



Republika Srbija
AP Vojvodina
Pokrajinski sekretarijat
za energetiku i mineralne sirovine



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 Novi Sad
www.ftn.uns.ac.rs

STUDIJA O PROCENI UKUPNIH POTENCIJALA I MOGUĆNOSTIMA PROIZVODNJE I KORIŠĆENJA BIOGASA NA TERITORIJI AP VOJVODINE



Novi Sad, maja 2011.

Izradu Studije finansirao je

Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine
Autonomne Pokrajine Vojvodine

Studiju je realizovao tim Fakulteta tehničkih nauka sa spoljnim saradnicima u sastavu:

Prof. dr Milan Martinov, koordinator
Master Đorđe Đatkov
Jovan Krstić, dipl. inž.
Doc. dr Goran Vujić
Prof. dr Miloš Tešić
Prof. dr Gordan Dragutinović
Master Marko Golub
Master Savo Bojić
Prof. dr Miladin Brkić
Branislav Ogrizović, dipl. inž.

Lektor: Radmila Brkić

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE BIOGASA	3
2.1 Šta je biogas i kako nastaje?.....	3
2.2 Stabilnost procesa i potrebni uslovi.....	5
2.3 Supstrati za proizvodnju biogasa.....	9
2.4 Oprema za proizvodnju biogasa.....	11
2.5 Ostatak fermentacije i njegova primena.....	21
3. TEHNOLOGIJE KORIŠĆENJA BIOGASA	24
3.1 Prečišćavanje biogasa.....	24
3.2 Korišćenje u kogeneraciji.....	28
3.2.1 <i>Kogenerativno postrojenje sa motorom SUS</i>	28
3.2.2 <i>Stirling motori</i>	32
3.2.3 <i>Mikroturbine</i>	33
3.2.4 <i>Gorive ćelije</i>	36
3.2.5 <i>ORC proces za dodatnu proizvodnju električne energije</i>	38
3.3 Korišćenje u trigeneraciji.....	40
3.4 Korišćenje u proizvodnji toplotne energije.....	42
3.5 Korišćenje kao goriva za transport.....	42
3.6 Utiskivanje u mrežu prirodnog gasa.....	44
3.7 Zrelost tehnologija.....	46
4. PRIMERI DOBRE PRAKSE	48
4.1 Nemačka.....	48
4.2 Slovenija.....	51
4.3 Hrvatska.....	53
4.4 Mađarska.....	55
4.5 Rumunija.....	57
4.6 Srbija.....	59
4.7 Postrojenja za preradu industrijskih otpadnih voda i komunalnog otpada....	61
4.8 Komentari.....	66
5. POTENCIJALI ZA PROIZVODNJU BIOGASA	67
5.1 Inostrana iskustva u određivanju potencijala biogasa.....	68
5.2 Potencijali u AP Vojvodini.....	69

6. BIOGAS POSTROJENJE OD IDEJE DO OSTVARENJA.....	73
6.1 Dijagram toka ostvarenja biogas postrojenja.....	73
6.2 Potrebne dozvole i druga dokumentacija.....	77
6.3 Komentari.....	87
7. OSNOVNE SMERNICE ZA IZRADU PRETHODNIH STUDIJA IZVODLJIVOSTI	89
7.1 Izrada prethodne studije tehničke izvodljivosti.....	89
7.1.1 <i>Snaga biogas postrojenja</i>	89
7.1.2 <i>Energetski bilansi</i>	92
7.1.3 <i>Maseni bilansi</i>	93
7.1.4 <i>Konfiguracija biogas postrojenja</i>	94
7.1.5 <i>Infrastruktura i lokacija</i>	95
7.1.6 <i>Primer</i>	96
7.2 Izrada prethodne studije ekonomske izvodljivosti.....	97
7.2.1 <i>Visina investicije</i>	98
7.2.2 <i>Troškovi biogas postrojenja</i>	102
7.2.3 <i>Prihodi biogas postrojenja</i>	105
7.2.4 <i>Sprovođenje finansijske ocene</i>	107
8. POTENCIJALNI IZVORI FINANSIRANJA.....	110
9. ZAKLJUČCI.....	116
LITERATURA.....	119
PRILOZI	
I Orijentacione vrednosti za proračun proizvodnje i korišćenje biogasa	
II Uporedni pregled finansijske ocene za tri biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW _e	
III Dokumentacija za priključenje na elektrodistributivnu mrežu	
IV Firme u oblasti biogasa u Srbiji	
V Javni konkurs Fonda za zaštitu životne sredine	



1. UVOD

Klimatske promene, većim delom prouzrokovane pojačanim efektom staklene bašte, kao i smanjenje rezervi fosilnih goriva, pokrenuli su brojne mere na globalnom nivou. Jedna od njih jeste korišćenje obnovljivih izvora energije (OIE). Evropska unija je Direktivom 2009/28/EC (Anonim, 2009a), detaljno definisala ciljeve u ovoj oblasti. Glavno je, da u EU do 2020. godine udeo OIE u potrošnji primarne energije bude najmanje 20 %, a da se bar 20 % električne energije proizvede iz OIE (*Renewable Energies Sources, RES*). Stoga se ova Direktiva i namera naziva još i RES 2020. Rad na ostvarenju ciljeva Direktive obaveza je za sve članice, pa i one koje to žele da postanu.

Republika Srbija se potpisivanjem Memoranduma o integraciji u energetska tržišta EU (Anonim, 2007b) obavezala da sledi politiku Evropske unije. Jedna od prvih konkretnih mera podrške ovom programu bilo je donošenje Uredbe o povlašćenim proizvođačima električne energije (Anonim, 2009b) i Uredbe o merama podsticaja za povlašćene proizvođače (Anonim, 2009c). Time su ostvareni osnovni preduslovi za ekonomski isplativu proizvodnju električne energije iz OIE, jer za isporučenu električnu energiju u javnu električnu mrežu mogu da se dobiju podsticajne (subvencionisane) cene, takozvane *feed-in* tarife.

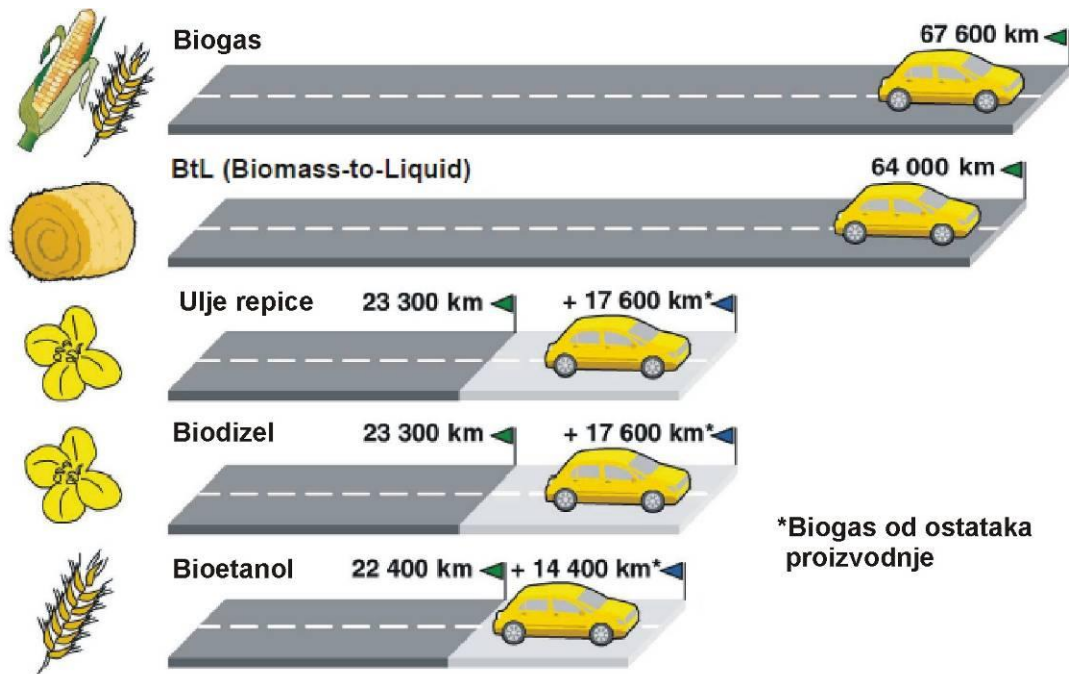
Pomenuta Direktiva predviđa i obavezu podsticanja i stalnog praćenja realizacije, a jedna od mera jeste i donošenje akcionih planova. U Srbiji je 2010. godine prvi put donesen Akcioni plan za biomasu (Anonim, 2010). Novim Zakonom o energetici, koji je u trenutku pisanja ove studije bio u nacrtu, jasno je naglašen cilj da se koriste OIE, te obaveze da se donesu podsticajne mere (Anonim, 2011c).

Jedna vrsta OIE je biogas, za čiju se proizvodnju najčešće koriste stajnjak iz stočne proizvodnje i/ili energetske biljke. Poseban značaj proizvodnje i korišćenja biogasa jeste sprečavanje emisija metana, gasa koji utiče na povećanje efekta staklene bašte (intenzitet je 23 puta veći od ugljen-dioksida). Takođe, korišćenjem biogasa kao goriva, najčešće se proizvodi električna energija, te se i time doprinosi realizaciji postavljenih ciljeva. Dakle, najvažniji cilj izgradnje biogas postrojenja jeste upravo zaštita životne sredine. Dodatni pozitivan uticaj koji se postiže anaerobnom fermentacijom stajnjaka jeste smanjenje rasprostiranja neprijatnih mirisa, sprečavanje zagađenja zemljišta i podzemnih voda (Michel et al, 2010). Osim navedenog, moguće je da se ostvare i pozitivni socio-ekonomski efekti, podstakne ruralni razvoj, bolje koriste ljudski i materijalni resursi na lokalnom nivou.

Vojvodina je poljoprivredna regija, s velikim potencijalima biomase kao goriva za korišćenje u kogeneraciji (Martinov i dr, 2008). To podstiče pretpostavku da su i potencijali za proizvodnju biogasa u Vojvodini značajni. Početkom osamdesetih godina dvadesetog veka, u Vojvodini i centralnoj Srbiji bilo je izgrađeno sedam biogas postrojenja, a proizvedeni biogas je namenjen za dobijanje toplotne energije. Neka od postrojenja nikada nisu uspešno proradila zbog propusta u rešenjima još prilikom izgradnje. Ostala su prestala da rade zbog lošeg održavanja i nepridržavanja propisa o korišćenju. Do kraja 2010. godine, u Vojvodini nije izgrađeno ni jedno savremeno biogas postrojenje, koje proizvodi električnu energiju.

Direktivom 2009/28/EC predviđena je i zamena fosilnih goriva biogorivima za transport, a udeo goriva iz obnovljivih izvora treba da dostigne 10 %. Biogas je u tom pogledu efikasniji od drugih biogoriva. To je ilustrativno prikazano na sl. 1.1, jer motorno

vozilo koje kao gorivo koristi biogas proizveden korišćenjem supstrata proizvedenog na jednom hektaru, može da pređe više kilometara nego kada bi koristio druga goriva, proizvedena s iste površine. Biogas može da se dobije i od ostataka proizvodnje biljnih ulja, biodizela i bioetanola, pa se na taj način povećava potencijal ovih goriva (prikazano na slici kao dodatni kilometri pređeni biogasom).



Sl. 1.1 Uporedni prikaz prelaska transportnih rastojanja različitim biogorivima

Razmatranje energetskog potencijala biogoriva proizvedenih na poljoprivrednim površinama, od posebnog je značaja, jer su one ograničene, a vodi se računa i o tome da se time ne ugrozi proizvodnja hrane.

Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine prepoznao je značaj i potencijalni pozitivan doprinos proizvodnje i korišćenja biogasa u Vojvodini. Uočeno je da ne postoji dovoljno čak ni opšteg znanja o ovoj tehnologiji. Zbog toga je inicirana izrada ove studije. Osnovi cilj studije jeste da se sagledaju mogućnosti proizvodnje i korišćenja biogasa, tj. odrede potencijali i definišu pogodne tehnologije za njegovu proizvodnju i energetsko korišćenje. Drugi cilj je da se potencijalnim investitorima predstavne relevantne podloge za donošenje odluka, te ukaže na postupke realizacije, probleme i ograničenja. Posebna pažnja posvećena je finansijskoj oceni investiranja u biogas postrojenja.

Studija može da posluži i javnosti kao izvor relevantnih informacija o osnovama procesa proizvodnje biogasa i tehnologija za njegovo korišćenje.

U studiji je prvenstveno obrađena proizvodnja i korišćenje biogasa u poljoprivredi, tj. razmatrana su biogas postrojenja koja koriste poljoprivredne sirovine (stajnjak, silaža kukuruza, silaže drugih biljnih vrsta itd). Za biogas postrojenja za zbrinjavanje industrijskog i komunalnog otpada date su osnove i prikazani pojedini primeri.



2. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE BIOGASA

2.1 Šta je biogas i kako nastaje?

Biogas nastaje mikrobiološkim procesom u anaerobnim uslovima (bez prisustva kiseonika). Anaerobne bakterije razgrađuju organsku materiju, a kao produkt ovog procesa nastaje biogas, toplota i ostatak fermentacije. Proces anaerobne razgradnje (fermentacije) široko je rasprostranjen u prirodi, gde god postoje anaerobni uslovi i anaerobne bakterijske vrste. Primeri su mulj u močvarama, dno mora i okeana, burag preživara, a proces se delimično odvija i prilikom skladištenja stajnjaka. Pod pojmom biogas u ovoj studiji podrazumeva se gas nastao u anaerobnim fermentorima i kontrolisanim uslovima, odnosno u biogas postrojenjima.

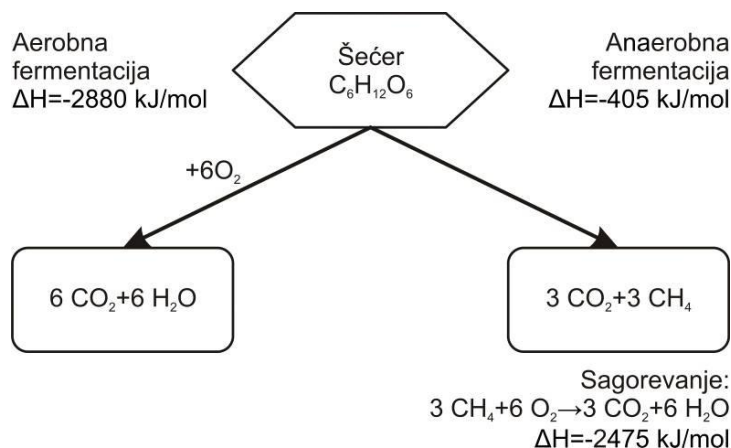
Biogas je mešavina gasova, čiju zapreminu čini oko dve trećine metan (CH_4) i jednu trećinu ugljen-dioksid (CO_2). Osim metana i ugljen-dioksida, zapreminu biogasa čine i drugi gasovi u znatno manjem udelu, a pregled je dat u tab. 2.1. Zapreminski udeli prikazani su u opsezima, a zavise od sirovine (supstrata) i uslova u kojima biogas nastaje.

Tab. 2.1 Sastav biogasa (Kaltschmitt i Hartmann, 2001; Al Seadi et al, 2008)

Sastojak	Hemijski simbol	Zapreminski udeo, %
Metan	CH_4	50-75
Ugljen-dioksid	CO_2	25-45
Vodena para	H_2O	2-7
Kiseonik	O_2	< 2
Azot	N_2	< 2
Amonijak	NH_3	< 1
Vodonik	H_2	< 1
Vodonik-sulfid	H_2S	20-20.000*

ppm (milionitih delova)

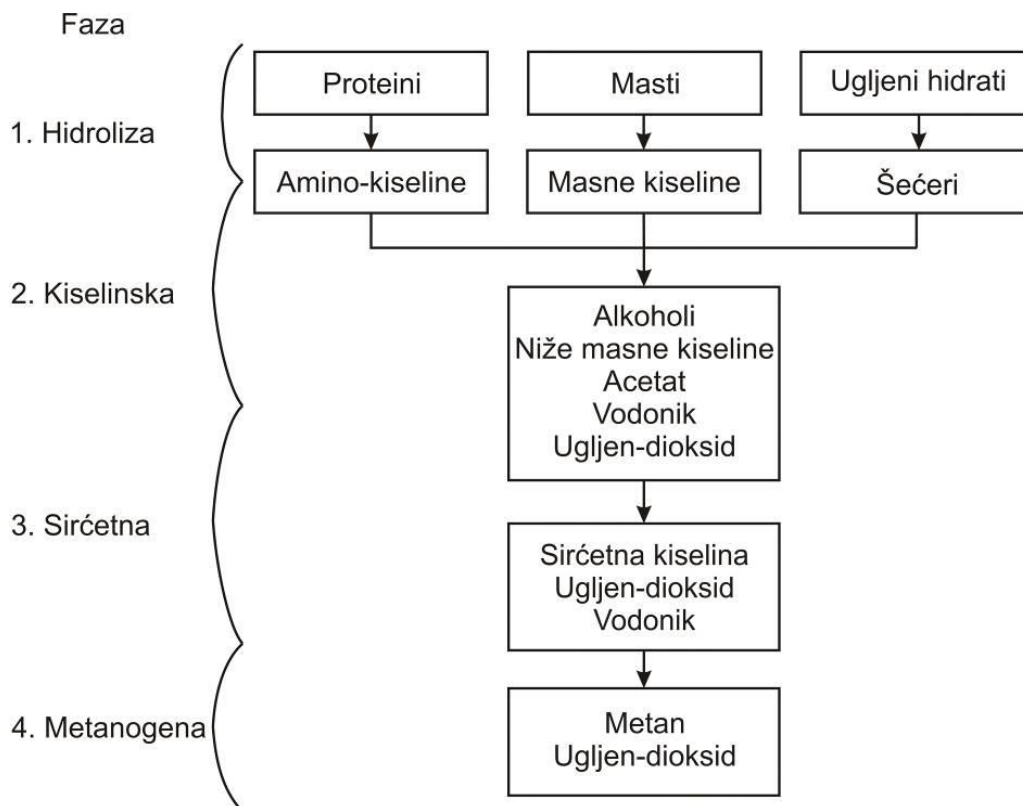
Značaj anaerobne fermentacije najlakše se uviđa poređenjem s aerobnom (primer je proces kompostiranja), a osnovna razlika je u nastalim produktima. Šematski prikaz aerobne i anaerobne fermentacije šećera dat je na sl. 2.1. Suština je da se nakon anaerobne fermentacije oslobađa značajno manje toplotne energije. Aerobnom fermentacijom organska masa se razgrađuje do ugljen-dioksida, dok se anaerobnom dobija metan. Metan je gorivi gas, a cilj je upravo njegova proizvodnja i energetska korišćenje.



Sl. 2.1 Poređenje procesa aerobne i anaerobne fermentacije šećera

Faze anaerobne fermentacije

Proces proizvodnje biogasa, odnosno anaerobne fermentacije, odvija se u četiri faze: hidroliza, kiselinska, sirćetna i metanogena (sl. 2.2). U svakoj fazi učestvuju druge grupe bakterija, a produkti prethodne polazne su sirovine za odvijanje naredne faze. Sve faze odvijaju se prostorno i vremenski paralelno, a svakoj grupi bakterija odgovaraju drugačiji uslovi. Bakterije metanogene faze najosetljivije su na poremećaje okolnih uslova, a i veoma sporo se razmnožavaju. Zbog toga se uslovi prilagođavaju ovoj grupi bakterija, da se postignu najviši prinosi biogasa i obezbedi stabilnost procesa.



Sl. 2.2 Četiri faze anaerobne fermentacije

Tokom prve faze, hidrolize, organska masa razgrađuje se biohemijskim procesom, oslobađanjem enzima bakterija. Kompleksna organska jedinjenja (proteini, ugljeni hidrati, masti) razlažu se na jednostavnija (amino-kiseline, proste šećere, masne kiseline).



Produkti hidrolize se u kiselinskoj fazi dalje razgrađuju. Većinom nastaju acetat, ugljen-dioksid i vodonik, a manji deo čine jednostavnije masne kiseline (sirćetna, propionska, buterna) i alkoholi. U trećoj, sirćetnoj fazi, razlažu se jednostavnije masne kiseline i alkoholi i nastaju sirćetna kiselina, vodonik i ugljen-dioksid. U poslednjoj fazi, metan nastaje iz sirćetne kiseline ili vodonika i ugljen-dioksida.

2.2 Stabilnost procesa i potrebni uslovi

Prilikom proizvodnje biogasa, bitno je da se u fermentorima obezbedi stabilnost procesa anaerobne fermentacije. Sa tehničkog aspekta stabilnost podrazumeva ujednačen prinos biogasa približno jednakog sastava, a sa biohemijškog približno jednak sastav i količinu produkata četiri faze fermentacije (sl. 2.2). Obezbeđenjem potrebnih uslova za stabilan proces ostvaruje se pogonska sigurnost, što može da bude ključno za ekonomičan rad biogas postrojenja.

Na stabilnost procesa utiču mnogobrojni parametri koji zavise od tehničke izvedbe biogas postrojenja i pogonskih uslova u kojima rade, kao i supstrata koji se koriste. Uticajni parametri mogu da se podele na: fizičke, hemijske i mikrobiološke. Od fizičkih parametara zavise hemijski i mikrobiološki, koji su opet međusobno zavisni.

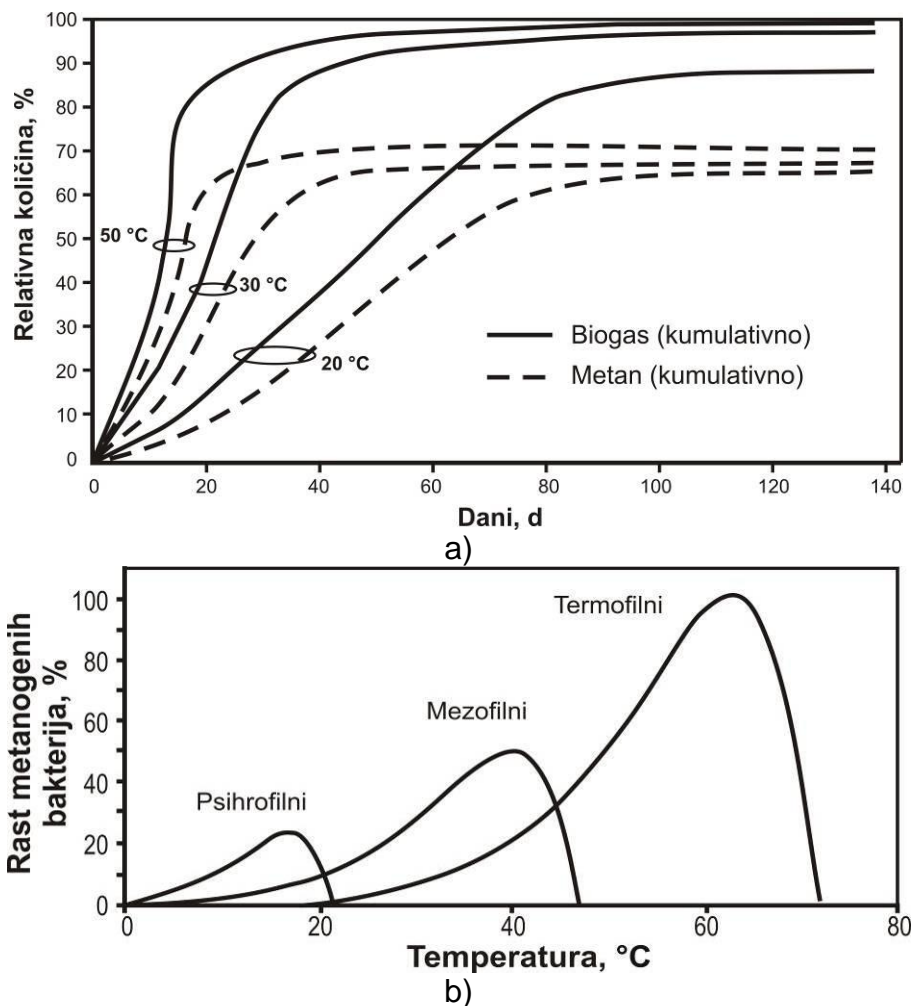
Fizički parametri

Fizičke parametre najjednostavnije je kontrolisati i njima upravljati. Najvažniji su: obezbeđenje anaerobnih uslova, mešanje sadržaja fermentora, održavanje temperature u fermentoru, kao i vreme zadržavanja u njemu, usklađeno sa količinom supstrata.

Potrebno je da se u potpunosti ostvare anaerobni uslovi, jer i najmanja količina kiseonika dovodi do umiranja bakterija i prekida procesa fermentacije.

Mešanje je neophodno da se ostvari što bolji kontakt bakterija i supstrata, kao i homogena temperatura i raspodela supstrata po celoj zapremini fermentora. Ukoliko mešanje ne bi bilo dobro, u fermentoru bi se na površini formirala kora koja bi smanjila kontakt supstrata sa bakterijama i predstavljala prepreku za prolaz biogasa. Sa druge strane, ukoliko bi mešanje bilo vrlo intenzivno, remetila bi se simbioza metanogenih i bakterija sirćetne faze, što remeti stabilnost procesa (Anonim, 2006). Zbog toga se za mešanje sadržaja fermentora na savremenim biogas postrojenjima koriste mešalice sa malim brojem obrtaja, koje rade s intermitencijom.

Temperatura direktno utiče na brzinu odvijanja procesa anaerobne fermentacije. Na višoj temperaturi povećava se aktivnost i brzina razmnožavanja metanogenih bakterija (sl. 2.3).



Sl. 2.3 Uticaj temperature na: a) brzinu odvijanja procesa (Anonim, 2007a)
 b) rast populacije metanogenih bakterija (Al Seadi et al, 2007)

Postoje tri temperaturna režima u kojima se odvija proces anaerobne fermentacije: psihrofilni, mezofilni i termofilni (tab. 2.2).

Tab. 2.2 Opsezi temperature za tri moguća režima anaerobne fermentacije (Kaltschmitt i Hartmann, 2001)

Temperaturni režim	Temperatura procesa, °C
Psihrofilni	< 25
Mezofilni	32-42
Termofilni	50-57

U psihrofilnom režimu nije potrebno da se zagreva supstrat, pa ni fermentor. Proces može da se odvija na temperaturi okoline, a minimalno povišenje temperature ostvaruje se usled samozagrevanja u toku procesa. Nedostatak je mala produkcija i nizak prinos biogasa (sl. 2.3a).

Najveći broj fermentora radi u mezofilnom temperaturnom režimu, jer postrojenja ostvaruju visok prinos biogasa i dobru stabilnost procesa. Da bi se ostvarila željena temperatura, fermentori se dobro izoluju i zagrevaju. Postoji više razloga zbog kojih dolazi do oscilacije temperature. Supstrat je, pre ubacivanja u fermentor, često na nižoj temperaturi od sadržaja fermentora. Eliminisanje ovih uticaja je bitno, jer se na taj način doprinosi stabilnosti procesa fermentacije. Jedan od načina održavanja konstantne



temperature jeste da se supstrat ubacuje u manjim količinama nekoliko puta na dan i/ili se prethodno zagreva.

Za ostvarenje termofilnog režima rada potrebno je da se uloži još više energije, ali se tada postižu visoki prinosi biogasa za kratko vreme (sl. 2.3a). Ovaj temperaturni režim je pogodan kada je potrebno da se unište patogeni mikroorganizmi u supstratima. Supstrati visokih temperatura (nusprodukti tehnološkog procesa) pogodni su za fermentaciju u termofilnom režimu. Živinski stajnjak, detelina ili zrna žitarica su supstrati sa visokim udelom azota i nisu pogodni za fermentaciju u ovom režimu, jer nastaje amonijak koji remeti stabilnost procesa. Nedostatak rada u termofilnom režimu je povećana osetljivost na poremećaje u okolnim uslovima, pre svega na oscilacije temperature.

Vreme zadržavanja i količina unesenog supstrata su važni pogonski parametri fermentora. Vreme zadržavanja supstrata, ili hidrauličko retenciono vreme (HRV), izražava se u danima, a opisuje koliko se supstrat prosečno zadrži u fermentoru. Opterećenje organskom materijom (OOM) predstavlja pokazatelj koliko se kilograma organske suve mase dnevno unosi u jediničnu zapreminu fermentora, a jedinica je $\text{kg OSM/m}^3 \text{ d}$.

Većina fermentora radi u kontinualnom režimu, što podrazumeva stalno dovođenje sirovine i odvođenje ostatka fermentacije. Kod ovog tipa postrojenja postoji obrnuto proporcionalna zavisnost između HRV i OOM, a bitno je da vrednosti oba parametra budu usklađene. Povećanjem HRV prinos biogasa je veći (sl. 2.3a), ali je neophodna i veća zapremina fermentora. Povećanjem OOM manja je zapremina fermentora, te je i njegova cena niža. Međutim, preveliko OOM remeti stabilnost procesa, jer je za razvoj bakterija potrebno vreme, a i ostvaruje se nizak prinos biogasa jer iz fermentora izlazi nerazgrađena organska masa.

Hemijski parametri

Veliki uticaj na proces anaerobne fermentacije ima hemijski sastav supstrata, ali i međuprodukti četiri faze. Osim toga, za aktivnost bakterija je bitno da su snabdevene hranjivim materijama, a da su inhibirajuće koncentracije materija ispod graničnih vrednosti.

Kiselost/baznost, **pH vrednost**, različito utiče na razvoj i aktivnost bakterija četiri procesne faze. Za bakterije hidrolize i kiselinske faze pH vrednost treba da bude u opsegu 4,5 do 6,3 (Wellinger et al, 1991), ali i pri povećanim vrednostima mogu da prežive uz smanjenje aktivnosti. Bakterijama sirćetne i metanogene faze je optimalna neutralna oblast 6,8 do 7,5 (Braun, 1982). Ako se anaerobna fermentacija odvija samo u jednom fermentoru, tada pH vrednost mora da se održava u ovom opsegu (Anonim, 2006).

Faktori koji utiču na pH vrednost tokom procesa anaerobne fermentacije su koncentracije kiselina, ugljen-dioksida i amonijaka. Generalno, pH vrednost je parametar koji se menja tokom vremena malo i sporo, a moguće je i da se kiseline akumuliraju bez njegove promene. Zato se ovaj parametar ne koristi kao jedini za praćenje procesa, ali može da bude brz, pouzdan i jeftin način za prepoznavanje poremećaja stabilnosti. Male promene pH vrednosti ne vode nužno ka remećenju stabilnosti procesa. Tada je potrebno da se smanji ili potpuno obustavi dodavanje supstrata u fermentor, da bakterije metanogene faze imaju dovoljno vremena za razgradnju nastalih kiselina.

Volatilne masne kiseline nastaju kao međuprodukti anaerobne fermentacije, a najčešće su to sirćetna, propionska i izobuterna kiselina. Njihove koncentracije direktno utiču na pH vrednost. Pojedinačne koncentracije izražavaju se u mg/l , dok ukupne u ekvivalentnim mg sirćetne kiseline po litru. Granične vrednosti volatilnih masnih kiselina prikazane su u tab. 2.3, a posebno su istaknute vrednosti za fermentor i ukoliko postoji postfermentor. Optimalni odnos koncentracija sirćetne i propionske kiseline jeste 2:1.



Tab. 2.3 Granične vrednosti za volatilne masne kiseline (Kaiser et al, 2008)

Kiselina	Jedinica	Fermentor	Postfermentor
Sirćetna	mg/l	< 3.000	< 1.000
Propionska	mg/l	< 1.000	< 500
Izobuterna	mg/l	<< 500	<< 500
Masne kiseline*	mg _{eq.} /l	< 4.000	< 2.000

* Zbir koncentracija sirćetne, propionske i izobuterne kiseline.

Odnos VOK/UNU (volatilne organske kiseline/ukupni neorganski ugljenik) koristi se kao dodatni parametar za praćenje procesa u fermentoru, pored pH vrednosti. Prisustvo UNU povećava alkalnost, što znači da se povećava zakišeljavanje procesa i mogućnost njegovog zaustavljanja. Optimalan odnos je vrednost manja od 0,8 (Kaiser et al, 2008).

Optimalno snabdevanje anaerobnih bakterija **hemijskim makro i mikroelementima** važni su za stabilan proces i efikasnu proizvodnju metana. Na to najviše utiča ima vrsta supstrata, odnosno njegov sastav, a optimalan odnos ugljenika i azota (C/N) je odlučujući. Ako je odnos C/N previsok, potencijalni prinos metana je nizak, jer bakterije nemaju na raspolaganju dovoljno azota za ishranu. Ako je azota previše, nastaje amonijak koji već pri niskim koncentracijama štetno deluje na bakterije. Za razmnožavanje i preživljavanje bakterija neophodni su i hemijski mikroelementi: gvožđe, nikl, kobalt, selen, molibden i volfram. Prevelike koncentracije, takođe, deluju inhibirajući na proces. U tab. 2.4 prikazane su povoljne koncentracije za grubu orijentaciju.

Tab. 2.4 Optimalni odnosi i koncentracije hemijskih mikro i makroelemenata u supstratima (Mudrack i Kunst, 2003; Kaiser et al, 2008)

Hranljivi sastojci	Opseg optimalnog odnosa koncentracija
C/N	20/30
C/N/P/S	450/15/5/1
Mikroelementi	Opseg optimalne koncentracije, mg/l
Gvožđe (Fe)	1-10
Nikl (Ni)	0,005-0,5
Co (Kobalt)	0,003-0,06
Molibden (Mo)	0,005-0,05

Inhibitori su supstance koje u koncentracijama preko određene granice negativno deluju na proces. Pri tome, inhibitori mogu da dospeju u fermentor zajedno sa supstratom (antibiotici, dezinfekciona sredstva, herbicidi, soli i teški metali), ili nastaju kao međuprodukti faza u toku anaerobne fermentacije. Isto tako, važno je da se prilikom doziranja supstrata u fermentor obrati pažnja, jer preveliko doziranje dovodi do remećenja stabilnosti procesa.

Mikrobiološki parametri

Bakterije koje učestvuju u procesu anaerobne razgradnje imaju sposobnost prilagođavanja na promenu okolnih uslova i vrste supstrata. Do sada je poznato manje od 1 % anaerobnih bakterijskih vrsta, pa zbog toga mogu da se daju samo generalne napomene. Mikrobiološki parametri su u direktnoj vezi sa tehničkim i hemijskim uticajnim faktorima, a potrebno je da su oni optimalni i koncentracije inhibitora ispod definisane granice.

Potrebno je da su vrste, mešavine i količine supstrata što konstantnije tokom vremena. Prilikom puštanja postrojenja u rad, važno je i da se OOM polako i postepeno



povećava. Time se omogućava metanogenim bakterijama dovoljno vremena za razvoj, razgradnju međuprodukata faza, te sprečavanja inhibiranja procesa zakišeljavanjem.

Iz navedenog se vidi da je za ispravno odvijanje procesa proizvodnje biogasa neophodno da se ispune brojni uslovi, te da se eventualni poremećaji rada brzo i stručno otklone. Uputstvo o načinu rada, preduzimanje korektivnih mera i uklanjanje poremećaja mora da bude sastavni deo tehnološke dokumentacije za postrojenje. Rukovalac mora da se obučiti za ispravno rukovanje i upravljanje postrojenjem.

2.3 Supstrati za proizvodnju biogasa

Prilikom razmatranja potencijalnih supstrata za proizvodnju biogasa, bitno je da se analiziraju njihove karakteristike kojima se određuje potencijal za proizvodnju biogasa. To je bitno za svakog investitora koji treba da razmotri veličinu potencijalnog biogasa postrojenja, kada su utvrđene količine supstrata kojima se raspolaže ili koje mogu da se nabave. Potencijalni prinos biogasa izražava se po toni sveže, suve ili organske suve mase razmatranog supstrata, pa je bitno da se zna sadržaj suve i organske suve mase. Kada se govori o prinosu biogasa iz nekog supstrata, kaže se da je on potencijalan, pošto količina proizvedenog biogasa koja se ostvaruje u praksi zavisi od pogonskih uslova i stabilnosti procesa (potpoglavlje 2.2).

Sa stanovišta troškova, najpovoljniji supstrat je stajnjak, čvrsti ili tečni, jer se najčešće koristi sa sopstvene farme i besplatan je. Izuzetno, kada se donosi sa druge farme, treba predvideti troškove transporta. U slučaju da se ne koristi kao supstrat za proizvodnju biogasa, stajnjak mora da „dozri“ pre iznošenja na njive, čime dolazi do stabilizacije aktivne organske materije, uništavanja patogenih organizama i transformacije štetnih supstanci u one koje to nisu. Dozrevanje stajnjaka je proces koji zahteva vreme, a na savremenim farmama opremu, rad i smeštajni prostor. Pošto se pri proizvodnji biogasa odvija proces sličan onome u kojem dolazi do dozrevanja stajnjaka, ostatak fermentacije može da bude distribuiran po poljoprivrednim površinama. Uzimajući to u obzir, za stajnjak kao supstrat za proizvodnju biogasa može da se računa i bonus, jer se na taj način on zbrinjava. Sa stanovišta zaštite životne sredine, fermentacija stajnjaka ima značajne pozitivne efekte, jer se na taj način sprečavaju direktne emisije metana u atmosferu, a smanjuju se i neprijatni mirisi.

Razlikuje se tečni i čvrsti stajnjak. Tečni se sastoji od ekskremenata životinja i transportuje pumpama i cevovodima. Sadržaj suve materije je do 10 %. Ukoliko se koristi prostirka, dobija se čvrsti stajnjak, koji ima sadržaj suve materije i do 40 % (Burton i Turner, 2003). Podaci o potencijalnim prinosima biogasa iz različitih vrsta stajnjaka prikazani su u tab. 2.5.

Tab. 2.5 Potencijalni prinosi biogasa i zapreminski udeo metana za stajnjak (Anonim, 2006)

Supstrat	Prinos biogasa		Udeo CH ₄ , % (V _v)
	Stm ³ /t SvM	Stm ³ /t OSM	
Goveđi tečni stajnjak	20-30	200-500	60
Svinjski tečni stajnjak	20-35	300-700	60-70
Čvrsti stajnjak govoda	40-50	210-300	60
Čvrsti stajnjak svinja	55-65	270-450	60
Čvrsti stajnjak peradi	70-90	250-450	60

SvM– sveža masa; OSM– organska suva masa.

U tab. 2.6 navedene su karakteristike uobičajenih vrsta stajnjaka, kao i sadržaj primarnih makroelemenata.



Tab. 2.6 Karakteristike stajnjaka (Anonim, 2006)

Supstrat	SM %	OSM %	N	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Goveđi tečni stajnjak	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	5,5-10	0,3-0,7
Svinjski tečni stajnjak	ca. 7	75-86	6-18	3-17	2-10	3-7,5	0,6-1,5
Čvrsti stajnjak goveda	ca. 25	68-76	1,1-3,4	0,22-2	1-1,5	2-5	1,3
Čvrsti stajnjak svinja	20-25	75-80	2,6-5,2	0,9-1,8	2,3-2,8	2,5-3	np
Čvrsti stajnjak peradi	ca. 32	63-80	5,4	0,39	np	np	np

SM– suva masa; OSM– organska suva masa; np– nema podataka.

Sadržaj vode u stajnjaku je veoma visok (68 do 93 %), što je povoljno kada se stajnjak kombinuje sa drugim kosupstratima sa višim udelima suve mase, a takva je, na primer, silaža kukuruza. Hranljive materije, osim dela azota, nakon fermentacije nalaze se u ostatku procesa, te mogu da se iskoriste za iznošenje na parcele. To znači da su one, u najvećem delu, očuvane i na raspolaganju za primenu u poljoprivrednoj proizvodnji, kao što je to slučaj za korišćenje stajnjaka. Naravno, to će zavisiti od postupka koji je predviđen za ostatak fermentacije.

Nedostatak korišćenja stajnjaka, zbog visokog sadržaja vode, je nizak energetski potencijal. U poređenju sa silažom kukuruza, stajnjak može da ima i deset puta manji prinos biogasa, što znači da je za istu veličinu biogasa postrojenja potrebno deset puta veća količina stajnjaka, nego silaže kukuruza. Jedno uslovno grlo, 500 kg, obezbeđuje svega 0,11 do 0,15 kW_e instaliranog kapaciteta. Dakle, za postrojenje nominalne električne snage 150 kW, bilo bi potrebno najmanje 1.000 uslovnih grla. Broj velikih farmi koje imaju toliki broj grla u Vojvodini, kao i u drugim zemljama, je mali, kao što je navedeno u poglavlju 5. Pored toga, ekonomska analiza pokazuje da je isplativija gradnja i korišćenje većih postrojenja, nominalne električne snage 500 do 1.000 kW. To je razlog da savremena biogaz postrojenja koriste mešavinu stajnjaka i drugih supstrata. Kosupstratom se naziva ona sirovina koja se koristi u manjem delu za proizvodnju biogasa. Na primer, ako je supstrat stajnjak i iz njega se proizvodi oko 70 % biogasa na nekom biogaz postrojenju, preostala količina biogasa se proizvodi iz kosupstrata u vidu silaže kukuruza.

Pod ostalim supstratima za proizvodnju biogasa podrazumeva se poljoprivredna biomasa, silaža više biljnih vrsta. Karakteristike biljnih vrsta koje se koriste u ove svrhe prikazana su u tab. 2.7, a sadržaj makro i mikroelemenata u silaži kukuruza u tab. 2.8.

Tab. 2.7 Karakteristike supstrata, silaže biljnih vrsta (Anonim, 2006)

Supstrat	SM %	OSM %	N	NH ₄ % SM	P	Prinos biogasa		Udeo CH ₄ , % (V _v)
						Stm ³ /t SM	Stm ³ /t OSM	
Silaža kukuruza	20-35	85-95	1,1-2	0,15-0,3	0,2-0,3	170-200	450-700	50-55
Raž, SCB	30-35	92-98	4,0	0,57	0,71	170-220	550-680	ca. 55
Silaža trave	25-50	70-95	3,5-6,9	6,9-19,8	0,4-0,8	170-200	550-620	54-55
Pivski trop	20-25	70-80	4-5	n.p.	1,5	105-130	580-750	59-60
Šećerna repa	23	90-95	2,6	0,2	0,4	170-180	800-860	53-53
List šećer. repe	16	75-80	0,2-0,4	n.p.	0,7-0,9	ca. 70	550-600	54-55

SCB: silaža cele biljke.

Tab. 2.8 Sadržaj sekundarnih makro i mikroelemenata u silaži kukuruza (Anonim, 2006)

Ca	P	Na	Mg	K	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe
% SM					mg/kg SM							
0,18	0,24	0,03	0,12	1,13	0,2	0,5	4,5-5	5	2	35-36	31	67



Od jedne tone silaže kukuruza, koja ima najveći potencijal za proizvodnju biogasa, dobija se 350 do 400 kWh_e. Navedeni podaci odnose se na kogenerativna postrojenja sa motorom SUS. Jedan hektar silaže kukuruza, za prinose 40 do 50 t/ha, obezbeđuje sirovinom električnu snagu 2 do 2,5 kW. Dakle, za postrojenje nominalne snage 500 kW_e, bilo bi potrebno 200 do 250 ha za proizvodnju silaže kukuruza. Potrebne površine za proizvodnju supstrata za biogas mogu da se smanje ostvarenjem dve žetve. Na primer, posle ubiranja silaže tritikale, seje se kukuruz ili suncokret, te se i druga biljna vrsta silira. Primeri su navedeni u poglavljima 4.2 i 5.

Na većini biogas postrojenja u zemljama sa povoljnim visinama *feed-in* tarifa, udeo biogasa koji se proizvodi iz silaže je 30 do 100 %. Za razliku od stajnjaka, silaža ima cenu, ona se plaća, što značajno utiče na ekonomske pokazatelje. Svaki potencijalni investitor to treba da razmotri i proceni mogućnosti proizvodnje silaže i njenu cenu. Cena silaže zavisi od cene poljoprivrednih proizvoda, na primer, zrna kukuruza. Do realne cene dolazi se poređenjem prinosa i cene zrna i troškova proizvodnje. Tako bi, na primer, cena silaže bila oko 27 €/t, ukoliko bi cena zrna kukuruza bila oko 150 €/t. Ukoliko se ova cena silaže uporedi sa proizvedenom električnom energijom (380 kWh), bez računanja vrednosti toplotne energije, to bi u ceni predstavljalo oko 7,1 ct/kWh. Dakle, trošak za nabavku supstrata činio bi oko 46 % od prihoda koji se ostvaruje prodajom električne energije po *feed-in* tarifi za postrojenje snage 500 kW_e.

Ovom studijom, kao što je i do sada napomenuto, obuhvaćena je proizvodnja biogasa u poljoprivredi i ruralnim oblastima. Biogas postrojenja posebno su pogodna i za zbrinjavanje industrijskog otpada (klanični, repin rezanac itd), kada sirovina ima nižu cenu, što povoljno utiče na finansijske efekte investicije. Slično važi i za zbrinjavanje komunalnog otpada ili prečišćavanje otpadnih voda. Ovo je posebna oblast proizvodnje biogasa, a neki primeri dati su u potpoglavlju 4.7.

2.4 Oprema za proizvodnju biogasa

Pod ovim se podrazumeva oprema na biogas postrojenju kojom se omogućava skladištenje, priprema i manipulacija supstrata, zatim oprema u kojoj se proizvodi i skladišti biogas, te skladišti ostatak fermentacije. Na savremenim biogas postrojenjima ova oprema je koncipirana tako da omogućava potpunu automatizaciju pogona biogas postrojenja. Dakle, obuhvata i opremu za kontrolu i upravljanje procesom. Drugim rečima, u opremu za proizvodnju biogasa spadaju sve komponente osim onih za primenu, tj. za energetske korišćenje proizvedenog biogasa (prikazano u poglavlju 3).

Oprema za proizvodnju biogasa koja se koristi na biogas postrojenjima je veoma raznovrsna, a varijante kombinovanja su brojne. Konfiguracija biogas postrojenja najviše zavisi od vrste i karakteristike korišćenih supstrata. U ovom potpoglavlju će se dati generalni pregled i principi rada pojedinih komponenti.

Pojedine firme investitorima nude postrojenja po sistemu *ključ u ruke*, što znači da sprovode poslove od planiranja, projektovanja, izgradnje pa sve do puštanja u pogon biogas postrojenja i obuke rukovodaca. Prednosti su funkcionalnost i optimalni uslovi rada, koji su provereni i unapređeni na prethodno izgrađenim postrojenjima. Međutim, nije moguć odabir drugih vrsta komponenata kada postoje specifični zahtevi za datog investitora, ili kada mogu da se smanje troškovi kupovinom jeftinijih komponenti drugog proizvođača.

Skladištenje, priprema i manipulacija supstrata

Kada se govori o skladištenju, pripremi i manipulaciji supstrata, principi i sama oprema koja se koriste, različiti su za tečne i čvrste supstrate. U tečne supstrate ubrajaju se stajnjak i npr. otpadne vode sa znatnim sadržajem organske materije, a ovi supstrati mogu da se pumpaju. U čvrste supstrate svrstavaju se razne vrste silaže ili otpad iz prehrambene industrije.

Tečni supstrati se na biogas postrojenju privremeno skladište u predjama (sl. 2.4a). To je rezervoar čija je zapremina dovoljna da primi jednonedeljnu količinu tečnog supstrata, koji se ubacuje u fermentor. Najčešće se izgrađuje od betona i postavlja u zemlju da ne zauzima prostor. Tečni supstrati se sa udaljenog mesta do biogas postrojenja transportuju cisternama. U slučaju da je njihovo mesto nastajanja relativno blizu biogas postrojenja, onda se transportuju elektromotornim pumpama i cevovodima. Pumpe i cevovodi, takođe, koriste se za manipulaciju na samom biogas postrojenju (transport iz predjame do fermentora, iz fermentora do rezervoara ostatka fermentacije). Da bi se pumpama produžio vek trajanja i da bi se sačuvala od mogućih havarija, pre ulaska u samu pumpu, supstrati prolaze kroz elemente za sečenje i usitnjavanje, i eventualno i odvajanje stranih tela, na primer kamenje i pesak.



a)



b)

Sl. 2.4 Privremeno skladištenje tečnih i čvrstih supstrata:
a) betonski rezervoar (predjama) za tečne supstrate
b) trenč silos za silažu kukuruza

Čvrsti supstrati najčešće se privremeno skladište u trenč silosima. Nakon siliranja, silaža kukuruza se transportuje do trenč silosa i priprema. Priprema se sastoji od sabijanja silaže i prekrivanja folijom da se spreči oksidacija i na taj način aerobno razlaganje organske materije (čime se smanjuje potencijalni prinos biogasa iz supstrata). Iz trenč silosa silaža se najmanje jedanput dnevno pomoću univerzalnog manipulatora (telehendlera) ili traktora sa prednjim utovarivačem ubacuje u dozator za čvrste supstrate (sl. 2.5), koji sistemom sa pužnim transporterom čvrsti supstrat ubacuje u fermentor.



a)



b)

Sl. 2.5 a) Univerzalni manipulator
 b) dozator za čvrsti supstrat sa pužnim transporterom

Fermentori

Fermentori predstavljaju hermetičke rezervoare u kojima se obezbeđuju optimalni uslovi za proces anaerobne fermentacije. Mogu da se klasifikuju prema pogonskim uslovima u kojima rade ili prema načinu izvedbe (tab. 2.9).

Tab. 2.9 Klasifikacija anaerobnih fermentora

1. Prema pogonskim uslovima	
Broj stepeni procesa	1. jednostepeni; 2. dvostepeni; 3. višestepeni.
Procesna temperatura	1. psihrofilni; 2. mezofilni; 3. termofilni.
Sadržaj suve materije u supstratu	1. mokra fermentacija; 2. suva fermentacija.
Način doziranja supstrata	1. šaržni; 2. polukontinualni; 3. kontinualni.
2. Prema načinu izvedbe	
Oblik	1. cilindrični; 2. pravougaoni.
Materijal	1. betonski; 2. čelični.
Orijentacija	1. horizontalni; 2. vertikalni.

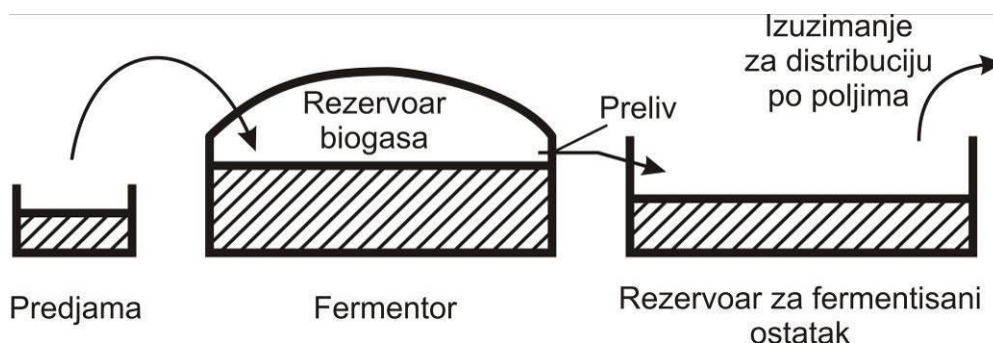
Ako se sve četiri faze anaerobne fermentacije odvijaju u jednom fermentoru, onda je biogas postrojenje jednostepeno. Ako se u prvom fermentoru odvijaju hidroliza i kiselinska faza, a druge faze su prostorno razdvojene i odvijaju se u narednom fermentoru, onda je biogas postrojenje dvostepeno. Na taj način bolje se podešavaju uslovi za određene grupe bakterija i postiže se veća razgradivost supstrata. Fermentori se najčešće nalaze u rednoj vezi (supstrat nakon određenog vremena zadržavanja u prvom fermentoru prelazi u naredni, gde se nastavlja proces fermentacije), a mogu da budu i u paralelnoj.

Prednosti i nedostaci rada fermentora u svakom od tri temperaturni režima opisani su u potpoglavlju 2.2. Najveći broj postrojenja koja su u pogonu rade u mezofilnom režimu

(Anonim, 2006), a postrojenja sa termofilnim režimom rada najčešće sadrže i jedan fermentor sa mezofilnim režimom.

Klasifikaciju na mokru i suhu fermentaciju određuje sadržaj suve mase supstrata. Mokra fermentacija se primenjuje kada supstrat može da se transportuje pumpama, a sadržaj suve mase iznosi maksimalno 20 % (Al Seadi et al, 2007). Fermentori sa mokrom fermentacijom rade u kontinualnom pogonu, a tipični supstrati koji se tada koriste su čvrsti i tečni stajnjak, energetske biljke i otpad iz prehrambene industrije. Suva fermentacija se primenjuje kada je sadržaj suve mase u supstratu iznad 35 % (Al Seadi et al, 2007), a tada se koriste fermentori sa šaržnim punjenjem i pražnjenjem.

Način doziranja supstrata u velikoj meri utiče na proces anaerobne fermentacije. Šaržni fermentor se u potpunosti ispunjava svežim supstratima, koji se u njemu zadržavaju do završetka procesa fermentacije. Nakon toga, uklanja se praktično celokupna masa ostatka fermentacije, osim minimalne količine koja služi za inokulaciju (sadrži anaerobne bakterije za sledeće punjenje). Veliki nedostatak jeste vremenski neujednačena produkcija i kvalitet biogasa i otežano pražnjenje fermentora. Većina biogas postrojenja imaju kontinualni tip fermentora, u koje se supstrat dozira više puta u toku dana (iz predjame za stajnjak ili dozatora za čvrste supstrate). Ista količina koja se unosi u fermentor i izlazi iz njega, a to se najčešće obezbeđuje ispunjenjem supstrata u fermentoru do prelivnog nivoa (sl. 2.6). Kontinualni fermentor prazni se jedino prilikom sprovođenja popravki. U ovim fermentorima postižu se ujednačena produkcija i kvalitet biogasa. Detalji navedenih tipova fermentora i principi njihovog funkcionisanja mogu da se nađu u Anonim (2006).

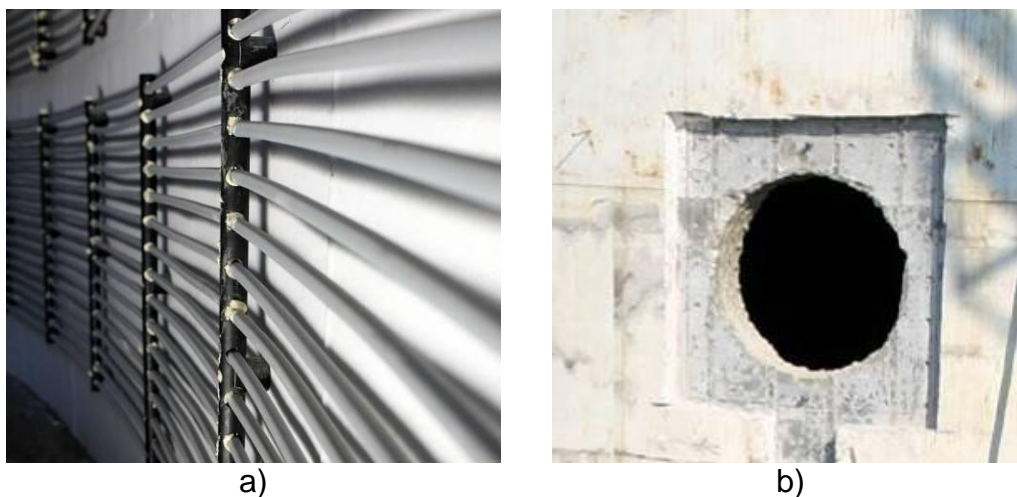


Sl. 2.6 Biogas postrojenje sa kontinualnim tipom fermentora

Zagrevanje fermentora je neophodno zbog održavanja konstantne temperature, čiji je značaj prikazan u potpoglavlju 2.2. Uzroci koji utiču na promenu temperature u fermentoru su: gubitak toplote zbog sezonskih i dnevnih niskih spoljašnjih temperatura, pojava temperaturnih zona po visini fermentora, unos svežeg supstrata niže temperature. Zbog niskih spoljašnjih temperatura, fermentor gubi toplotu preko zidova oko kojih s unutrašnje strane dolazi do sniženja temperature supstrata. I po visini fermentora javljaju se različite temperaturne zone, usled kretanja toplije mase ka površini. Ova temperaturna nehomogenost prevazilazi se pravilnim rasporedom i različitim intenzitetom zagrevanja grejnih tela u fermentoru, ali i mešanjem supstrata. Sveži supstrat je obično, pre unošenja u fermentor, na nižoj temperaturi od temperature fermentacije, a sadržaj fermentora se u određenoj meri hladi njegovim unošenjem. Cilj je da se temperaturna odstupanja od zadate temperature fermentacije svedu na najmanju moguću meru.

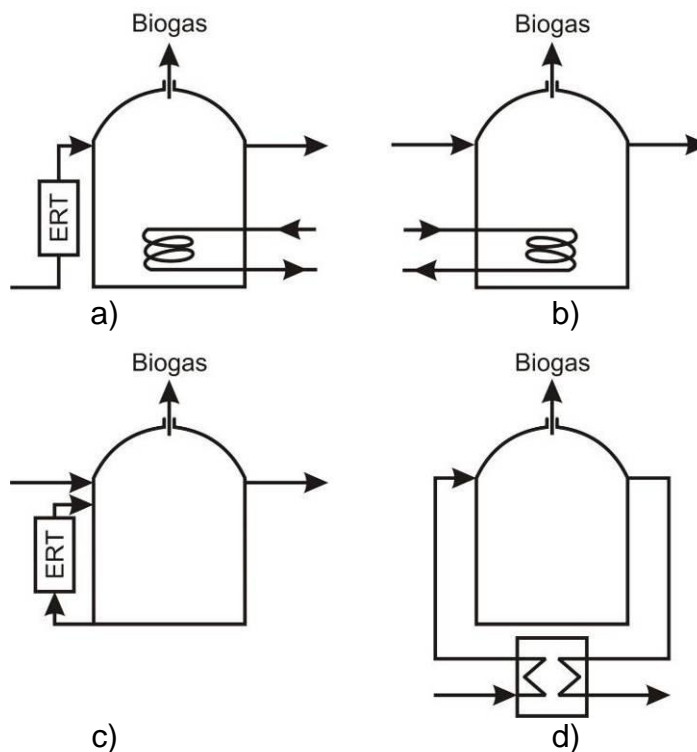
Postoji više načina za održavanje zadate temperature u fermentoru, a koristi se otpadna toplotna energija iz kogenerativnog postrojenja. U svim slučajevima potrebno je da se fermentor spolja termički izoluje (sl. 2.7b). Neophodna količina toplotne energije za zagrevanje fermentora iznosi najviše 25 % od ukupno proizvedene količine (Effenberger et al, 2009a), a zavisi od materijala i oblika fermentora, kvaliteta izolacije. Na

najvećem broju biogas postrojenja unutrašnjost fermentora se zagreva pomoću toplovodnih cevi (sl. 2.7a), a svež supstrat pre unošenja predgreva u eksternom razmenjivaču toplote (sl. 2.7a). Ovo je istovremeno i najefikasniji sistem kojim se postižu minimalne temperaturne oscilacije (Anonim, 2006).



Sl. 2.7 a) Toplovodne cevi u unutrašnjosti fermentora; b) toplotna izolacija od stiropora na betonskom fermentoru u fazi izrade

Postoje i druge mogućnosti zagrevanja fermentora (šematski prikazano na sl. 2.8). Ovi koncepti ređe se sreću u praksi, a međusobno se razlikuju po tome da li se i na koji način zagrevaju sveži supstrat i/ili unutrašnjost fermentora.



Sl. 2.8 Šematski prikaz mogućih načina zagrevanja fermentora:
 a) zagrevanje mase u fermentoru toplovodnim cevima + predgrevanje supstrata u eksternom razmenjivaču toplote (ERT); b) zagrevanje mase u fermentoru toplovodnim cevima; c) zagrevanje mase u fermentoru u ERT; d) predgrevanje supstrata u ERT toplotnom energijom ostatka fermentacije

Poznato je da u procesu anaerobne fermentacije dolazi do samozagrevanja (sl. 2.1). Zbog toga, kada su u letnjim mesecima spoljašnje temperature visoke, potrebno je nekada čak hladiti unutrašnjost fermentora. To se postiže protokom hladne vode kroz cevovod u unutrašnjosti fermentora, koji se inače koristi za grejanje.

Mešanje sadržaja fermentora pasivno se ostvaruje ubacivanjem svežeg supstrata, konvekcijom strujanjem supstrata i podizanjem mehurića od proizvedenog biogasa. Ovo nije dovoljno, pa se primenjuje aktivno mešanje: mehaničko, hidrauličko ili pneumatsko.

Većina postrojenja primenjuje mehaničko mešanje pomoću mešalica. Potopljene propelerske mešalice (sl. 2.9a), čiji se elektromotori nalaze u supstratu, poseduju dva do tri propelera. Drugi tip su mešalice sa dugačkom osovinom (sl. 2.9b), kod kojih se elektromotor nalazi izvan fermentora, a propeleri su zaronjeni u supstrat i nalaze se na dugačkom vratilu. Varijacija ovog tipa mešalica je aksijalni mešač, koji se postavlja centralno u odnosu na bazu cilindričnog i vertikalnog fermentora. Treći tip mešalica su pedalne (sl. 2.9c), kod kojih se elektromotor, takođe, nalazi izvan fermentora.



a)



b)



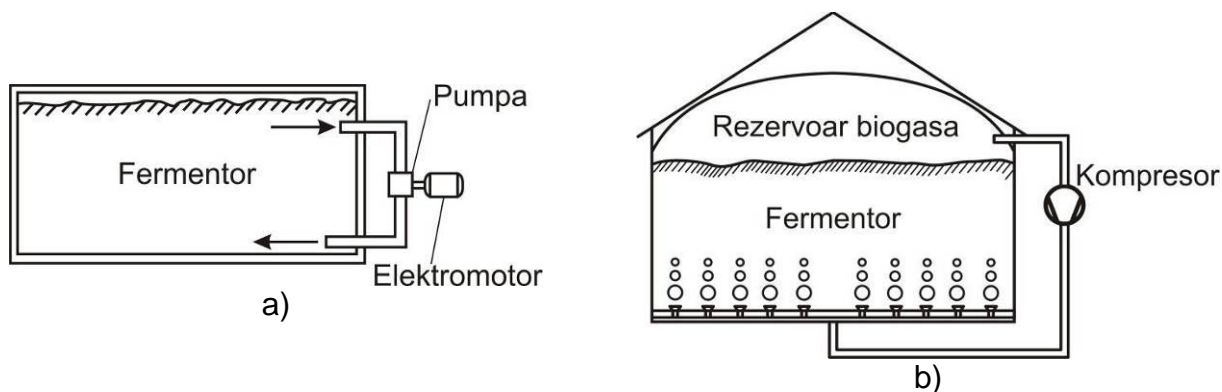
c)

Sl. 2.9 Tipovi mehaničkih mešalica: a) potopljena propelerska; b) sa dugačkim vratilom; c) pedalna

Razlike između predstavljena tri tipa mehaničkih mešalica, način primene, prikazani su u tab. 2.10, a šematski prikaz hidrauličkog i pneumatskog mešanja dat je na sl. 2.10.

Tab. 2.10 Karakteristike mehaničkih mešalica (Anonim, 2006)

Potopljena propelerska mešalica	
Parametri	<ul style="list-style-type: none"> • brzohodne mešalice (300-1.500 °/min); • potreba za snagom: 10 kW za 1.000 m³ zapremine fermentora, u zavisnosti od viskoznosti supstrata i geometrije fermentora; • opseg snage: 0,25 do 35 kW.
Primena	<ul style="list-style-type: none"> • za sve supstrate u mokroj fermentaciji; • većinom u vertikalnim fermentorima; • mezofilni režim rada.
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • dobro mešanje supstrata po celoj zapremini fermentora.
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> • veliki zahtev za snagom i visoka potrošnja energije prilikom svakog novog pokretanja, zbog pokretanja velike količine mase supstrata u fermentoru; • za održavanje neophodno otvaranje fermentora.
Mešalica sa dugačkim vratilom	
Parametri	<ul style="list-style-type: none"> • srednjehodni (100-300 °/min) ili sporohodni (100-300 °/min), kontinualni pogon ili u intervalima; • potreba za snagom: 10 kW za 1000 m³ zapremine fermentora, zavisno od viskoznosti supstrata i geometrije fermentora, u kontinualnom pogonu manja potrošnja energije; • opseg snage: 2 do 30 kW.
Primena	<ul style="list-style-type: none"> • za sve supstrate u mokroj fermentaciji; • samo u vertikalnim fermentorima.
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • dobro mešanje supstrata po celoj zapremini fermentora; • održavanje i popravke izvan fermentora.
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> • efikasnost mešanja je nedovoljna; • povećana buka od motora instaliranog spolja.
Pedalna mešalica	
Parametri	<ul style="list-style-type: none"> • sporohodni, pogon u intervalima; • izrada od nerđajućeg čelika; • potrebna snaga i broj obrtaja zavise od vrste supstrata.
Primena	<ul style="list-style-type: none"> • kod vertikalnih fermentora za supstrate u mokroj fermentaciji; • kod horizontalnih za supstrate u mokroj ili suvoj fermentaciji;
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • dobra mogućnost servisiranja elektromotora izvan fermentora.
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> • nemogućnost regulacije pravca mešanja (utiče na efikasnost); • za popravku vratila i pedala fermentor mora da se isprazni.



Sl. 2.10 Šematski prikaz a) pneumatskog i b) hidrauličkog mešanja fermentora

Skladištenje biogasa

Produkcija biogasa u toku vremena često nije konstantna, pa je teško da se usklade kapaciteti proizvedenog biogasa i kogenerativnog postrojenja. Cilj je da kogenerativno postrojenje radi približno istom snagom i zbog toga je neophodno da se proizvedeni biogas privremeno skladišti. Rezervoari za skladištenje biogasa moraju da budu hermetički zatvoreni, otporni na povišenu temperaturu, pritisak, UV-zračenje i vremenske uticaje. Na njima se ugrađuju i sistemi za osiguranje od natpritiska i potpritiska. Rezervoari se dimenzionišu tako da imaju kapacitet dovoljan za skladištenje minimum četvrtine dnevne proizvodnje biogasa, a preporuka je kapacitet dovoljan za jednodnevnu ili dvodnevnu količinu proizvedenog biogasa (Anonim, 2006). Biogas može da se skladišti u rezervoarima niskog, srednjeg ili visokog pritiska.

Na poljoprivrednim biogas postrojenjima najviše se primenjuju rezervoari sa niskim pritiskom, svega par mbar natpritiska. Izrađuju se od specijalne folije (EPDM), koja ispunjava sigurnosne zahteve. Skladištenje na niskom pritisku izvodi se kao gasna hauba iznad fermentora ili kao vazdušni jastuk (sl. 2.11). Vazdušni jastuci mogu da se smeštaju, zbog zaštite od okolnih uticaja, pod nadstrešnicama ili se koristi zaštitna membrana. Eksterni rezervoari niskog pritiska mogu da se izvedu i u formi balona, a iz sigurnosnih razloga se smeštaju u zgrade gde su pokriveni, ili se koristi još jedna zaštitna membrana.



a)



b)

Sl. 2.11 Skladištenje biogasa na niskom pritisku u a) gasnoj haubi iznad fermentora;
b) vazdušnom jastuku sa zaštitnom membranom

Rezervoari srednjeg i visokog pritiska izrađuju se od čelika, a biogas je na pritisku 5 do 250 bar. Ovakav način skladištenja biogasa je skup i zahtevan za održavanje. To je osnovni razlog što se ne koristi na poljoprivrednim biogas postrojenjima. Potrošnja električne energije za skladištenje do 10 bar je $0,22 \text{ kWh/m}^3$, a za visoke pritiske 200 do 300 bar je $0,31 \text{ kWh/m}^3$ (Anonim, 2006).

Kada proizvedena količina biogasa prevazilazi kapacitet rezervoara za skladištenje, na primer, zbog popravke kogenerativnog postrojenja, višak mora da se zbrine na bezopasan način. To je veoma bitno zbog emisije metana u atmosferu. Tada se primenjuje gasna baklja, kojom se metan sagoreva i dobija se ugljen-dioksid (metan ima 23 puta intenzivnije dejstvo na efekat staklene bašte od ugljen-dioksida). Primer sigurnosne baklje za spaljivanje biogasa prikazan je na sl. 2.12. Napominje se, da je korišćenje sigurnosne baklje sa energetskog stanovišta loše rešenje, ali kada je reč o zaštiti životne sredine ponekad neophodno.

Drugi način zbrinjavanja viška biogasa jeste da se instaliraju dve manje kogenerativne jedinice koje zamenjuju jedno veće. Kada se jedan motor popravlja, biogas se sagoreva u drugom. Rezervoar za skladištenje dimenzioniše se tako da može da primi i količinu biogasa koja se trenutno ne sagoreva u gasnom motoru, koji se popravlja.



Sl. 2.12 Gasna baklja na biogas postrojenju

Skladištenje ostatka fermentacije

Ostatak fermentacije privremeno se skladišti u rezervoarima, na vremenski period od pola godine do godinu dana, do trenutka kada su povoljne vremenske prilike za njegovo korišćenje kao poljoprivrednog đubriva i iznošenje na polja. Najčešće se koriste betonski rezervoari, a ponekad i izolovane lagune. Betonski rezervoari slični su vertikalnim fermentorima, sadrže mešalice zbog homogenizacije mase pre izuzimanja, zbog odnošenja na polja. Razlika je što su otvoreni prema atmosferi, termički se ne izoluju i ne zagrevaju. Pošto organska masa u ostatku fermentacije nije u potpunosti razgrađena, u rezervoaru se još uvek odvija fermentacija i proizvodnja biogasa. Zato se rezervoari često pokrivaju, a proizvedeni biogas sakuplja i koristi. Udeo sakupljenog biogasa iz ovog rezervoara može da bude i do 20 % od ukupne količine (Anonim, 2006). Dodatna prednost pokrivanja rezervoara za ostatak fermentacije jeste smanjenje rasprostiranja neprijatnih mirisa.

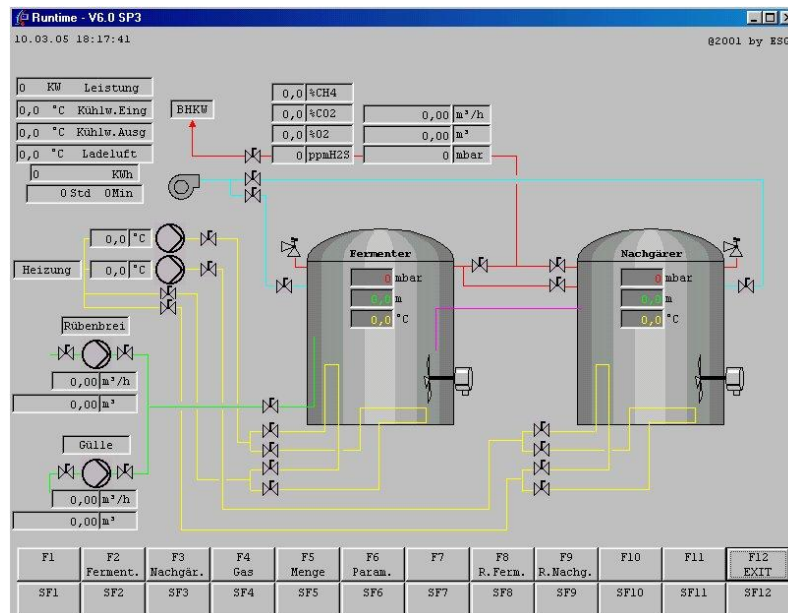
Kontrola i upravljanje procesom

Pored stručnog planiranja i projektovanja, na savremenim biogas postrojenjima praktično je obavezno da se obezbedi i siguran pogon biogas postrojenja. Ključno je da se obezbedi stabilnost procesa anaerobne fermentacije (potpoglavlje 2.2), što podrazumeva zadovoljavajuću proizvodnost i kvalitet biogasa. To umnogome utiče na finansijske efekte rada biogas postrojenja.

Stabilnost procesa anaerobne fermentacije postiže se redovnim laboratorijskim analizama i merenjem parametara procesa. Neki od parametara koji se prate su: vrsta i količina ubačenih supstrata, procesna temperatura, pH vrednost, količina i sastav biogasa,

koncentracija nižih masnih kiselina, nivo ispunje fermentora (preporučljivo je da se prva četiri kontinualno mere). Čak i kada se postigne stabilan proces, neophodno je redovno praćenje parametara da se prepoznaju odstupanja od optimalnih vrednosti. Definisanjem optimalnih vrednosti parametara za stabilan proces, moguće je da se pogon biogas postrojenja u potpunosti automatizuje.

Automatizacija pogona biogas postrojenja sve više se koristi i razvija. Sistemi koji mogu da se primene su jednostavni (povremeno uključivanje elektromotora), ili veoma kompleksni (merenje mnoštva parametara, upravljanje računarom, potpuna vizualizacija procesa, mogućnost kontrole s udaljenog mesta). Većim stepenom automatizacije postižu se bolji efekti, ali je tada visina investicije značajno viša. Proces na biogas postrojenju koji se upravlja su: doziranje supstrata, higijenzacija, grejanje i mešanje fermentora, transport supstrata kroz faze fermentacije, separacija čvrste i tečne faze, desumporizacija, rad kogenerativnog postrojenja. Jedan primer sistema za automatizaciju biogas postrojenja, prikazan je na sl. 2.13.



Sl. 2.13 Sistem za automatizaciju pogona biogas postrojenja pomoću računara, sa vizualizacijom procesnih parametara

Nadalje će se ukratko prikazati jednostavan primer merenja jednog parametra i mogućnost upravljanja pomoću njega. Detaljan pregled načina merenja ostalih parametara i automatizacije biogas postrojenja dati su u Anonim (2006).

Merenjem količine biogasa u rezervoaru za skladištenje može da se upravlja radom kogenerativnim postrojenjem. Količina biogasa u rezervoaru određuje se merenjem pritiska. Kada je produkcija biogasa mala i količina biogasa u rezervoaru mala, često se primenjuje isključivanje gasnog motora. Motor se startuje tek kada se sakupi dovoljna količina biogasa. Ovo je bitno za biogas postrojenja koja imaju zaključen ugovor za održavanje kogenerativnog postrojenja sa firmom koja naplaćuje po času njegovog rada. Na ovaj način se smanjuju troškovi, jer se održavanje plaća samo dok jedinica radi nominalnom snagom. Pritisak biogasa se koristi i za upravljanje kompresorom, pre gasnog motora. Što je pritisak biogasa nakon izlaska iz fermentora veći, manja je potreba za radom kompresora.



2.5 Ostatak fermentacije i njegova primena

U fermentorima biogas postrojenja deo tečne i čvrste mase supstrata transformiše se u biogas. Ostatak fermentacije mora da se zbrine na odgovarajući način. Najbolje bi bilo da se ovaj nusproizvod iskoristi, te da se od njega ostvare prihodi ili uštede na farmi.

U najvećem broju slučajeva, ostatak fermentacije se distribuira po poljoprivrednim površinama, kao đubrivo. Sastav ostatka fermentacije je vrlo sličan sazrelom stajnjaku, ali ipak najviše zavisi od mešavine korišćenih supstrata. Za vreme fermentacije odvijaju se procesi koji donose niz prednosti u odnosu na stajnjak, za korišćenje ostatka fermentacije kao đubriva. Vraćanje ovog materijala na poljoprivredne površine je korisno kada je reč o zaštiti životne sredine i ostvarenju zaokruženog ciklusa. Ponekad se primenjuje separacija na čvrstu i tečnu fazu.

Osobine ostatka fermentacije

Tokom fermentacije viskozitet supstrata se smanjuje. To je posledica razgradnje čvrste organske mase, od koje nastaje biogas. Prilikom fermentacije stajnjaka, smanjuje se sadržaj supstanci neprijatnog mirisa. Smanjuje se i sadržaj organskih kiselina, koje imaju korozivno dejstvo.

Što se tiče prisustva amonijuma, prilikom fermentacije stajnjaka, on se povećava za 5 do 10 %. Stajnjak pre anaerobne fermentacije ima pH vrednost oko neutralne oblasti, a nakon procesa dostiže oko 8,5 (Anonim, 2006). Ukupna količina azota se nakon procesa ne menja, ali dolazi do transformacije azotnih jedinjenja u neorganske, koje biljke mogu da koriste. Isto važi i za fosfor, kalijum, kalcijum i magnezijum. Sadržaj sumpora se tokom procesa smanjuje, pošto se formira H₂S. Količina teških metala se ne menja.

Zbog anaerobnih uslova i povišene temperature, patogeni organizmi odumiru, što ima poseban značaj za primenu ovog materijala kao đubriva. Što se masa duže zadržava u fermentoru, bolji je efekat odumiranja mikroorganizama.

U nekim slučajevima, kada se koristi, na primer, otpad klanica, mora da se primeni higijenzacija ili sterilizacija.

Primena kao đubriva

Kao što je navedeno, ostatak fermentacije najčešće se koristi kao đubrivo. U tab. 2.11 prikazani su sadržaji makroelemenata u ostatku fermentacije sa tri biogas postrojenja. Može se reći da je sastav ostatka fermentacije sa sva tri postrojenja približno jednak, ali ipak zavisi od korišćenih supstrata.

Tab. 2.11 Sadržaj vlage i makroelemenata u ostatku fermentacije (Effenberger et al, 2009b)

Postrojenje	1	2	3
Korišćeni supstrati, %	SK(57), TS(24), SZK(10), SCB(8), O(1)	SK(45), TS(2), SZK(23), SCB(17), O(3)	SK(63), TS(6), SZK(11), SCB(18), O(2)
Suva masa, %	6,4	6,4	7,4
N _{ukupno} , kg/m ³	5,0	5,0	4,5
NH ₄ , kg/m ³	3,4	2,5	2,6
P ₂ O ₅ , kg/m ³	2,0	1,3	1,9
K ₂ O, kg/m ³	4,7	4,9	5,4

SK– silaža kukuruza; TS– tečni stajnjak; SZK– silaža zrna kukuruza; SCB– silaža cele biljke žitarica; O– ostalo.



U tab. 2.12 prikazani su efekti primene separacije ostatka fermentacije na čvrstu i tečnu fazu. Tehnologija separacije detaljnije je opisana u 7.1.3. Osim vode, u tečnoj fazi se odvajaju i svi ostali makroelementi. To je bitno da se razmotri, kada se planira upotreba čvrste ili tečne faze kao đubriva.

Tab. 2.12 Sadržaj vlage i makroelemenata u ostatku fermentacije, tečnoj i čvrstoj fazi, nakon separacije (Effenberger et al, 2009b)

Postrojenje	4	5	6
Korišćeni supstrati, %	SK(58), ČS(17), SZK(2), SCB(12), O(11)	SK(64), SCB(19), O(17)	SK(72), TS(4), ČS(23), O(1)
<i>Ostatak fermentacije</i>			
Suva masa, %	5,2	7,4	6,6
N _{ukupno} , kg/m ³	7,3	4,7	6,7
NH ₄ , kg/m ³	5,3	2,4	4,8
P ₂ O ₅ , kg/m ³	4,5	2,0	3,7
K ₂ O, kg/m ³	7,1	6,3	6,0
<i>Tečna faza</i>			
Suva masa, %	4,3	6,8	6,7
N _{ukupno} , kg/m ³	5,1	6,9	8,1
NH ₄ , kg/m ³	3,4	2,5	5,6
P ₂ O ₅ , kg/m ³	2,5	1,8	4,2
K ₂ O, kg/m ³	4,8	7,5	8,2
<i>Čvrsta faza</i>			
Suva masa, %	21,8	23,5	25,1
N _{ukupno} , kg/m ³	7,8	5,0	7,5
NH ₄ , kg/m ³	2,8	2,2	4,1
P ₂ O ₅ , kg/m ³	7,8	2,0	5,2
K ₂ O, kg/m ³	5,4	6,7	6,1

SK– silaža kukuruza; TS– tečni stajnjak; ČS– čvrsti stajnjak; SZK– silaža zrna kukuruza; SCB– silaža cele biljke žitarica; O– ostalo.

Sadržaj primarnih makroelemenata uporediv je sa sadržajem u stajnjaku. Zapravo je njihova koncentracija, kada se svede na čvrstu materiju, viša u tečnoj nego čvrstoj fazi.

Makroelementi imaju svoju vrednost. Prema Anonim (2009e) kilogram P₂O₅ ima vrednost –0,46, a kilogram K₂O –0,31 €. To znači da, ukoliko vlasnik biogas postrojenja nema mogućnosti da iskoristi celokupni ostatak fermentacije, poljoprivrednici u okolini mogu da budu motivisani da ga preuzmu i distribuiraju.

Distribucija stajnjaka sprovodi se u agrotehničkim rokovima, a ne bilo kad u toku godine. To znači da na postrojenju mora da postoji rezervoar u kojem se ostatak fermentacije skladišti do vremena korišćenja.

Primena kao čvrstog goriva

Ostatak fermentacije ponekad ne može da se distribuira na okolne poljoprivredne površine i iskoristi kao đubrivo. Zbog sprečavanja zagađenja podzemnih voda količina tečnog stajnjaka koja sme da se distribuira je ograničena, a transport na veća rastojanja, udaljenije poljoprivredne površine, nije isplativ. U tom slučaju treba da se razmotre alternativne mogućnosti korišćenja ostatka fermentacije.

Jedna od mogućnosti je da se iskoristi kao gorivo za sagorevanje. Međutim, kao što je prikazano u tab. 2.12, sadržaj vlage u ostatku fermentacije je čak i nakon separacije



visok. U zavisnosti od sadržaja vlage, ponekad je potrebno da se uloži više energije za sušenje, nego što je sadržano u čvrstom ostatku. Korišćenje otpadne toplotne energije biogas postrojenja za sušenje ostatka fermentacije ima smisla, ukoliko ona ne može da se iskoristi efikasno na drugi način.

Ostatak fermentacije treba da se osuši tako da sadržaj vlage bude 10 do 20 %. To je praškasti materijal koji nije pogodan za loženje, ali može uspešno da se peletira ili briketira. Na taj način može da se koristi u odgovarajućim kotlovima na biomasu, a toplotna moć ovakvog materijala je na nivou toplotne moći biljnih ostataka. U tab. 2.13 prikazani su podaci za peletirane ostatke fermentacije sa dva različita biogas postrojenja.

Tab. 2.13 Karakteristike ostatka fermentacije kao čvrstog goriva (Kratzeisen et al, 2010)

Uzorak	Sastav supstrata	%	Sadržaj vlage, %	Donja toplotna moć, MJ/kg	Topljenje pepela, °C
1	Silaža kukuruza	50	9,2	15,8	1.090
	Silaža trave	40			
	Krompir	10			
2	Silaža kukuruza	81	9,9	15,0	1.110
	Sirak šećerac	9			
	Stajnjak peradi	7			
	Silaža klipa sa zrnom kukuruza	3			

Pepeo koji preostaje nakon sagorevanja sadrži fosfor, kalijum i druge makroelemente, te može bez problema da se distribuira po poljoprivrednim površinama.

Čvrsti ostatak fermentacije još uvek zadržava, u tragovima, supstance neprijatnog mirisa, pa peleti i briketi koji se od njega proizvedu, ne bi bili pogodni za primenu izvan poljoprivrednih oblasti. Najbolje bi bilo da se koriste na samoj farmi.

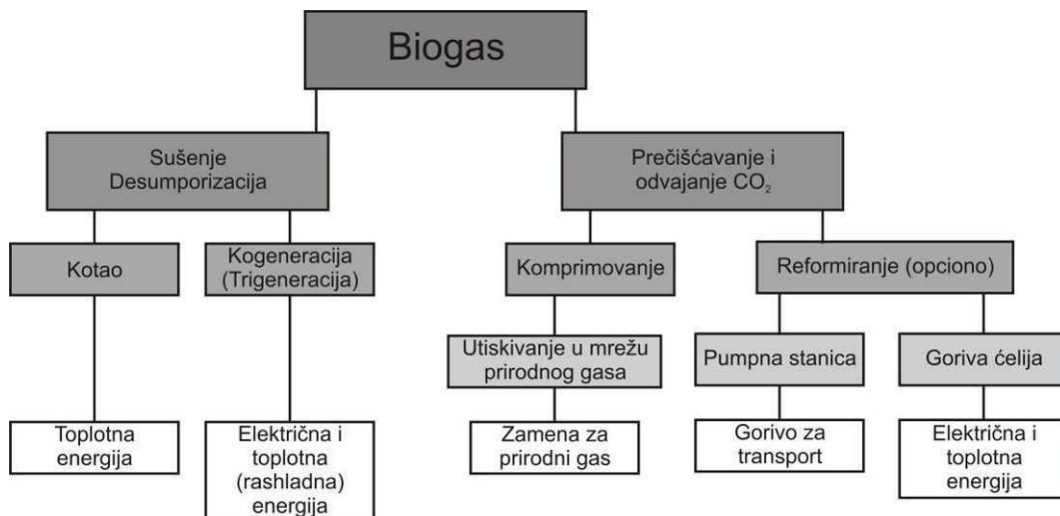
Postoje i druge mogućnosti korišćenja čvrstog ostatka fermentacije, na primer, kao podloge za cveće (navedeno u poglavlju 4.3).

3. TEHNOLOGIJE KORIŠĆENJA BIOGASA

U ovom poglavlju prikazane su tehnologije korišćenja biogasa, odnosno tehnologije koje omogućavaju energetska transformaciju primarne energije biogasa. Postoje razne mogućnosti za to. Ipak, zbog postojanja podsticajnih *feed-in* tarifa za proizvodnju električne energije, korišćenje biogasa u kogeneraciji je najperspektivnije. Zbog toga će se najviše pažnje posvetiti ovoj tehnologiji, a ponajviše kogenerativnim postrojenjima sa motorima SUS, koji se najviše koriste. Za sve tehnologije će se predočiti prednosti i nedostaci, „zrelost“ tehnologije i ono što je ključno – visine investicija.

3.1 Prečišćavanje biogasa

U potpoglavlju 2.1 detaljno je opisan sastav biogasa. S eneretskog i ekonomskog aspekta, povoljno je da se proizvede biogas sa što većim udelom metana, jer je on jedini gorivi sastojak značajnog zapreminskog udela (50 do 70 %). Osim toga, za bilo koju primenu neophodno je da se biogas prečisti, odnosno da se uklone nepoželjni sastojci koji imaju negativan uticaj na životnu sredinu ili štetni sastojci koji oštećuju delove biogas postrojenja. Na poljoprivrednim biogas postrojenjima, iz biogasa se uklanjaju vodonik-sulfid (H_2S), vodena para i eventualno ugljen-dioksid (CO_2).



Sl. 3.1 Prečišćavanje biogasa u zavisnosti od tehnologije za energetska primenu (Anonim, 2008b)

Kvalitet biogasa do kojeg se on prečišćava direktno utiče na visinu troškova, a potreban kvalitet zavisi od tehnologije za energetska primenu (sl. 3.1, tab. 3.1). Za proizvodnju toplotne energije i kogeneraciju (trigeneraciju), iz biogasa se uklanjaju vodonik-sulfid (desumporizacija) i vodena para (sušenje). Za utiskivanje biogasa u mrežu prirodnog gasa, ali i primenu kao goriva za motorna vozila, neophodno je i uklanjanje CO_2 i komprimovanje. U nekim slučajevima primenjuje se i proizvodnja čistog vodonika iz biogasa (reformiranje), koji se koristi kao gorivo za motorna vozila ili za kogeneraciju u gorivim ćelijama.



Tab. 3.1 Zahtevi za prečišćavanjem biogasa u zavisnosti od tehnologije za energetska primenu (Wellinger i Lindberg, 2000)

Tehnologija	H ₂ S	H ₂ O	CO ₂
Kotao	< 1.000 ppm	ne	ne
Kuhinjska peć	da	ne	ne
Kogenerativno postrojenje	< 1.000 ppm	da	ne
Gorivo u motornim vozilima	da	da	preporučljivo
Utiskivanje u mrežu	da	da	da

U tab 3.2 prikazan je pregled postupaka za prečišćavanje biogasa od H₂S i CO₂. U nastavku ovog poglavlja biće objašnjeni samo postupci koji se najčešće primenjuju u praksi, a detaljniji opisi ostalih mogu se naći u Wellinger i Lindberg (2000), Petersson i Wellinger (2009), Anonim (2006).

Tab 3.2 Pregled postupaka za prečišćavanje biogasa (Wellinger i Lindberg, 2000)

H ₂ S	CO ₂
Biološka desumporizacija	Vodeni skruberi
Gvožđe-hlorid u sadržaj fermentora	Skruberi sa polietilen-glikolom
Gvožđe-oksidi	Ugljena molekularna sita
Ispuna s aktivnim ugljem	Membrane
Vodeni skruberi	Visokopritisna gasna separacija
Skruberi sa seleksolom	Gasno-tečne apsorpcione membrane

Desumporizacija

Primenjuje se za sprečavanje toksičnog dejstva H₂S, jer, na primer, maksimalna dozvoljena koncentracija H₂S u radnom okruženju 5 ppm, a koncentracije preko 300 ppm dovode i do smrti. Sagorevanjem H₂S nastaju gasovi SO₂ i SO₃, koji su toksičniji od H₂S. Reakcijom sa vodom nastaje sumporasta kiselina (H₂SO₃) sa veoma jakim korozivnim dejstvom na metalne delove biogas postrojenja.

Za odabir postupka za desumporizaciju, odlučujući parametri su sastav i protok biogasa koji se prečišćava. Generalna podela postupaka za desumporizaciju je na biološke, hemijske i fizičke. Najčešće se primenjuju biološka i hemijska desumporizacija (u fermentoru ili izvan njega).

Kod biološke desumporizacije, u fermentor se uduvava određena količina ambijentalnog vazduha (3 do 5 % zapremine biogasa). Kiseonik iz vazduha koristi posebna vrsta bakterija *Sulfobacter oxydans* prisutna u sadržaju fermentora da razgradi H₂S do elementarnog sumpora. Ovaj postupak je veoma jeftin, ali može da se koristi samo na postrojenjima sa privremenim skladištenjem biogasa iznad fermentora (kupola, pokretni krov). Nedostatak je nemogućnost kontrole i upravljanja procesom razgradnje H₂S. Biološka desumporizacija izvan fermentora odvija se po istom principu, ali u posebnim kolonama gde biogas odlazi nakon fermentora. Ovaj postupak je skuplji i potrebno je više održavanja, ali je moguće preciznije doziranje neophodnog vazduha ili čistog kiseonika, što direktno utiče na efikasnost razgradnje H₂S.

Za hemijsku desumporizaciju, u fermentor se dodaje supstanca (hloridi gvožđa), kojom se H₂S hemijski vezuje. Potrošnja je, na primer, 2,3 l gvožđe-III-hlorida za 100 m³ biogasa (Anonim, 2006). Primenjuje se kod svih postrojenja sa mokrom fermentacijom. U odnosu na biološki, ovaj postupak ima povećane troškove zbog potrebnih hemikalija, ali je smanjena korozija u fermentoru, jer se ne ubacuje kiseonik. Kod eksterne hemijske



desumporizacije, primenjuje se „pranje“ biogasa. I voda može da se koristi kao radni medijum, ali je to najčešće vodeni rastvor natrijum-hidroksida (NaOH), koji poboljšava apsorpcioni kapacitet vode. Time je potrebna manja količina radnog medijuma i manja je potreba za pumpanjem. Proces uklanjanja H_2S iz biogasa je hemijski proces, jer H_2S reaguje sa NaOH i nastaje natrijumova so (natrijum-sulfid). Proces nije regenerativan, odnosno nije moguće prečišćavanje do polaznog radnog medijuma, pa je glavni nedostatak odlaganje velikih količina vode zagađene natrijum-sulfidom. Ovim postupkom postižu se visoke efikasnosti prečišćavanja, s uklanjanjem i preko 95 % H_2S . Kao i za eksterni biološki postupak, moguća je primena za bilo koji tip biogas postrojenja.

Sušenje

Sprečava potencijalnu kondenzaciju vodene pare kojom je biogas zasićen, nakon izlaska iz fermentora. Time je sprečeno oštećenje delova postrojenja, jer je onemogućeno zamrzavanje vode u instalacijama i korozija. Najjednostavniji način uklanjanja vodene pare iz biogasa je njegovim hlađenjem ili regulacijom pritiska.

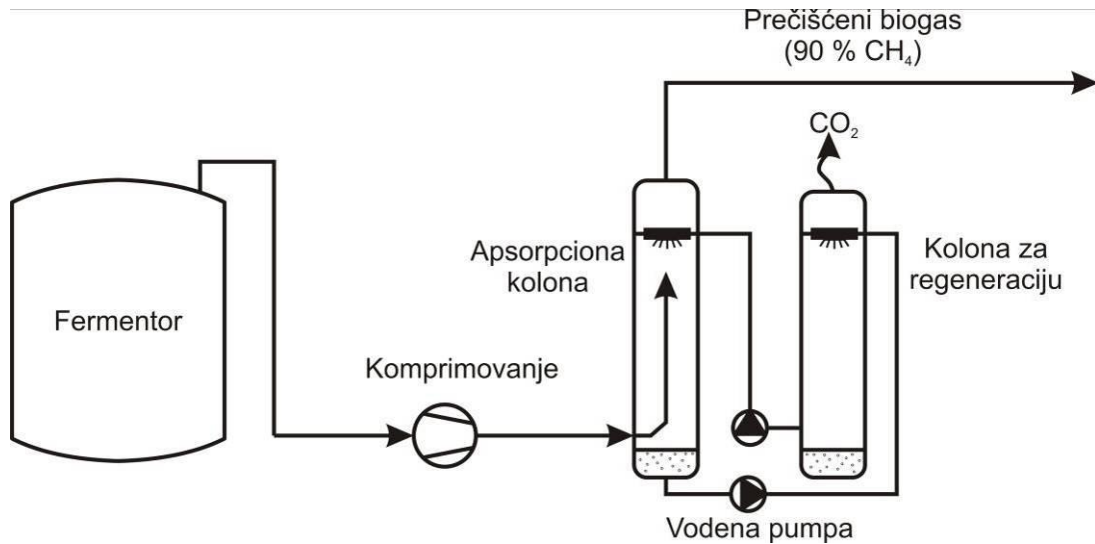
Sušenje se najčešće obezbeđuje dovoljno dugačkom trasom gasovoda, da ima dovoljno vremena da se biogas ohladi. Cev ulazi u zemlju koja je leti dovoljno hladna da osigura kondenzaciju, a zimi je temperatura iznad nule, čime se sprečava zamrzavanje. Kondenzacija se odvija u najnižoj tački, u kojoj se postavlja i odvajač kondenzata. Odvajač kondenzata mora povremeno da se prazni, pa treba da mu je omogućen lak pristup. Sa kondenzatom se odvajaju i još neke nepoželjne supstance, aerosoli i rastvoreni gasovi.

Kod nekih postrojenja sušenje se odvija primenom električnog hladnjaka. Na temperaturi ispod 10 °C, postiže se značajnija efikasnost odvajanja vlage, ali je nedostatak potrošnja električne energije. Posle hlađenja biogas se ponovo zagreva, da se smanji relativna vlažnost vazduha i spreči kondenzacija u daljoj trasi gasovoda.

Uklanjanje CO_2

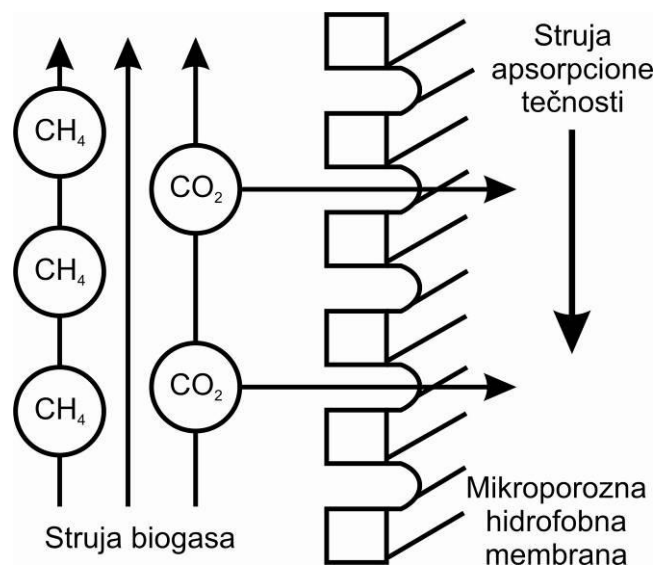
Primenjuje se kod tehnologija kod kojih je bitno da se poveća toplotna moć biogasa (energetski sadržaj). Ugljen-dioksid je inertan prilikom sagorevanja biogasa i nema značajan uticaj na okolinu. Iz biogasa se uklanja CO_2 čime se on prečišćava do nivoa kada u njemu preostaje skoro samo metan, odnosno gasa koji čini većinu zapremine prirodnog gasa. To je naročito bitno ukoliko se utiskuje u mrežu prirodnog gasa, jer može tačno da se definiše količina isporučene energije. Prilikom korišćenja biogasa kao goriva, prečišćavanje do kvaliteta prirodnog gasa je neophodno, zbog ograničene mogućnosti skladištenja u motornim vozilima. Zatim će biti prikazana dva postupka uklanjanja CO_2 , „pranjem“ vodom u apsorpcionim kolonama i prečišćavanje pomoću membrane.

Proces uklanjanja CO_2 iz biogasa, tzv. postupkom „pranje“ vodom, koji je čisto fizički, šematski je prikazan na sl. 3.2. Mehanizam se zasniva na većoj rastvorljivosti CO_2 u vodi od CH_4 . Da bi se pojačao efekat apsorpcije, biogas se nakon izlaska iz fermentora komprimuje. Biogas u apsorpcionu kolonu ulazi odozdo, a voda odozgo. Voda se raspršuje i pod uticajem gravitacije pada nadole. Tokom padanja vode CO_2 iz biogasa se u njoj rastvara, te dobija gas sa preko 90 % metana. Delimično se odvaja i H_2S , pa je u nekim slučajevima, u zavisnosti od njegove koncentracije i zahteva odlaganja upotrebijene vode, potrebno da se prethodno sprovede desumporizacija. Voda nakon izlaska iz kolone sadrži apsorbirani CO_2 , i ulazi u kolonu za regeneraciju. U njoj se odvija regeneracija radnog medijuma (vode), čime se CO_2 izdvaja u atmosferu, a regenerisana voda ponovo koristi u apsorpcionoj koloni.



Sl. 3.2 Uklanjanje CO₂ iz biogasa „pranjem“ vodom u apsorpcionim kolonama (Wellinger i Lindberg, 2000)

Uklanjanje CO₂ pomoću membrana, sa gasno-tečnom apsorpcijom, šematski je prikazano na sl. 3.3. Glavni element je mikroporozna hidrofobna membrana, koja razdvaja gasnu i tečnu fazu u sistemu. Biogas i apsorpciona tečnost struje u suprotnim smerovima, a CO₂ iz biogasa zbog procesa difuzije prolazi kroz membranu i apsorbuje se u tečnosti. Pogonski pritisak je atmosferski, pa je postrojenje jevtino. Ovim postupkom postiže se efikasno prečišćavanje biogasa i dostizanje udela metana i preko 96 %. Regeneracija radnog medijuma postiže se zagrevanjem, a oslobođeni CO₂ je čist i može da se iskoristi u industrijske svrhe.



Sl. 3.3 Uklanjanje CO₂ pomoću membrana, sa gasno-tečnom apsorpcijom (Wellinger i Lindberg, 2000)

3.2 Korišćenje u kogeneraciji

3.2.1 Kogenerativno postrojenje sa motorom SUS

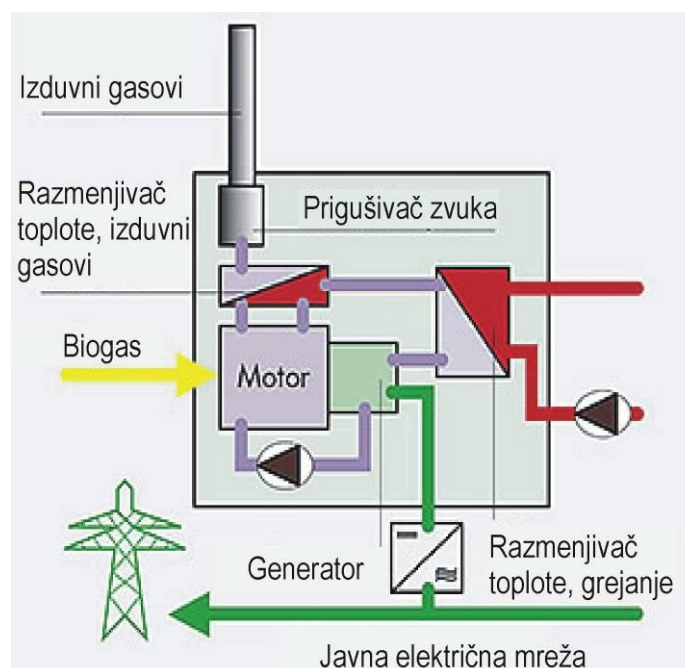
Na biogas postrojenjima najčešće se primenjuje kogeneracija korišćenjem motora s unutrašnjim sagorevanjem, SUS. Visok je električni stepen korisnosti i niža su investiciona ulaganja.

Najpre su razvijeni **gasni Otto motori** (engleski *Gas sparking engines*, nemački *Gas-Ottomotoren*). Poslednjih godina razvijeni su i **dizel motori s inicijalnim paljenjem** (engleski *Pilot injection gas engines*, nemački *Zündstrahlmotoren*).

Princip rada

Šematski prikaz kogenerativnog postrojenja sa motorom SUS dat je na sl. 3.4. Mehanička energija dobijena na vratilu motora SUS prenosi se na generator električne energije. Najčešće se primenjuju sinhroni generatori, dok se asinhroni koriste na biogas postrojenjima električne snage do 100 kW (Anonim, 2006).

Ranije se smatralo da se u motorima SUS jedna trećina primarne energije transformiše u mehaničku, jedna trećina u toplotnu energiju rashladne tečnosti (na ovakvim postrojenjima ne koriste se vazdušno hlađeni motori), a da jednu trećinu sadrže produkti sagorevanja. Savremeni motori SUS imaju stepen iskorišćenja i preko 40 %, ali je i tada na raspolaganju velika količina toplotne energije. Kogeneracija se ostvaruje iskorišćenjem toplotne energije rashladne tečnosti i produkata sagorevanja. Toplotna energija koja se dobija iz rashladne tečnosti je na niskom temperaturnom nivou, pa može da se iskoristi samo za zagrevanje vode do oko 90 °C. Topla voda može da se upotrebi za grejanje fermentora ili obližnjih radnih ili stambenih prostorija. Temperature produkata sagorevanja su 460 do 550 °C, pa ova toplotna energija može da se iskoristi za proizvodnju tehnološke pare. Ukoliko se toplotna energija rashladne tečnosti ne koristi, ili se ne koristi konstantno, ona mora da se hladi, kao i na svakom drugom motoru SUS, da ne bi došlo do pregrevanja.



Sl. 3.4 Šematski prikaz kogenerativnog postrojenja sa motorom SUS



Za ostvarenje kogeneracije, iskorišćenje toplotne energije rashladne tečnosti i produkata sagorevanja, neophodni su odgovarajući razmenjivači toplote. Takođe, kao i u drugim slučajevima, sastavni deo opreme su i kontrolno-upravljački sklopovi.

Gasni Otto motori

Gasni *Otto* motori specijalno su razvijeni za korišćenje biogasa. Rade sa visokim koeficijentom viška vazduha da bi se smanjile emisije nepoželjnih produkata. Podešeni su da rade sa minimalnim zapreminskim udelom metana u biogasu od 45 %. Ukoliko udeo metana padne ispod ove vrednosti automatski se isključuju.

Ukoliko nema biogasa na raspolaganju, ovi motori mogu da koriste druge vrste gasovitih goriva, na primer, prirodni gas. Prirodni gas koristi se kao gorivo i za puštanje postrojenja u rad. Karakteristike i specifičnosti gasnih *Otto* motora prikazane su u tab. 3.3.

Tab. 3.3 Karakteristike gasnih *Otto* motora (Anonim, 2006)

Aspekt	Opis
Osnovni parametri	<ul style="list-style-type: none"> • snaga dostiže i preko 1 MW_e; • radni vek je 60.000 h u pogonu; • primenjivi za udeo metana veći od 45 %.
Primena	<ul style="list-style-type: none"> • moguće na svim, ali isplativo za veća biogas postrojenja.
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • specijalno konstruisani za korišćenje biogasa; • emisije ispod graničnih vrednosti; • manja potreba za održavanjem; • ukupni stepen korisnosti je veći, nego za dizel motore s inicijalnim paljenjem.
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> • viši investicioni troškovi, nego za dizel motore s inicijalnim paljenjem; • za manje snage imaju niže električne stepene korisnosti nego dizel motore s inicijalnim paljenjem.
Izvedba	<ul style="list-style-type: none"> • kao agregati u kogeneraciji ili u kontejnerskoj izvedbi.

Dizel motori s inicijalnim paljenjem

Ovaj tip motora izrađuju fabrike koje inače proizvode kamionske motore. Zbog toga ovaj tip motora nije uvek namenski proizveden za korišćenje biogasa, nego se za tu namenu standardni modeli prerađuju.

Biogas i vazduh se mešaju i usisavaju u cilindre. Kada se u cilindru mešavina komprimuje, ubacuje se dizel gorivo i ostvaruje paljenje cele smeše. Količina dizel goriva je, izraženo u udelu energije, 8 do 12 %. Zbog male količine dizel goriva koje se koristi, postoji opasnost od oštećenja brizgaljki koje se tada manje hlade.

Ukoliko nema dovoljno biogasa ili tokom puštanja u pogon, bez ikakvih ograničenja može da se koristi samo dizel gorivo. U zavisnosti od proizvođača, neki dizel motori s inicijalnim paljenjem mogu da koriste i biogoriva (biodizel ili biljno ulje). Karakteristike i specifičnosti ovih motora prikazane su u tab. 3.4.

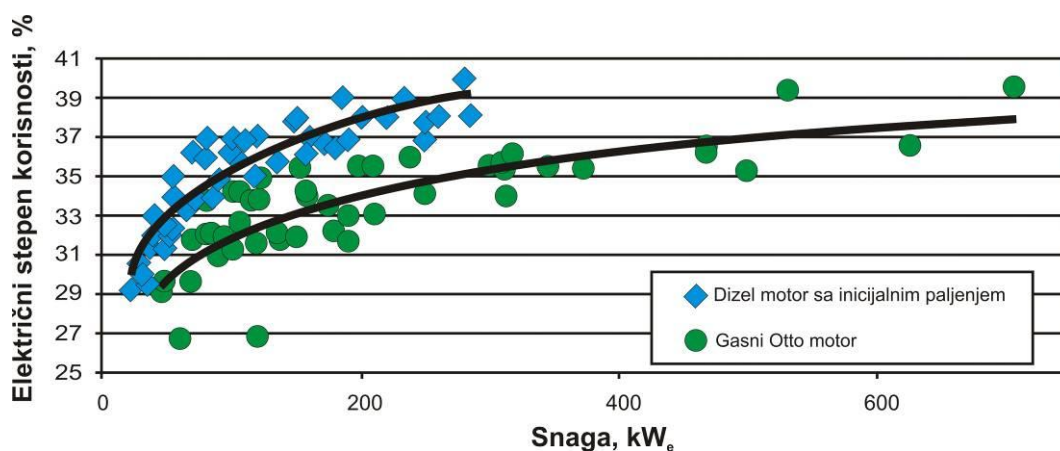
Tab. 3.4 Karakteristike dizel motora s inicijalnim paljenjem (Anonim, 2006)

Aspekt	Opis
Osnovni parametri	<ul style="list-style-type: none"> • proizvedena snaga je do 10 % iz dizel goriva; • snage do 250 kW_e; • radni vek je 35.000 h u pogonu.
Primena	<ul style="list-style-type: none"> • moguće na svim, ali isplativo za manja biogas postrojenja.
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • za manje snage imaju više električne stepene korisnosti, nego gasni <i>Otto</i> motori.
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> • ukupni stepeni korisnosti niži nego kod gasnih <i>Otto</i> motora; • potreba za korišćenjem dodatnog goriva (dizel); • emisije izduvnih gasova značajno više, nego kod gasnih <i>Otto</i> motora.
Izvedba	<ul style="list-style-type: none"> • kao agregati u kogeneraciji ili u kontejnerskoj izvedbi.

Snage, stepeni korisnosti

Električni stepen korisnosti kogenerativnog postrojenja izračunava se kao proizvod stepena korisnosti motora i stepena korisnosti generatora.

Električni stepeni korisnosti kogenerativnih postrojenja sa dizel motorima s inicijalnim paljenjem su u opsegu 30 do 40 %. Za opsege manjih snaga, električni stepeni korisnosti ovih motora viši su nego za gasne *Otto* motore istih snaga. Porastom nominalne električne snage, primetan je i porast vrednosti električnog stepena korisnosti, sl. 3.5.



Sl. 3.5 Električni stepeni korisnosti kogenerativnih postrojenja sa motorima SUS (Anonim, 2006)

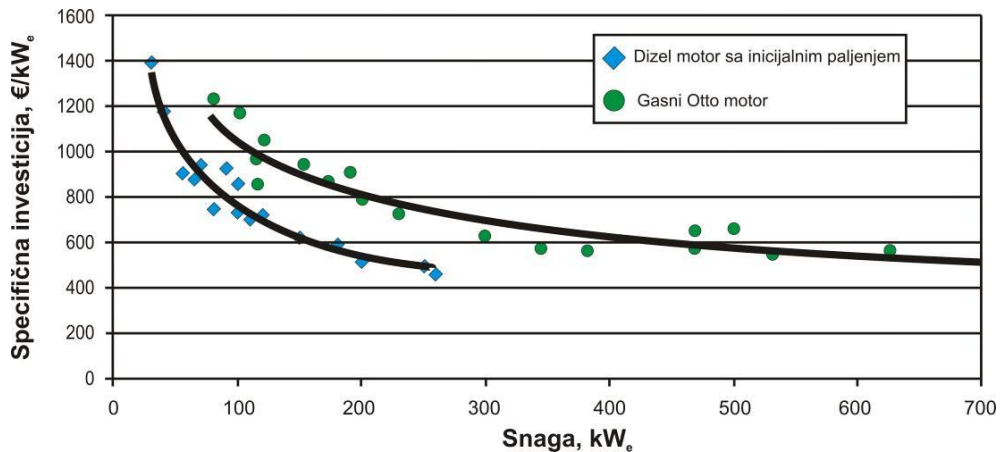
Ukupni stepeni korisnosti za motore SUS, ukoliko se iskoristi i toplotna energija rashladne tečnosti i produkata sagorevanja, su između 80 i 90 %. Ipak, to su maksimalne vrednosti, koje zavise od toga u kolikoj meri se iskoristi otpadna toplotna energija.

Održavanje

Radni vek dizel motora s inicijalnim paljenjem jeste oko 35.000 h. Ako bi motor godišnje radio 8.000 h, onda bi radni vek bio oko 4,5 godine. Gasni *Otto* motori imaju radni vek 45.000 h, odnosno 5,5 godina. Nakon radnog veka sprovodi se generalna popravka.

Investicije, troškovi

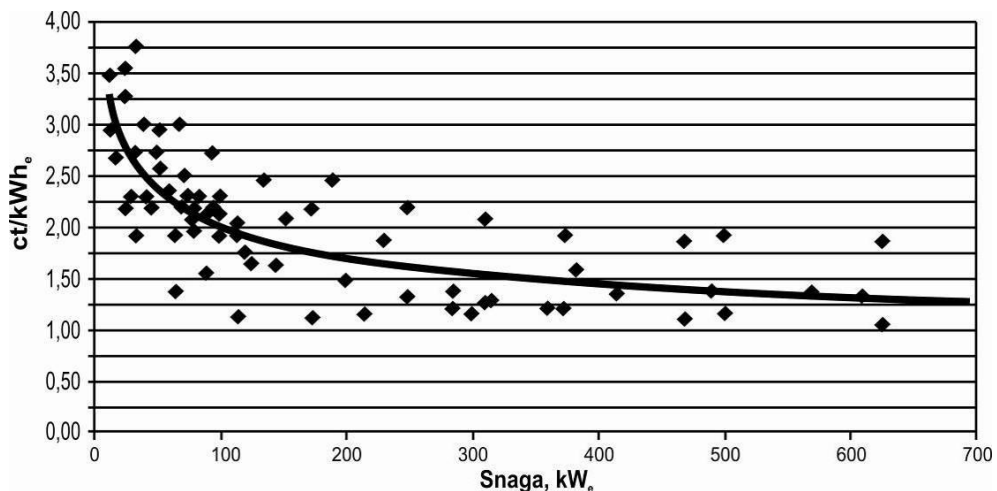
Investicije za kogenerativno postrojenje umnogome zavise od tipa motora. Investicije za dizel motore s inicijalnim paljenjem su niže, pošto se često motori ovog tipa motora proizvode u velikim serijama. U fabrikama za kamionske motore, izrađuju se osnovni delovi i sklopovi motora, kao i za kamionske, a dodatno se ugrađuju potrebni elementi za korišćenje biogasa. Dizel motor s inicijalnim paljenjem snage 200 kW_e ima specifičnu investiciju oko 550 €/kW_e , a gasni *Otto* motor iste snage oko 800 €/kW_e , sl. 3.6. Ove cene date su za motore koji nisu u kontejnerskoj uzvedbi, već za gasne agregate (motor spregnut sa generatorom). Zato je potrebno da se predvide i troškovi dodatne opreme.



Sl. 3.6 Specifične investicije za kogenerativna postrojenja sa motorima SUS (Anonim, 2006)

Prilikom odabira tipa motora, potrebno je da se razmotre električni stepeni korisnosti. Motori koji imaju više stepene korisnosti koštaju više. Međutim, uložena investicija može da se isplati, jer je veća proizvodnja električne energije, a time su i veći prihodi od prodaje električne energije.

Troškovi održavanja zavise od snage, a iznose 1 do 1,8 ct za svaki kWh proizvedene električne energije (Anonim, 2006). Na sl. 3.7 prikazani su specifični troškovi održavanja, a vrednosti važe u slučaju da je vlasnik biogas postrojenja sklopio ugovor sa firmom koja održava motore. Za pogon dizel motora s inicijalnim paljenjem, potrebno je da se uračunaju i troškovi za kupovinu dizel goriva, ali i njegovo skladištenje.



Sl. 3.7 Specifični troškovi održavanja motora (Anonim, 2006)

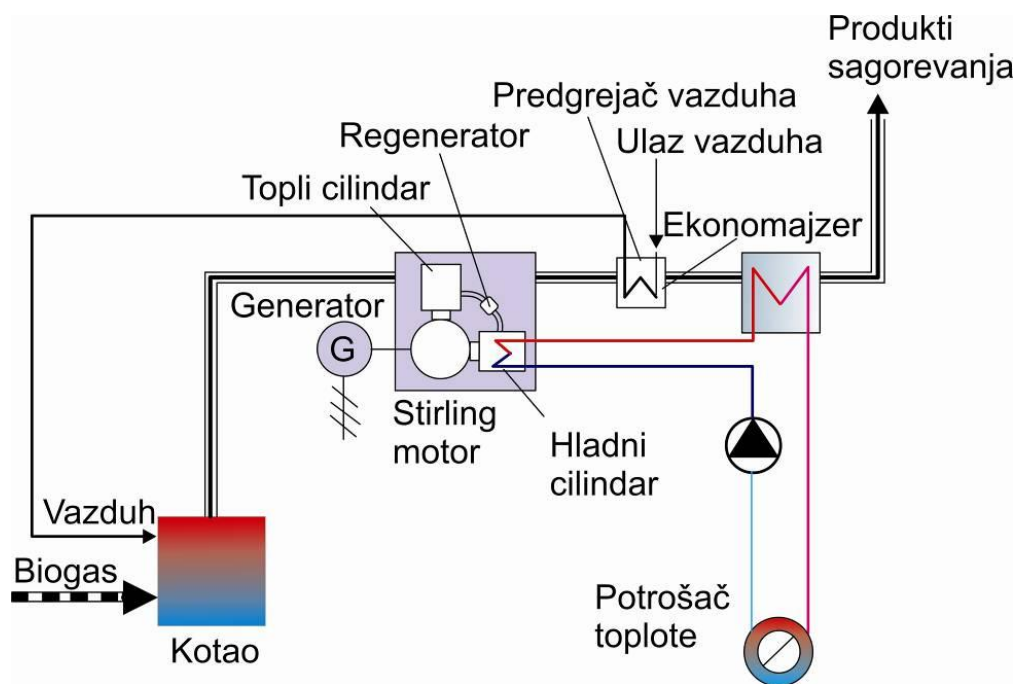
3.2.2 Stirling motori

Stirling motori su klipne mašine sa zatvorenim ciklusom, pošto radni medijum ostaje unutar radnog cilindra. Klasifikuju se kao motor sa spoljašnjim sagorevanjem, iako nije pravilo da se toplotna energija obezbeđuje sagorevanjem (moguće je korišćenje solarne, geotermalne ili otpadne toplote nekog procesa).

Princip rada

Kružni termodinamički proces sastoji se od četiri glavna procesa: zagrevanje, ekspanzija, hlađenje i kompresija. Radni fluid, vazduh, vodonik ili helijum, nakon zagrevanja i ekspanzije u toplom cilindru, odlazi do hladnog cilindra. Za zagrevanje toplog cilindra koristi se spoljašnji izvor toplote, odnosno sagorevanje biogasa. U hladnom cilindru, koji je u sprezi sa toplotnim ponorom, dolazi do pothlađenja radnog fluida i njegove kompresije. Mehanički rad ostvaruje se na vratilu koje je spregnuto sa klipnjačama oba cilindra, za vreme ekspanzije i kompresije. Vratilo motora je spregnuto sa generatorom električne energije, a kogeneracija ostvaruje se iskorišćenjem otpadne toplote, koja se odaje u hladnom cilindru. Šema postrojenja prikazana je na sl. 3.8.

Postrojenje sadrži i regenerator, kojim se povećava stepen korisnosti i smanjuje potreba za uloženom toplotnom energijom. On se nalazi na traktu kroz koji gas prolazi na putu od toplog do hladnog cilindra i obrnuto. Kada se gas kreće od toplog cilindra, regenerator se zagreva i potrebno je oduzeti manju količinu energije u hladnom cilindru. Pri povratku ohlađenog gasa i obavljene kompresije, gas se zagreva, jer je regenerator na višoj temperaturi.



Sl. 3.8 Šematski prikaz kogenerativnog postrojenja sa stirling motorom

Stepeni korisnosti, opsezi snage

Električni stepeni korisnosti postrojenja sa stirling motorom kreću se u opsegu 10 do 15 %, a ukupni stepen korisnosti su i do 90 %. Povećanje električnog stepena korisnosti može da se izvede na račun smanjenja termičkog, iskorišćenjem dela toplotne energije za predgrevanje vazduha za sagorevanje.



Jedan primer je postrojenje sa stirling motorom snage 35 kW_e i 219 kW_t . Za to je potrebno da se uloži primarna energija sagorevanjem biogasa 300 kW . Time je postignut električni stepen korisnosti oko 12% , a termički 73% (ukupan 85%). Električni stepen korisnosti samog stirling motora je 25% . Stirling motori za korišćenje biogasa primenjuju se samo za snage manje od 50 kW_e (Anonim, 2006).

Investicije, troškovi

Troškovi investicija za stirling motore su veoma visoki, pošto ne postoji serijska proizvodnja i prikazani su tab. 3.5. Osim toga, i troškovi održavanja su visoki.

Tab. 3.5 Investicije i troškovi održavanja za stirling motore (Obernberger i Thek, 2008)

Snaga postrojenja, kW_e	35	70
Investicija, €	184.000	320.000
Specifična investicija, €/ kW_e	5.257	4.571
Troškovi održavanja, €/a	3.180	5.550

Prednosti

- Mehanizmi sagorevanja su jednostavniji, jer nisu potrebni ventili,
- mogućnost primene za dodatnu proizvodnju električne energije,
- mogućnost proizvodnje toplotne ili rashladne energije.

Nedostaci

- Ne postoje tržišno zrela rešenja za biogas, nego samo pilot i demonstraciona postrojenja,
- veoma visoke investicije.

3.2.3 Mikroturbine

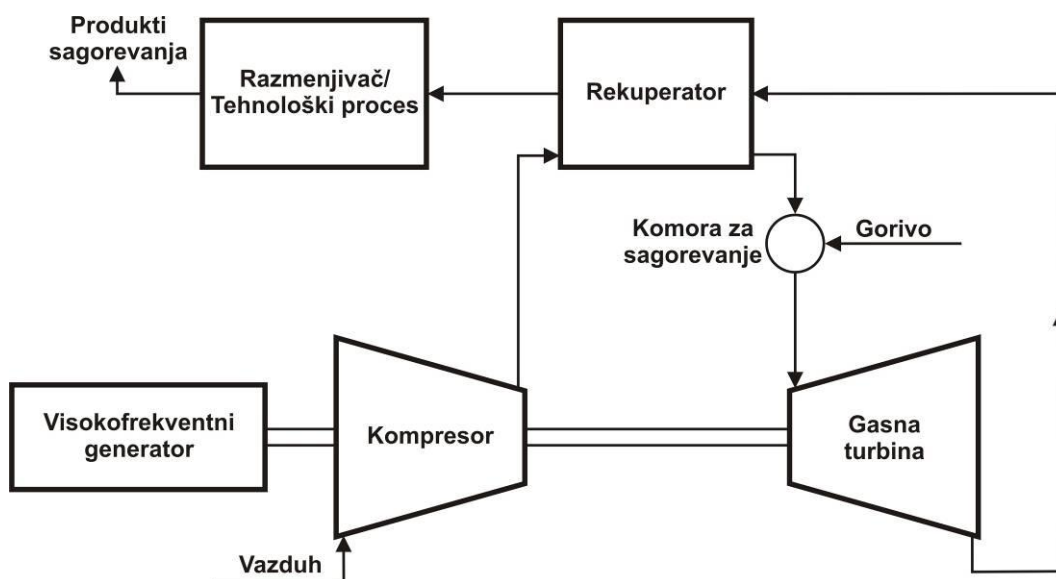
Mikroturbine su manjih snaga od gasnih turbina u velikim energetskim postrojenjima i rade po istom termodinamičkom ciklusu (*Brayton-ovom*), pa se nazivaju još i mikrogasne turbine. Brzohodne su, niskih temperatura i pritisaka u komori za sagorevanje. Kao gorivo mogu da koriste bilo koji gas minimalnog sadržaja metana 35% (Peche et al, 2007). Prvo su korišćene mikroturbine na prirodni gas, a u novije vreme postoje tehnička rešenja za korišćenje biogasa. Razlika je u upravljačkim ventilima i geometriji komore za sagorevanje.

Tehnička rešenja mikroturbina u potpunosti su zrela, a proizvodnja je u malim serijama. Zbog toga su investicije za ovu tehnologiju još uvek visoke.

Princip rada

Princip rada mikroturbine u sistemu kogeneracije šematski je prikazan na sl. 3.9. Potrebna količina vazduha usisava se iz okoline i uz pomoć centrifugalnog kompresora komprimuje na pritisak 5 bar . Radi povećanja električnog stepena korisnosti, u sistemu se koristi rekuperator kojim se vazduh dogreva toplotom produkata sagorevanja. Zagrejani i komprimovani vazduh meša se u komori za sagorevanje sa biogasom, te mešavina sagoreva. Vreli produkti sagorevanja, temperature više od 800 °C , dolaze do turbine gde ekspaniraju sa stepenom ekspanzije $3,5$ do 4 i hlade se na oko 650 °C . Nakon izlaska iz rekuperatora, produkti sagorevanja su temperature oko 270 do 310 °C . Veći deo mehaničkog rada dobijenog na vratilu turbine koristi se za pogon električnog generatora, a

manji za pogon kompresora. Proizvode visokofrekventnu naizmeničnu električnu energiju do 1.600 Hz, pri broju obrtaja generatora 60.000 do 100.000 u minuti.



Sl. 3.9 Šematski prikaz mikroturbine u sistemu kogeneracije

Kod mikroturbina, celokupna količina otpadne toplote sadržana je u produktima sagorevanja, za razliku od gasnih motora gde je nosilac toplote i rashladna tečnost. Produkti sagorevanja, nakon izlaska iz rekuperatora, toplotnu energiju mogu da predaju u razmenjivaču toplote ili da se direktno iskoriste za tehnološki proces. Direktno korišćenje produkata sagorevanja tehnički je jednostavnije, energetski efikasnije, a time i ekonomski povoljnije. Omogućeno je niskim sadržajem štetnih materija u produktima sagorevanja, pre svega, CO i NO_x (Bekker i Oechsner, 2010). Ovo otvara nove mogućnosti iskorišćenja toplotne energije produkata sagorevanja, npr. za direktno sušenje prehrambenih proizvoda ili regulisanje ugljen-dioksida u staklenicima (Anonim, 2006).

Oblasti snaga, stepeni korisnosti

Oblast električnih snaga koje pokrivaju mikroturbine na biogas su 30 do 250 kW_e. Za pokrivanje većih snaga, koristi se paralelna veza nekoliko jedinica. Podaci o snagama i stepenima korisnosti za turbine nekoliko proizvođača date su u tab. 3.6.

Tab. 3.6 Električni i termički stepeni korisnosti, opsezi snaga mikroturbina (preuzeto i dorađeno iz Peche et al, 2007)

Parametar	Capstone Turbine Corporation	Turbec AB	Elliot Energy Systems	Bowmann Power Systems	IR Energy Systems
P _e , kW _e	30-200	105	100	80	70/250
P _t , kW _t	70-345	167	172	216	-
η _e , %	25-33	30	29	15-22	28-30
η _u , %	85-92	78	>75	75-80	-

P_e– električna snaga; P_t– termička snaga; η_e– električni stepen korisnosti; η_u– ukupni stepen korisnosti.

Ispitivanja mikroturbine *Capstone CR 65* pokazala su da stepeni električne korisnosti variraju u zavisnosti od opterećenja turbine. Pri parcijalnim opterećenjima postižu se



električni stepeni korisnosti 18,8 do 24,4 %, a pri nominalnom opterećenju 25,8 % (Bekker i Oechsner, 2010). Pri nominalnom opterećenju postignuti su i minimumi emisija CO i NO_x u produktima sagorevanja. Model mikroturbine istog proizvođača, *Capstone CR 200*, postiže električne stepene korisnosti do 33 %.

Termički stepeni korisnosti turbine *Capstone CR 65* su u intervalu 68,6 do 70,7 % (Bekker i Oechsner, 2010). Visoki termički stepeni korisnosti postignuti su direktnim iskorišćenjem toplotne energije produkata sagorevanja za proces sušenja, bez korišćenja razmenjivača toplote. Kada se koristi razmenjivač za zagrevanje tople vode u sistemu grejanja, zbog gubitaka energije, termički stepeni korisnosti su između 50 i 55 %. Za pripremu biogasa, tj. za njegovo prečišćavanje i komprimovanje potrebno je dodatno uložiti oko 10 % primarne energije goriva (Pöschl et al, 2010).

Investicije, troškovi

Specifične investicije za mikroturbine na biogas više su nego za gasne motore, a pad cena očekuje se nakon veće rasprostranjenosti na tržištu. Radni vek ovih turbina je 80.000, a generalna popravka nakon 40.000 h u pogonu. Redovno održavanje potrebno je nakon 6.000 ili 8.000 h, u zavisnosti da li se koriste vazdušni ili uljani ležajevi. Zamena filtera za vazduh i mlaznica za gorivo je nakon 4.000 h pogona. Podaci o investicijama i troškovima za mikroturbine prikazani su u tab. 3.7. Prikazane investicije, osim za model C50, su za osnovnu opremu, bez troškova ugradnje.

Tab. 3.7 Investicije i troškovi mikroturbina na biogas (dorađeno iz Peche et al, 2007)

Model	Snaga, kW _e	Investicija, €	Specifična investicija, €/kW _e
Capstone C30	30	51.400	1.720
Capstone C65	65	91.900	1.530
Capstone C50	50	130.000	2.160
Capstone C200	200	np	np
Vrsta troška			
		Iznos	
Troškovi generalne popravke		12.300-15.100 €	
Investicija za kompresor		3.500-11.000 €	
Specifični troškovi održavanja		0,32-0,41 ct/h	
Troškovi ugradnje modela C30		12.000 €	

np– nema podataka

Prednosti

- Visoki termički stepeni korisnosti,
- širok spektar mogućnosti iskorišćenja otpadne toplote,
- pouzdanost u radu, mala potreba za održavanjem,
- niske koncentracije štetnih gasova CO i NO_x u produktima sagorevanja,
- kompaktnost i nizak nivo buke.

Nedostaci

- Niski električni stepeni korisnosti, ali uz tendenciju povećanja unapređenjem tehnologije,
- znatno smanjenje električnog stepena korisnosti pri parcijalnim opterećenjima,
- visoke investicije.

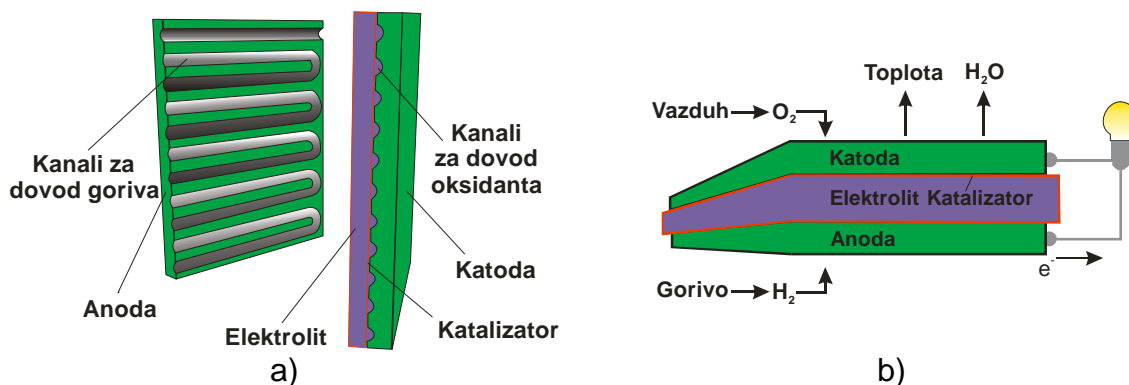
3.2.4 Gorive ćelije

Gorive ćelije su elektrohemijski pretvarači energije. U njima se hemijska energija goriva direktno pretvara u električnu energiju, bez procesa sagorevanja. Zbog toga gorive ćelije imaju prednost nad tradicionalnim sistemima za proizvodnju energije u vidu smanjenja emisije štetnih gasova. Korišćenje gorivih ćelija ima još niz prednosti, ali zato što ne postoji tržišna zrelost cene su još uvek visoke.

Princip rada

Sastavni delovi i princip rada gorive ćelije šematski su prikazani na sl. 3.10. Princip rada gorivih ćelija uporediv je s obrnutim procesom hidrolize vode. U procesu učestvuju gorivo (najčešće vodonik), oksidant (okolni vazduh ili čist kiseonik), a kao produkti dobijaju se voda, električna i toplotna energija. Osnovni delovi gorive ćelije su elektrolit, elektrode (anoda i katoda) i katalizator. Anoda ima ulogu da u kanalima obezbedi kontakt između molekula vodonika i katalizatora, pri čemu vodonik oksiduje tako da nastaju pozitivni joni vodonika i elektroni. Elektrolit je dizajniran tako da propušta jone vodonika do katode, ali ne i elektrone. Nastali elektroni se preko anode sprovode do spoljašnjeg strujnog kruga (potrošača električne energije). Katodom se provode elektroni po povratku iz spoljašnjeg strujnog kruga i u kanale se dovodi kiseonik u kontakt sa katalizatorom. Katalizator je specijalan materijal koji obezbeđuje reakciju jona vodonika, elektrona i kiseonika (nastajanje vode). Ova reakcija je egzotermna, odnosno generiše se toplotna energija.

Treba imati u vidu da je princip rada prikazan za PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) tip gorive ćelije. Za druge tipove gorivih ćelija važe druge hemijske reakcije, ali se na kraju dobijaju isti produkti (voda, ugljen-dioksid, električna i toplotna energija).



Sl. 3.10 Šematski prikaz a) sastavnih delova i b) principa rada gorive ćelije

Tipovi gorivih ćelija

Gorive ćelije se klasifikuju na više načina, a najčešće prema vrsti elektrolita. To su: *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC), *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC), *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC), *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Postoje i drugi tipovi gorivih ćelija, ali su ovde prikazani oni u kojima može da se primeni biogas.

Osim kompatibilnosti, kao kriterijum za odabir gorive ćelije za korišćenje biogasa su snaga koju je moguće ostvariti, radna temperatura, osetljivost na nečistoće u gorivu, cena, vreme u pogonu (kratkoročno ili dugoročno).

Biogas pre korišćenja u gorivim ćelijama mora da se prečisti da zbog smanjenja negativnog uticaja štetnih materija i povećanja efikasnosti pretvaranja energije. Zato se u



nekim tipovima gorivih ćelija koristi čist vodonik. Kod tipova gorivih ćelija koje imaju visoke radne temperature (MCFC i SOFC), može da se ostvari reformiranje vodonika iz biogasa u samoj gorivoj ćeliji. PAFC je najviše razvijen tip, većinom se koristi za prirodni gas, ali ima nizak električni stepen korisnosti.

Tab. 3.8 Kompatibilnost gorivih ćelija s određenim vrstama biogoriva (Baaske and Trogisch, 2004)

Izvor goriva	Tip gorive ćelije			
	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
Gasifikacija biomase	(+)	+	+++	+++
Metan iz deponijskog gasa	(+)	+	+++	+++
Metan iz biogasa	(+)	+	+++	+++
Bioetanol	+	+	+++	+++

+++ Snažna kompatibilnost; + Dobra kompatibilnost; (+) Slaba kompatibilnost.

Stepeni korisnosti, opsezi snaga

Većina tipova gorivih ćelija imaju viši električni stepen korisnosti od postrojenja zasnovanih na termodinamičkom ciklusu. Kada se kao gorivo koristi vodonik, a kao oksidant čist kiseonik, električni stepen korisnosti dostiže i 60 %, a inače je 40 do 50 %. Električni stepeni korisnosti razlikuju se za pojedine vrste gorivih ćelija, kao i radne temperature na kojima se proces odvija (tab. 3.9).

Tab. 3.9 Električni stepeni korisnosti i radne temperature pojedinih vrsta gorivih ćelija

	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
Električni stepen korisnosti, %	50 – 60	40	50 – 60	50 – 60
Radna temperatura, °C	80 – 90	200 – 250	650	800 – 1.000

U MCFC i SOFC tipu gorivih ćelija proizvodi se toplotna energija na temperaturnom nivou, koji može da se iskoristi za proizvodnju pare. Proizvedena para može da se iskoristi za dodatnu proizvodnju električne energije (vidi 3.2.5), a druga mogućnost jeste da se para upotrebi za neki tehnološki proces i nakon toga za zagrevanje vode u sistemu grejanja. U PEMFC tipu dobija se temperatura 80 do 90 °C, što ograničava korišćenje toplotne energije samo za zagrevanje vode u sistemu grejanja. Ukoliko se iskoristi celokupna preostala količina toplotne energije, ukupni stepen korisnosti dostižu 80 do 90 %.

Mogućnost razvijanja određene snage u gorivoj ćeliji u najvećoj meri zavisi od tipa same gorive ćelije. Opsezi električnih snaga za tipove gorivih ćelija u kojima je moguće da se primeni biogas dati su u tab. 3.10. Ove vrednosti treba prihvatiti sa rezervom, pošto se ova tehnologija još uvek razvija, te se i opsezi snaga menjaju.

Tab. 3.10 Opsezi snaga koje pokrivaju određeni tipovi gorivih ćelija

	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
Opseg snage	100 W-500 kW	do 10 kW	do 100 kW	do 100 kW

Investicije, troškovi

Upotreba gorivih ćelija nije u potpunosti komercijalizovana, proizvode se u malim serijama, pa je zato i njihova cena visoka. Goriva ćelija tipa PAFC košta oko 3.200 €/kW_e. Investicija za MCFC iznosi 960 do 1.200 €/kW_e, a za SOFC od 800 do 1.200 €/kW_e, dok za PEMFC investicija je 800 €/kW_e.

Cena proizvedenog vodonika iznosi 1,5 do 2,2 €/kg ili oko 0,055 €/kWh primarne energije. Tome treba dodati troškove komprimovanja i skladištenja vodonika.

Prednosti

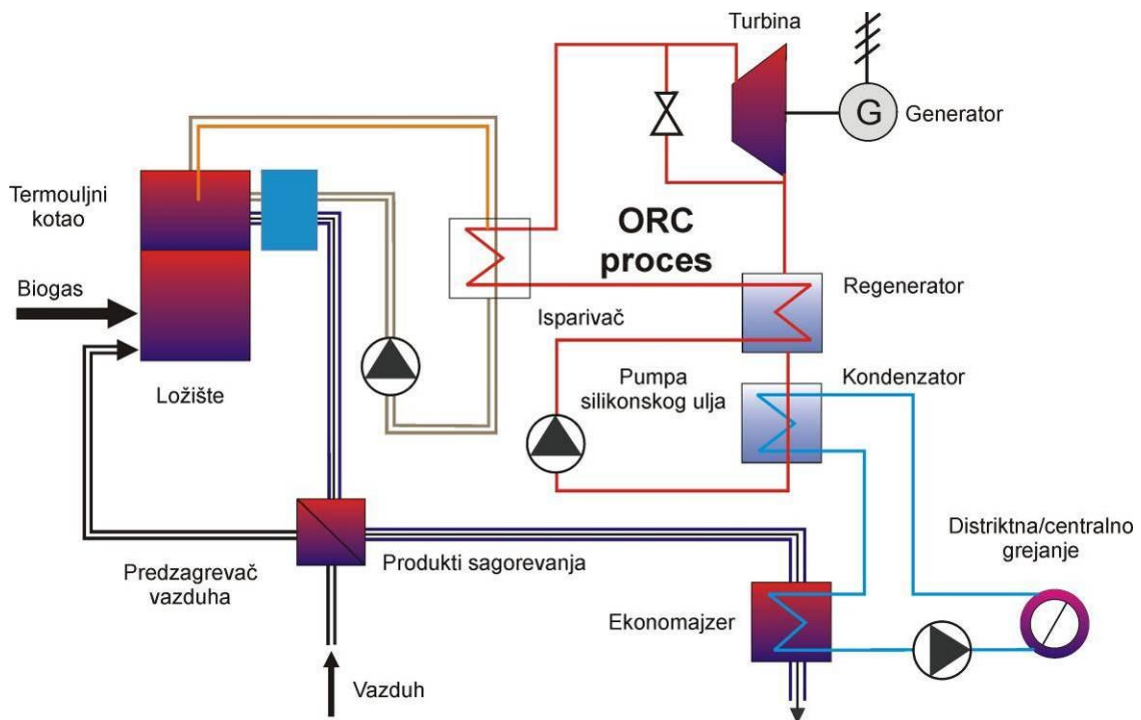
- Visoki električni stepeni korisnosti, uz mogućnost dodatne proizvodnje električne energije,
- niske emisije štetnih materija i gasova, produkt reakcije su H₂O i CO₂,
- nema rotirajućih delova – niska bučnost i malo potrošnih materijala.

Nedostaci

- Visoke investicije,
- u fazi demonstracionih projekata,
- visoki troškovi prečišćavanja biogasa i proizvodnje vodonika.

3.2.5 ORC proces za dodatnu proizvodnju električne energije

ORC (*Organic Rankine Cycle*) proces je veoma sličan klasičnom *Rankine-Clausius* procesu, odnosno termodinamičkom procesu u parno-turbinskom postrojenju. Princip se u suštini ne razlikuje, osim što se umesto vode u ORC procesu koristi silikonsko ulje, sl. 3.11.



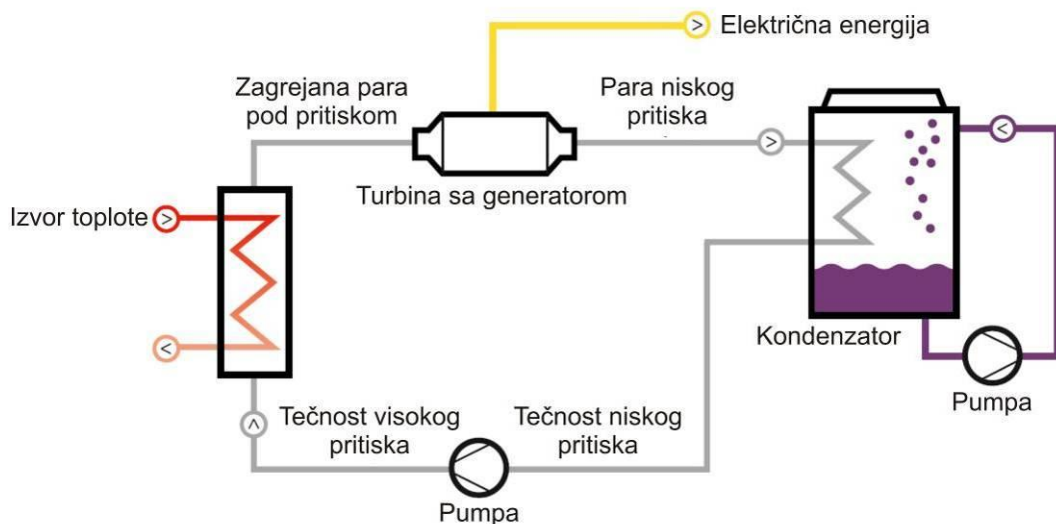
Sl. 3.11 Šema postrojenja s ORC procesom

Osnovni elementi postrojenja su termouljni kotao, turbina sa generatorom električne energije, kondenzator i napojna pumpa. U sastavnom delu postrojenja su i regenerator, ekonomajzer i predzagrejač vazduha za sagorevanje, kojima se povećava ukupan stepen korisnosti postrojenja.

U kotlu se termoulje zagreva na oko 300 °C, koje ima ulogu međumedijsa, da transportuje toplotnu energiju do radnog medijuma. Nakon predaje toplote radnom medijumu, termoulje se hladi do 250 °C i ciklus se ponavlja. Radni medijum je organski fluid – silikonsko ulje, čije korišćenje donosi niz prednosti u odnosu na vodenu paru. Zbog nižeg pritiska u celom sistemu, postrojenje ne potpada pod zakonske mere koje moraju da se preduzimaju za visoke pritiske. Stoga za upravljanje ovim postrojenjem nije neophodna visoka stručna kvalifikacija. Najvažniji su temperaturni i pritiski nivo na kojem može da se koristi, jer poseduje veći toplotni kapacitet od vode. Silikonsko ulje isparava te nakon toga, ekspankira u turbini, te se kondenzuje u kondenzatoru, čim se ciklus organskog fluida zaokružuje.

ORC proces za biogas postrojenja

Firma *Jenbacher GmbH* razvila je koncept kojim se omogućuje veće iskorišćenje otpadne toplotne energije sa biogas postrojenja i dodatna proizvodnja električne energije. Kada ne postoji druga mogućnost, otpadna toplotna energija u produktima sagorevanja iz kogenerativnog postrojenja sa gasnim motorom može da se iskoristi kao izvor toplote za isparivač u ORC postrojenju (sl. 3.12). Ostali delovi postrojenja bitno se ne razlikuju od ORC postrojenja, prikazanog na sl. 3.11. Prikazani modul ipak nije specijalno napravljen za korišćenje otpadne toplotne energije sa biogas postrojenja. Zato je bitno da temperatura produkata sagorevanja ne padne ispod tačke rose, da ne bi došlo do niskotemperaturne korozije.



Sl. 3.12 Šematski prikaz ORC postrojenja za iskorišćenje otpadne toplote sa biogas postrojenja

Električna snaga modula sa ORC procesom je 125 kW, a za nju je potrebna termička snaga izvora toplote 980 kW. To je snaga koju može da obezbedi biogas postrojenje sa snage oko 2 MW_e, jer se oko polovine termičke snage nalazi u produktima sagorevanja. Time se dostiže ukupna električna snaga biogas postrojenja 2.125 kW.

Investicija za ovakav modul je visoka, 350.000 do 400.000 €. Međutim, za biogas postrojenje snage 2.125 kW_e, *feed-in* tarifa iznosi oko 12 ct/kWh_e (vidi 7.2.3), a godišnja



količina električne energije koja bi mogla dodatno da se proizvede ORC modulom je oko 1 GWh_e. Time bi se ostvario dodatni prihod od prodaje električne energije od oko 120.000 €, pa je gruba procena za vreme povrata ove dodatne investicije tri do četiri godine. Primena ovog modula je samo na većim postrojenjima (preko 2 MW_e).

3.3 Korišćenje u trigeneraciji

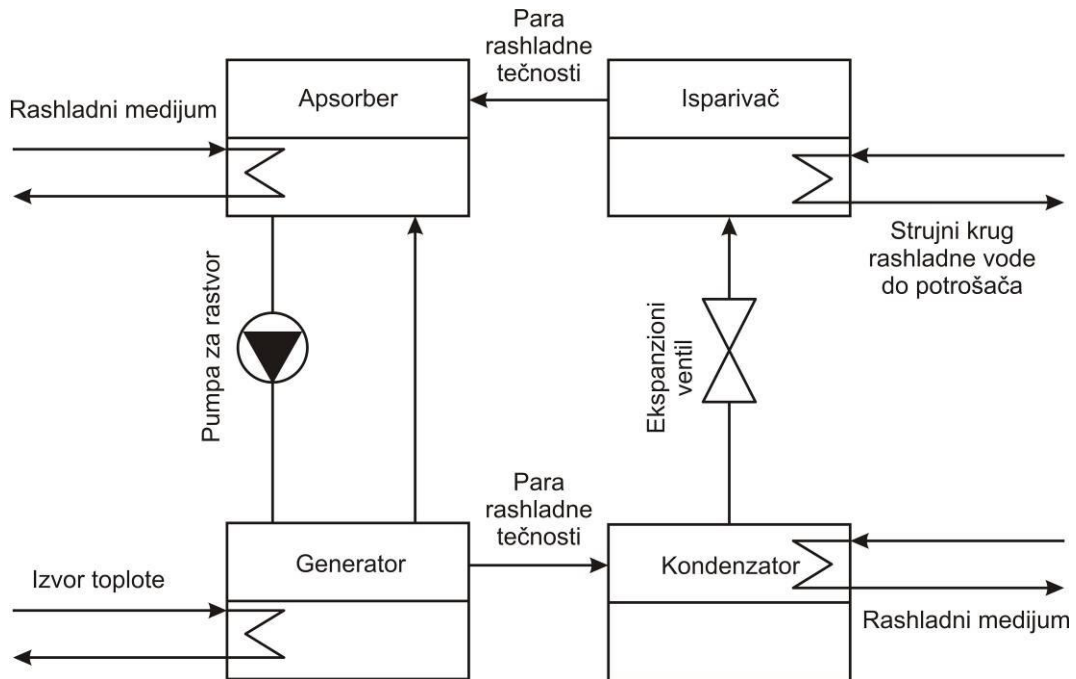
Prilikom korišćenja biogasa u kogeneraciji, električna energija se kontinualno proizvodi i isporučuje u javnu električnu mrežu. Proizvodnja toplotne energije prati proizvodnju električne, ali njeno kontinualno korišćenje se u praksi veoma retko ostvaruje. U većini slučajeva se, preostala toplotna energija, nakon zagrevanja fermentora, koristi za grejanje radnih ili stambenih prostorija. U letnjim mesecima preostaje neiskorišćena toplotna energija, koja mora da se preda okolini vazдушnim hladnjakom. U kojoj meri se toplotna energija iskoristi, može da bude odlučujući faktor za isplativost rada biogas postrojenja. Zbog toga se razmatra mogućnost iskorišćenja toplotne energije i u letnjim mesecima za hlađenje, odnosno u trigeneraciji (spregnuta proizvodnja električne, toplotne i rashladne energije). Time se produžava rad kogenerativnog postrojenja u toku godine, odnosno povećava se ukupni stepen korisnosti.

Apsorpcione rashladne mašine nisu novo tehničko rešenje, ali je primena za trigeneraciju na biogas postrojenjima još uvek neraširena, zbog visokih investicija.

Princip rada

Pretvaranje toplotne energije u rashladnu postiže se u apsorpcionim rashladnim mašinama („čilerima“). Identičan princip rada ranije se koristio kod starih frižidera, a šematski je prikazan na sl. 3.13. Za proizvodnju rashladne energije potrebno je da se koriste dve vrste tečnosti, rashladna i apsorpciona. U toku jednog ciklusa, apsorpciona tečnost apsorbuje rashladnu, a nakon toga se ponovo razdvajaju. Za temperature hlađenja iznad 0 °C, koristi se kombinacija tečnosti voda/litijum-bromid (rashladna/apsorpciona), a za temperature do -60 °C kombinacija amonijak/voda (rashladna/apsorpciona).

U generatoru se odvija razdvajanje apsorpcione i rashladne tečnosti. Korišćenjem otpadne toplotne energije kogenerativnog postrojenja, rastvor se zagreva i rashladno sredstvo isparava, jer ima nižu temperaturu isparavanja. Nakon toga para rashladnog sredstva dospeva u kondenzator, a rastvor siromašan rashladnom tečnošću odlazi u apsorber. U kondenzatoru se rashladna tečnost pothlađuje rashladnim medijumom i kondenzuje, a nakon toga ekspandira u ekspanzionom ventilu na željenu temperaturu i pritisak. Isparivač predstavlja ključni deo rashladne mašine, u kojoj se odvija proizvodnja rashladne energije. Kroz isparivač protiče strujni krug rashladne vode koju koristi potrošač rashladne energije. Pošto je rashladna tečnost ekspandirala, temperatura rashladne vode u povratnom vodu je dovoljno visoka za isparavanje rashladne tečnosti. Na osnovu latentne toplote isparavanja rashladne tečnosti, rashladna voda se hladi i može da je upotrebi potrošač rashladne energije. Para rashladne tečnosti odlazi do apsorbera, u kojem se ona pothlađuje rashladnim medijumom, kondenzuje i ponovo apsorbuje u apsorpcionoj tečnosti. Time je zaokružen ciklus apsorpcione mašine.



Sl. 3.13 Šematski prikaz funkcionisanja apsorpcione rashladne mašine

Prednosti i nedostaci

Prednost korišćenja apsorpcionih rashladnih mašina u odnosu na kompresorske, je ta što je jedini mehanički pokretni deo pumpa za rastvor. Time je smanjeno trošenje delova mašine i potreba za njihovim održavanjem. Dodatna prednost je veoma mala potrošnja električne energije za pogon, u poređenju sa kompresorskim rashladnim mašinama.

Primeri iz prakse

Za korišćenje konvencionalnih apsorpcionih mašina na biogas postrojenjima ipak postoji tehničko ograničenje, jer su temperature rashladne tečnosti gasnog motora za ovu namenu niske. Nemačka firma *EAW Energieanlagenbau GmbH* rešila je ovaj problem i proizvodi apsorpcione rashladne mašine snage 5 do 200 kW. Na primer, za biogas postrojenje primarne snage 100 kW, električna i termička snaga postrojenja su 40 kW i 50 kW, respektivno. Nadogradnjom postrojenja za proizvodnju i rashladne energije, može da se proizvede 37 kW rashladne snage (stepen korisnosti 75 %). Investicije za ovakvo postrojenje su 600 do 1.200 €/kW rashladne snage.

U Nemačkoj se na šest biogas postrojenja koriste čileri firme *EAW*. Ovde su navedena dva primera primene apsorpcionih rashladnih mašina za hlađenje mleka, a preuzeti su iz članka magazina *Profi* (Anonim, 2009h).

Prvo biogas postrojenje je snage 500 kW_e, a rashladne 150 kW. Investicija je iznosila oko 210.000 €, sa svom potrebnom opremom. Rashladna energija se iskoristila za hlađenje na 12 °C oko 17.000 l mleka dnevno koje se proizvodi na istoj farmi. Postrojenje je u pogonu oko 5.500 h godišnje (2/3 godine). Pre instaliranja čilera, koristilo se konvencionalno hlađenje kojim se mleko hladilo na 4 do 6 °C. Međutim, ovde se koristi kombinacija tečnosti litijum-bromid/voda, pa je temperatura rashladne tečnosti 6 do 10 °C. Time se omogućuje hlađenje mleka na 10 do 13 °C, a dodatno hlađenje na temperaturu oko 5 °C postiže se kompresorskim rashladnim mašinama. Iskorišćenjem otpadne toplote sa biogas postrojenja ostvarila se ušteda oko 2/3 električne energije, koja se prvobitno



koristila za pogon kompresorskih rashladnih mašina. Rashladna energija se koristi još i za hlađenje staja za muzne krave i za hlađenje žitarica.

Na drugom biogas postrojenju koristi se apsorpciona mašina snage 50 kW, koja je godišnje u pogonu oko 4.200 h. Investicija je iznosila 50.000 €, a subvencionisana je zbog statusa pilot postrojenja. Rashladna energija se akumulira u akumulatoru hladne vode zapremine 5.000 l, i koristi za hlađenje 5.000 l mleka dnevno na 9 °C. Farma time uštedi oko 2.000 €, zbog smanjenih troškova za električnu energiju.

Primenom apsorpcionih rashladnih mašina na biogas postrojenjima smanjuju se pogonski troškovi za električnu energiju za potrebe hlađenja na farmi. Ipak, investicije za apsorpcione rashladne mašine su visoke, a isplativost treba dobro da se proveriti za svaki pojedinačan slučaj. Preduslov za pozitivne finansijske efekte su veliko iskorišćenje rashladne energije (prvi primer), ili subvencionisanje investicije (drugi primer).

3.4 Korišćenje biogasa u proizvodnji toplotne energije

Korišćenje biogasa za proizvodnju samo toplotne energije tehnički je najjednostavnija. Međutim, definisanjem *feed-in* tarifa u većini razvijenih zemalja, ovaj vid primene je izgubio na značaju. Razlog su visoke investicije za izgradnju biogas postrojenja, a niski prihodi koji se ostvaruju prodajom toplotne energije ili uštede koje se ostvaruju zamenom drugog energenta. Cena električne energije, prema *feed-in* tarifi, je 12 do 16 ct/kWh, a toplotne 3,5 do 5 ct/kWh. Ovaj vid upotrebe može da bude primenjiv na malim biogas postrojenjima izgrađenim na porodičnim gazdinstvima. Druga perspektivna vrsta primene je u industriji, kada se prečišćavanjem otpadnih voda proizvodi biogas. Proizvedeni biogas se koristi za procesne potrebe u istom pogonu, a zamenjuje se drugi energent (dva primera su prikazana u potpoglavlju 4.7).

Kod ovog vida primene, biogas se sagoreva u kotlovima ili pećima, koja inače koriste npr. prirodni gas. U slučaju da se biogas ne prečišćava, potrebno je da se gorionici prilagode zbog korozivnog dejstva H₂S. To se postiže npr. zamenom delova od obojenih metala delovima od čeličnih legura otpornim na koroziju. Primenuju se dve vrste gorionika, atmosferski i kompresorski (Anonim, 2006). Kod atmosferskog se okolni vazduh usisava iz okoline upotrebom ventilatora. Potrebni pritisak biogasa je oko 8 mbar, koji se postiže procesom u fermentoru. Kod kompresorskih gorionika, okolni vazduh takođe se usisava pomoću ventilatora, a natpritisak biogasa od 15 mbar postiže se korišćenjem posebnog kompresora.

3.5 Korišćenje kao goriva za transport

Korišćenje biogasa kao goriva za transport, zastupljena je od devedesetih godina prošlog veka u Švedskoj i Švajcarskoj, a od 2006. i u Nemačkoj. Potencijalne prednosti koje mogu da se ostvare ovim načinom korišćenja biogasa su znatno smanjenje emisija i niži troškovi goriva. Nasuprot tome, nabavna cena vozila sa gasnim motorima je viša ili je potrebno dodatno da se investira u prepravku postojećeg motora u vozilu. Potencijalno su viši i troškovi održavanja. Na kraju ovog potpoglavlja prikazaće se jedan primer proizvodnje biogasa iz organskog otpada u Švedskoj i korišćenja kao goriva za transport.



Potreban kvalitet biogasa

Da bi se biogas koristio za transport, u motornim vozilima, potrebno je da biogas ima određeni kvalitet. Prečišćeni biogas mora da ima veću toplotnu moć da bi se prelazila duža transportna rastojanja (zbog ograničenog kapaciteta rezervoara), da ima zadovoljavajući i konstantan kvalitet da bi se obezbedila sigurna vožnja i propisno sagorevanje, da se spreči korozija, da ne sadrži mehaničke čestice koje mogu da oštete delove motora. Zato se biogas prečišćava od CO₂, H₂S, NH₃, H₂O i mehaničkih čestica. Prečišćeni biogas često se naziva i "biometan", a sadržaj metana treba da bude preko 90 % (zavisi od države gde se primenjuje). U tab. 3.11 prikazane su propisane vrednosti švedskim standardom za korišćenje biogasa u transportu (SS 15 54 38, *Motor fuels – Biogas as fuel for high-speed otto engines*). Pri tome, *Standard A* važi za motore bez, a *Standard B* za motore sa kontrolom koeficijenta viška vazduha.

Tab. 3.11 Izvod iz švedskog standarda za korišćenje biogasa u transportu

Sastojak	Jedinica	Standard A	Standard B
Metan (CH ₄)	% (v/v)	96-98	95-99
Voda (H ₂ O)	mg/Stm ³	< 32	< 32
Kiseonik (O ₂)	% (v/v)	< 1	< 1
Ukupni sumpor	mg/Stm ³	< 23	< 23

Tipovi motora

Biogas može da se koristi na isti način i u istim vozilima koja su fabrički izrađena da koriste prirodni gas. Osim toga, moguće je da se preprave benzinski i dizel motori. Potrebno je i da se ugrade rezervoari za komprimovani biogas i sistemi za njegovo dopremanje. Biogas se u rezervoarima skladišti na pritisku 200 do 250 bara.

Benzinski motori se koriste kao motori sa dvojnim gorivom („bi-fuel“), što znači da mogu da se pogone na benzin ili na biogas. Dizel motori koji koriste biogas su „dual fuel“, a dizel gorivo koriste za inicijalno paljenje smeše sa biogasom, jer nemaju svećice (princip isti kao i prilikom korišćenja dizel motora s inicijalnim paljenjem u kogeneraciji). Udeo dizel goriva koji se koristi za inicijalno paljenje je 10 do 30 %. Korišćenjem ovih motora, postiže se smanjenje emisija (sagorevanjem biogasa umesto dizel goriva), a zadržava se trajnost i efikasnost kao kod dizel motora.

Oblast primene

Širom sveta, više od 50 proizvođača proizvode oko 250 modela putničkih i teretnih vozila na prirodni gas. Ova vozila pogodna su da koriste biogas kao gorivo. Oblast primene je najviše u gradskom prevozu, gde se autobusi koji koriste dizel gorivo zamenjuju autobusima na prirodni gas i koriste „biometan“ (prečišćeni biogas).

Vozila na biogas imaju znatne prednosti u pogledu zaštite životne sredine, u poređenju sa vozilima koja koriste benzin ili dizel gorivo. Smanjuju se emisije CO₂, NO_x, nesagorelih ugljovodonika, čestica i čađi, čak i u poređenju sa najsavremenijim *Otto* i dizel motorima.

Zbog visokih troškova prečišćavanja do kvaliteta prirodnog gasa (navedeno u 3.6), korišćenje biogasa kao goriva za transport ne primenjuje se na poljoprivrednim biogas postrojenjima. Još jedan od zahteva zbog visine investicije za opremu za prečišćavanje jeste da dnevna produkcija biogasa bude minimum 2.500 m³ (Anonim, 2006). Primena je najpraktičnija na biogas postrojenjima čiji je primarni cilj prerada industrijskog otpada ili



komunalnih otpadnih voda, kada ne postoji drugi način da se proizvedeni biogas iskoristi. To će biti prikazano u narednom primeru.

Još jedna mogućnost za korišćenje biogasa, kao goriva za transport, jeste u ruralnim oblastima. Ukoliko se ne iskoristi u kogeneraciji, proizvedeni biogas može da se skladišti na niskom pritisku i koristi npr. za pogon traktora, čiji su motori prepravljani da koriste biogas. Uklanjanje CO₂ ovde ne bi bilo obavezno, ali problem predstavlja skladištenje biogasa pre upotrebe u traktorima, za koji treba predvideti rezervoar.

Primer

U Linköping-u, u Švedskoj, izgrađeno je biogas postrojenje za preradu organskog otpada iz grada i okoline. Osim zbrinjavanja otpada, cilj je bio i da se smanje emisije iz saobraćaja, korišćenjem alternativnog goriva. Proizvedeni biogas koristi se u gradskim autobusima i teretnim vozilima, ali i u putničkim vozilima (privatni automobili, taksi prevoz, dostavna vozila).

Godišnje se preradi oko 45.000 t organskog otpada, od čega 2.000 t svinjskog i goveđeg stajnjaka, 30.000 t klaničnog otpada i 6.000 t otpada iz prehrambene industrije, a ostalo je organski otpad iz domaćinstava. Godišnje se proizvede oko 5 miliona Stm³ prečišćenog gasa (97 % CH₄). Pošto se pre anaerobnog tretmana primenjuje pasterizacija, ostatak fermentacije može bezbedno da se distribuira po poljoprivrednim površinama. Godišnja količina je 52.000 t i veća je od mase unetih supstrata, pošto se dodaje i voda.

Proizvedeni biogas se transportuje gasovodom do jedne veće gasne stanice za gradske autobuse i do dvanaest manjih gasnih stanica za privatna vozila. Tu se biogas pre točenja komprimuje na 250 bar.

Ovo biogas postrojenje je dobar primer za korišćenje biogasa u transportu, a rešilo se i nekoliko problema u vezi sa zaštitom životne sredine. Godišnje se uštedi 9.000 t CO_{2eq}, a zamenjuje se i mineralno đubrivo.

3.6 Utiskivanje u mrežu prirodnog gasa

Utiskivanje u mrežu prirodnog gasa primenjuje se prvenstveno da se omogući što veće iskorišćenje primarne energije biogasa. To se postiže najčešće njegovim iskorišćenjem ne na mestu proizvodnje (lokacija biogas postrojenja), već gde može najviše da se iskoristi preostala toplotna energija. Za transport biogasa koristi se mreža prirodnog gasa. Time se povoljno utiče na ekonomske pokazatelje, ali je potrebno da se biogas prečisti, što zahteva dodatne investicije.

Oblast primene

Pošto je prečišćavanje skupo, utiskivanje biogasa se ne isplati za drugo korišćenje, osim u kogeneraciji. Za korišćenje biogasa u kogeneraciji, cilj je da se u što većoj meri iskoristi preostala toplotna energija, nakon proizvodnje električne. Većina biogas postrojenja nalazi se udaljeno od stambenih i industrijskih zona. Zato postoji problem iskorišćenja toplotne energije. Izgradnja cevovoda za daljinsko grejanje do udaljenih potrošača toplotne energije nije isplativa, zbog malih kapaciteta biogas postrojenja. Sa druge strane, u slučaju da se biogas postrojenje izgradi u neposrednoj blizini potrošača toplotne energije, problem su visoki transportni troškovi supstrata.



Potencijalno rešenje za ovaj problem predstavlja utiskivanje biogasa u mrežu prirodnog gasa. To znači da bi se biogas proizvodio na mestu nastanka sirovina, a za kogeneraciju koristio na udaljenoj lokaciji, gde postoji mogućnost većeg iskorišćenja preostale toplotne energije. Biogas postrojenje sadrži sve potrebne elemente, osim kogenerativnog postrojenja, a potrebno je i da sadrži postrojenje za prečišćavanje.

Preduslovi

Za utiskivanje biogasa u mrežu prirodnog gasa, potrebno je da se obezbede tehnički, pravni i ekonomski preduslovi. U blizini biogas postrojenja i mesta iskorišćenja biogasa treba da postoji gasna mreža. Pošto se biogas ne koristi na lokaciji gde se i proizvodi, procesna električna i toplotna energija moraju da se obezbede na drugi način. Električna energija mora u potpunosti da se obezbedi iz javne električne mreže, a procesna toplotna npr. u posebnom kotlu za grejanje. Alternativna mogućnost jeste i da se instalira kogenerativno postrojenje dovoljne električne i termičke snage za pokrivanje procesnih potreba.

Pravni uslovi odnose se na potrebnu dozvolu da se biogas utiskuje u mrežu prirodnog gasa. Da bi se to ostvarilo, biogas mora da se prečišćava do kvaliteta prirodnog gasa (posebno definisano u svakoj zemlji gde se ova tehnologija primenjuje). Prečišćavanje je obavezno najviše iz razloga da se poznaje energetski sadržaj gasa koji se utiskuje, pošto udeo metana može značajno da varira u zavisnosti od vrste supstrata. Ekonomski preduslovi podrazumevaju da je primena ove tehnologije isplativa, a to je posebno obrađeno u daljnjem tekstu.

Investicije, troškovi, isplativost

U tab. 3.12 prikazane su investicije za postrojenja za prečišćavanje biogasa dva nemačka proizvođača. Podaci su dati za dva različita kapaciteta prečišćavanja sirovog biogasa, odnosno za ekvivalentne električne kapacitete kogenerativnih postrojenja sa motorima SUS. Iz navedenog, može da se zaključi da je dodatna investicija za postrojenje za prečišćavanje veoma visoka. Iznose trećinu ili čak polovinu od investicije za celo biogas postrojenje, kada bi se biogas koristio u kogeneraciji na mestu proizvodnje.

Tab. 3.12 Visine investicija postrojenja za prečišćavanje biogasa

Proizvođač	Kapacitet, Stm³/h	Snaga postrojenja, kW_e	Investicija, mil €
Bebra Biogas GmbH	228	500	1,2
HAASE Energietechnik AG	456	1.000	1,5

Zbog visoke investicije i visokih troškova za prečišćavanje biogasa do kvaliteta prirodnog gasa, koncept utiskivanja u mrežu prirodnog gasa je neisplativ, čak i pri visokim *feed-in* tarifama. U Nemačkoj, gde se primenjuje ova tehnologija, ovaj problem je prevaziđen definisanjem posebnog bonusa. Za proizvedenu i isporučenu električnu energiju iz biogasa, kada se primenjuje utiskivanje u mrežu prirodnog gasa, predviđen je i bonus za nove tehnologije. Za svaki isporučeni kWh električne energije bonus iznosi 2 ct za kapacitet prečišćavanja biogasa do 350 Stm³/h, a 1 ct za veće kapacitete. Bonusima se na taj način posebno podstiče energetski efikasnije korišćenje biogasa, pošto je omogućeno veće iskorišćenje toplotne energije.



Primer

U Pliening-u, u Nemačkoj izgrađeno je veliko biogas postrojenje za utiskivanje biogasa u mrežu prirodnog gasa. Godišnji kapacitet prečišćavanja je 3,9 miliona Stm^3 biometana (40 miliona kWh, zadovoljava potrebe 1.300 četvoročlanih porodica). U proseku se ostvaruje časovni učinak prečišćavanja sirovog biogasa od 920Stm^3 .

Za proizvodnju biogasa koristi se oko 35.000 t čvrstih supstrata (mešavina silaže kukuruza i silaže cele biljke drugih biljnih vrsta). Od prečišćavanja se primenjuje desumporizacija i uklanjanje vodene pare. Uklanjanjem CO_2 sirovi biogas se prečišćava sa oko 53 na 96 % udela čistog CH_4 .

Biometan preuzima komunalno preduzeće iz Minhena, a koristi se u dva kogenerativna postrojenja firme *EON*, koja je i izgradila biogas postrojenje. Proizvedena električna energija isporučuje se u javnu električnu mrežu po povlašćenim cenama, uz dodatni bonus zbog utiskivanja u mrežu prirodnog gasa. Veliki udeo preostale toplotne energije iskoristi se za potrebe grejanja stambenog prostora i za zagrevanje sanitarne vode.

3.7 Zrelost tehnologija

Na osnovu pregleda tehnologija za korišćenje biogasa, može da se zaključi da je najbolje da se biogas koristi u kogeneraciji. Razlog je zato što postoje podsticajne cene za isporučenu električnu energiju u javnu električnu mrežu, *feed-in* tarife. Plasman toplotne energije dodatno doprinosi isplativosti rada biogas postrojenja. Kogenerativno postrojenje sa motorom SUS je zrela tehnologija, postoji mnogo proizvođača na tržištu i primenjuje se dugi niz godina na biogas postrojenjima. Prednost u poređenju sa drugim tehnologijama jeste visok električni stepen korisnosti, što je veoma bitno, jer se većina prihoda biogas postrojenja ostvaruje prodajom električne energije. Još jedna prednost su niske cene investicije. Preporučuje se korišćenje ove tehnologije na biogas postrojenjima u Vojvodini.

Ostale prikazane tehnologije za korišćenje biogasa u kogeneraciji imaju znatno niže električne stepene korisnosti. Takođe, investicije su više nego za kogenerativna postrojenja sa motorima SUS. Razlog je nedovoljna tržišna zrelost i to što se proizvode u malim serijama. Primena ORC postrojenja za dodatnu proizvodnju električne energije korišćenjem toplotne energije produkata sagorevanja motora SUS može pozitivno da utiče na ekonomske pokazatelje rada, ali može da se primeni samo na većim biogas postrojenjima.

Korišćenje biogasa u trigeneraciji može u Vojvodini da nađe primenu, na primer, za hlađenje mleka na farmama koje ga proizvode. Trebalo bi da se proverí svaki pojedinačni slučaj, te oceni tehnička i ekonomska izvodljivost.

Proizvodnja samo toplotne energije iz biogasa se ne isplati, jer osim investicije za kogenerativno postrojenje, biogas postrojenje košta jednako, a ostvaruju se znatno niži prihodi zbog niže cene toplotne energije.

Korišćenje biogasa kao goriva za transport i utiskivanje u mrežu prirodnog gasa moglo bi da se primeni u Vojvodini samo na velikim biogas postrojenjima za prečišćavanje kanizacionih voda i komunalnog otpada. Međutim, postrojenje za prečišćavanje biogasa je skupo, a investicija bi mogla da se isplati samo dobijanjem dodatnih podsticaja. Ova primena može ekonomski da se opravda uzimanjem u obzir da se ovim postrojenjem zbrinjava otpad.



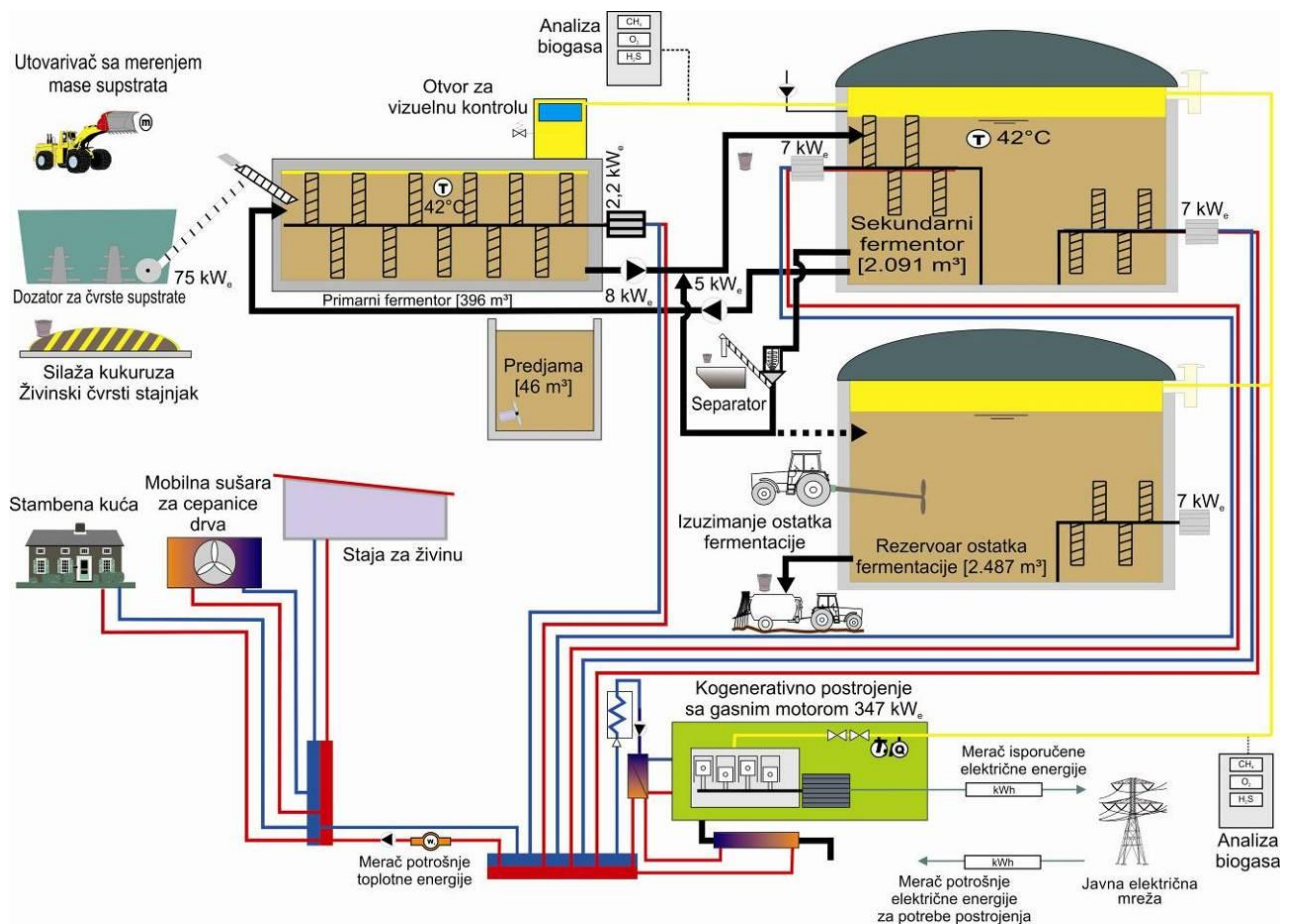
Pošto je ova studija prvenstveno namenjena potencijalnim investitorima u proizvodnju i korišćenje biogasa u poljoprivredi, nadalje će se razmatrati kogeneracija sa motorima SUS, a svi navedeni parametri važiće za ovakvu tehnologiju.

4. PRIMERI DOBRE PRAKSE

U ovom poglavlju prikazani su primeri dobre prakse, biogas postrojenja koja se uspešno koriste u praksi. Cilj je da se prikaže njihova konfiguracija, uslovi u kojima rade, te pozitivni i negativni efekti koji se postižu. Prvih šest primera su poljoprivredna biogas postrojenja, dok su u sedmom potpoglavlju prikazana dva biogas postrojenje za preradu industrijskih otpadnih voda i jedno za preradu komunalnog otpada. Prvi primer je iz Nemačke, koja je lider u oblasti biogas tehnologije u Evropi, pa i u svetu. Ostali odabrani primeri su iz zemalja u okruženju u kojima postoje slični uslovi kao u Srbiji.

4.1 Nemačka

Biogas postrojenje u Geiselhöring-u, u jugoistočnom delu Bavarske, izgrađeno je na poljoprivrednom imanju 2005. godine, po sistemu *ključ u ruke*. Šematski prikaz postrojenja dat je na sl. 4.1.



Sl. 4.1 Šematski prikaz postrojenja

Izgled postrojenja prikazan je na sl. 4.2. U predjama se privremeno skladišti tečni stajnjak, koji se koristi u veoma malom procentu. Zbog toga je prosečan udeo suve mase u unesenim supstratima veoma visok (skoro 40 %), pa se po potrebi dodaje i voda. Većinu supstrata za proizvodnju biogasa čine čvrsti supstrati: silaža kukuruza (74 %) i živinski

čvrsti stajnjak (25 %), a koriste se i male količine silaže žitarica. Čvrsti supstrati skladište se u trenč silosima, a njihovo dodavanje u fermentor odvija se automatski pomoću dozatora za čvrste supstrate (sl. 4.3). Dnevni unos mase svežih supstrata je oko 18,5 t (godišnje oko 6.700 t), a masa se meri na utovarivaču. Proces anaerobne fermentacije se na ovom postrojenju odvija u dva fermentora. Primarni fermentor je horizontalni i pravougaoni, zapremine 396 m³. Sekundarni fermentor (postfermentor) je vertikalni i cilindričan, zapremine 2.091 m³. Rezervoar ostatka fermentacije je po konstrukciji identičan kao postfermentor, a razlika je u tome što se ne zagreva i što mu je zapremina veća (2.487 m³). Svi rezervoari izrađeni su od betona.



Sl. 4.2 Izgled biogas postrojenja:

- a) Predjama za privremeno skladištenje tečnih supstrata;
- b) horizontalni primarni fermentor;
- c) vertikalni postfermentor sa gasnom haubom od folije;
- d) rezervoar ostatka fermentacije sa gasnom haubom za sakupljanje biogasa



a)



b)

Sl. 4.3 a) Trenč silos za živinski čvrsti stajnjak i silaža kukuruza prekrivena folijom;
b) dozator za čvrsti supstrat (silaža kukuruza i živinski čvrsti stajnjak)

Biogas se sakuplja u rezervoaru za ostatak fermentacije i isto kao kod postfermentora, privremeno skladišti u gasnoj haubi izrađenoj od folije. Proizvedeni biogas koristi se u kogenerativnom postrojenju sa jednim gasnim *Otto* motorom, nominalne snage 347 kW_e i 432 kW_t. Kogenerativno postrojenje je u kontejnerskoj izvedbi (sl. 4.4), dobro je dimenzionisano i usklađeno sa proizvodnjom biogasa, pa se u proseku na godišnjem nivou postiže čak 96 % rada nominalnom snagom. Celokupna proizvedena količina električne energije distribuira se u javnu električnu mrežu, a procesna električna energija se po nižoj ceni preuzima takođe iz mreže i iznosi oko 7,5 % od proizvedene količine. Osim za zagrevanje fermentora, toplotna energija koristi se eksterno za zagrevanje

stambene kuće i staje za živinu. Toplotna energija koristi se i za sušenje drvenih cepanica u mobilnoj sušari. Prosečna iskorišćena termička snaga, osim za grejanje fermentora, iznosi 175 kW.



Sl. 4.4 Kogenerativno postrojenje u kontejnerskoj izvedbi

Kapacitet rezervoara za ostatak fermentacije na samom početku rada biogas postrojenja nije bio dovoljan, pošto nije dobro dimenzionisan. Da bi se rešio problem skladištenja, instalirano je postrojenje za separaciju ostatka fermentacije na čvrstu i tečnu fazu. Separacijom se postiglo povećanje udela suve mase u materijalu koji izlazi iz postfermentora sa 6,6 na oko 25 %. Tečna separirana faza vraća se u postfermentor (sl. 4.5a), čime se masa u njemu razređuje, a čvrsta faza odlazi u rezervoar ostatka fermentacije. Pre izuzimanja iz rezervoara ostatka fermentacije i distribuiranja po poljima, masa se homogenizuje mešalicom, koja dobija pogon preko kardanskog vratila traktora.



a)



b)

Sl. 4.5 a) Postrojenje za separaciju na čvrstu i tečnu fazu;
b) priključak za kardansko vratilo (mešanje rezervoara ostatka fermentacije)

4.2 Slovenija

U Sloveniji deluje firma *Keter Group*, čije odeljenje *Organica* (www.keterorganica.com) radi na projektovanju i izgradnji biogas postrojenja. Proizvodnja i korišćenje biogasa u Sloveniji započelo je tako što je jedan od suvlasnika ove firme, gospodin Marjan Kolar, istaknuti poljoprivredni proizvođač, rešio da izgradi biogas postrojenje. Opremu i *Know-How* kupio je u Nemačkoj. Na izgrađenom postrojenju uočeni su brojni nedostaci i potrebe za unapređenjem. To je rezultiralo idejom da se osnuje firma koja bi se bavila razvojem tehnologije proizvodnje i korišćenja biogasa, te da se potencijalnim investitorima u Sloveniji ponudi kompletan inženjering za izgradnju biogas postrojenja po sistemu *ključ u ruke*.

Firma je do sada izgradila četiri, a u gradnji su još četiri biogas postrojenja u Sloveniji. Zainteresovana je za proširenje delovanja, pre svega, u regionu. Očekuje se početak rada na izgradnji jednog postrojenja u Hrvatskoj i jednog u Makedoniji.

Softver za kontrolu i upravljanje procesom na biogas postrojenju kupljen je u Nemačkoj, ali se pokazao kao nepouzdan i sa puno problema u radu. Bilo je neophodno da se često nešto menja, a godišnje su za licencu plaćali oko 26.000 €. U međuvremenu su razvili sopstveni softver, koji je u primeni na više izgrađenih postrojenja.

Feed-in tarifa za električnu energiju u Sloveniji je oko 16 ct/kWh. Zatim će biti prikazan primer jednog biogas postrojenja pod nazivom Gjerkeš 1, u mestu Dobrovnik.

Postrojenje Gjerkeš 1 izgrađeno je uz farmu peradi, a čvrsti stajnjak peradi predstavlja oko 30 % supstrata. Ostalo je silaža kukuruza, miskantusa, sirka i tritikale. Praktikuju se, u zavisnosti od plodoređa, i dve žetve. Na primer, posle tritikale, koja se silira krajem aprila ili početkom maja, seje se kukuruz. Silaža miskantusa ima veći sadržaj suve materije, ali silaža kukuruza ima najviši prinos biogasa po jedinici mase.

Prema navodima vlasnika postrojenja, cena silaže kukuruza u 2010. godini bila je 30 €/t. Ocenjuje da je ta cena nerealno visoka, a posledica je visoke cene zrna kukuruza. Realna cena, kako navodi, bila bi 18 do 25 €/t. Ipak, i s ovako visokom cenom poslovni uspeh bio je pozitivan.



Sl. 4.6 Biogas postrojenje pored stočne farme

Kogenerativno postrojenje je u kontejnerskoj izvedbi, sa dvanaestocilindričnim *Otto* motorom firme *MWM*. Električna snaga postrojenja je 1,1 MW. Svakih 2.000 sati obavlja se redovno održavanje, a generalni remont je planiran nakon 40.000 sati. Radnici iz firme obučeni su za održavanje ovih motora, te ne dolazi ekipa iz Nemačke.

Na imanju se planira instaliranje još jednog kogenerativnog postrojenja iste snage. Pored toga, predviđa se kupovina i trećeg kogenerativnog postrojenja iste snage, koji će biti korišćen dok se na nekom od prvih dva obavljaju popravke ili remont.



Sl. 4.7 Kogenerativno postrojenje u kontejnerskoj izvedbi električne snage 1,1 MW

Termička snaga postrojenja je oko 1,2 MW. Oko 30 % proizvedene toplotne energije koristi se za zagrevanje fermentora i mešača supstrata, a ostatak za grejanje staklenika u kojima se proizvode orhideje (*Ocean Orchids*). U planu je da se primeni i trigeneracija, odnosno hlađenje staklenika u letnjim mesecima.

U firmi *Organica* navode da je na njihovim postrojenjima posebno unapređen mešač za supstrate, u kojem se silaža meša sa stajnjakom i tečnošću, koja se dobija nakon fermentacije. Ovaj mešač osigurava stabilnost procesa anaerobne fermentacije, jer se u njemu masa homogenizuje, predgreva, te takva unosi u fermentor. Predgrevanjem supstrata eliminiše se temperaturni šok, a i skraćuje vreme fermentacije.



Sl. 4.8 Prikaz unutrašnjosti fermentora u izgradnji sa mešalicama i cevima za grejanje

Na postrojenju se primenjuje separacija čvrste i tečne faze ostatka fermentacije, uređajem koji je, takođe, razvila firma *Keter Organica*. Tečna faza recirkuliše se u uređaj za mešanje, a čvrsta se distribuira po poljima. Prema navodima vlasnika, time su prinosi povećani. Od čvrste faze ostatka fermentacije se, takođe, izrađuju peleti. Oni mogu da budu čvrsto gorivo ili đubrivo za biljke.

Na ovom postrojenju su ugrađeni betonski fermentori, sa poliesterskom zaštitom iznutra. *Organica* na novim postrojenjima ugrađuje čelične emajlirane fermentore, od materijala koje proizvodi firma *GLS* iz Austrije.

Mnogo pažnje posvećeno je obezbeđenju pouzdanosti rada postrojenja. Tako pored svakog daljinskog upravljanja ventilima postoji i ručno upravljanje, čime je omogućeno brzo reagovanje u slučaju otkaza.



Sl. 4.9 Kontrolno-upravljačka soba za kontinualno praćenje rada postrojenja

Ukupna investicije bila je oko 6,5 M€ i obuhvata sve troškove. Vek postrojenja je više od 15 godina, ali se neki delovi, kao što je kogenerativno postrojenje, menjaju ranije. Vlasnik je ekonomske efekte ocenio pozitivno, iako je prošla godina bila nepovoljna, zbog visoke cene za nabavku supstrata.

4.3 Hrvatska

Prvo i za sada jedino biogas postrojenje u Hrvatskoj, izgradila je u Ivankovu poljoprivredna zadruga *Osatina* sa sedištem u Semeljcima (www.osatina.hr). Ova privatna zadruga sa 340 zaposlenih poseduje oko 2.300 ha zemlje, a njeni kooperanti obrađuju oko 10.000 ha. Bavi se ratarskom i stočarskom proizvodnjom, veletrgovinom i trgovinom na malo, proizvodnjom stočne hrane i izradom i prodajom sirkovih metli.

Farma ima oko 2.500 grla goveda, što daje oko 500 kW_e. Drugi supstrati su silaža cele biljke kukuruza i otpad silaže zrna kukuruza. Razmatra se i korišćenje silaže drugih biljnih vrsta. Cena silaže osciluje, u zavisnosti od cene zrna kukuruza, a kreće se u granicama 27 do 33 €/t. Električna snaga postrojenja je 2x1 MW, a termička 2 x 1,3 MW,

pri čemu se deo proizvedene toplotne energije koristi za procesne potrebe (zagrevanje mešavine supstrata i zagrevanje mase u fermentoru).



Sl. 4.10 Izgled biogas postrojenja u Ivankovu

Prema izjavi domaćina, Tomislava Bogdana, dipl. oec, gradnju su realizovali sami, uz podršku jednog stručnjaka koji je na gradnji biogas postrojenja radio u Austriji. Koriste kogenerativna postrojenja firme *Jenbacher*, u kontejnerskoj izvedbi (sl. 4.12). Na motorima se svakih 2.000 sati obavlja redovno održavanje, a očekuju da će generalni remont uslediti nakon oko 40.000 sati rada. Godišnje rade oko 8.300 h, uglavnom pri nominalnoj električnoj snazi.

U fazi izgradnje je još jedno postrojenje iste konfiguracije i veličine, u mestu Tomašanci. Za to postrojenje predviđeno je da se toplotna energija koristi za proizvodnju bioetanola. Iako imaju iskustva sa gradnjom biogas postrojenja ne planiraju da počnu da se bave izgradnjom za druge investitore.



Sl. 4.11 Fermentori na farmi u Ivankovu

Toplotna energija se, za sada, koristi uglavnom za sušenje ostatka fermentacije, nakon njegovog očeđenja. Predviđa se da se ovaj materijal obogaćuje, dodavanjem hemijskih mikroelemenata i pakuje kao humus za cveće. Tečna faza se iznosi na njive i

koristi kao đubrivo. U završnoj fazi gradnje je staklenik površine 10 ha za povrtarsku proizvodnju, koji će u budućnosti koristiti toplotnu energiju biogasa postrojenja.



Sl. 4.12 Kogenerativno postrojenje u kontejnerskoj izvedbi *Jenbacher*, električne snage 2x1 MW

Povlašćena cena za električnu energiju proizvedenu od biogasa (*feed-in* tarifa), za postrojenje ovolike snage je oko 18 ct/kWh. Vrednost investicije za 1 MW procenjuje se na oko 3,5 M€. Ugovor za isplatu *feed-in* tarife potpisan je na dvanaest godina, a procena je da je vreme povrata investicije tri do četiri godine.

4.4 Mađarska

Poljoprivredno biogas postrojenje u Kečkemetu je u vlasništvu firme *Pilze-Nagy Kft* (<http://www.pleurotus.hu>), čija je osnovna delatnost proizvodnja supstrata za gljive, uzgoj gljiva bukovača (*Pleurotus Ostreatus*) i njihova prodaja na tržištu EU. Proizvodnja gljiva obavlja se u staklenicima površine 10 ha. Radi daljeg razvoja firme, inovativnosti i doprinosu zaštiti životne sredine, vlasnici firme su se odlučili da izgrade i biogas postrojenje.

Postrojenje je pušteno u pogon početkom 2008. godine. Električna snaga je 330 kW, a termička 400 kW. Projekat i isporuku opreme uradila je nemačka firma *EnviTec Biogas*, sa predstavništvom u Kečkemetu. Investicija za celo biogas postrojenje bila je 1,4 mil € (4.250 €/kW_e). Prema navodima vlasnice firme, gospođe Adrienn Somosne Nagy, doktora nauka (mikrobiolog), postrojenje sa jednom trećinom finansirala država, a preostalo je pokriveno kreditom. Uprkos povoljnim uslovima finansiranja, zbog niskih *feed-in* tarifa (za električnu energiju iz biogasa u Mađarskoj je ispod 10 ct/kWh_e) i visokoj specifičnoj ceni, vreme povrata investicije iznosi čak 11 godina.

Prva sirovina za proizvodnju biogasa je nusproizvod osnovne proizvodnje, supstrat za gljive. Osnova za ovaj supstrat je pšenična slama, a godišnje je na raspolaganju oko 3.500 t. Koristi se još i 3.000 t/god tečnog stajnjaka sa svinjogojske farme udaljene 5 km. Dodatno se kupuje oko 4.000 t/god silaže kukuruza od drugog proizvođača po ceni 40 €/t.

Ovako visoka cena nije uobičajena, a posledica je visoke cene zrna kukuruza i smanjene ponude silaže.



Sl. 4.13 a) Trenč silos za skladištenje čvrstih supstrata;
b) čvrsti supstrat iz proizvodnje gljiva

Postrojenje se odlikuje jednostavnošću tehničko-tehnološkog koncepta. Sastoji se od predjame za tečni stajnjak zapremine 300 m^3 i dvodnevnog dozatora za čvrste supstrate (silaža kukuruza i supstrat za gljive). Tečni stajnjak se pumpom, a čvrsti pužnim transporterom dovode do mešača zapremine 5 m^3 . U mešač se dodaje tečnost iz fermentora, kojom se zagrevaju sveži supstrati i ostvaruje mešanje s aktivnim anaerobnim bakterijskim kulturama. Iz fermentora zapremine 2.000 m^3 se odvodi ostatak fermentacije i skladišti u dva pokrivena rezervoara, zapremine po $2 \times 3.200 \text{ m}^3$. Ostatak fermentacije se distribuira po okolnim poljima, po dogovoru sa lokalnim farmerima koji ga besplatno dobijaju pod uslovom da koriste sopstveni transport, čime se rešava problem odlaganja ostatka fermentacije.



Sl. 4.14 a) Fermentor sa privremenim skladištem biogasa;
b) rezervoari za skladištenje ostatka fermentacije

Kogenerativno postrojenje je u kontejnerskoj izvedbi, firme *Jenbacher*. Električna energija se isporučuje u 20 kV srednjenaponsku mrežu. Trenutno se toplotna energija ne koristi, osim za potrebe procesa anaerobne fermentacije, jer se postrojenje nalazi izvan naseljenog mesta. Plan je da se izgradi vrelovod za grejanje staklenika za proizvodnju gljiva, koji su udaljeni 300 do 400 m od biogas postrojenja.



Sl. 4.15 a) Dozator za čvrste supstrate;
b) mašinska kućica za smeštaj kogenerativnog postrojenja i mešača supstrata

Redovne poslove opsluživanja biogas postrojenja (doziranje supstrata, čišćenje), održavanje i popravke obavljaju tri zaposlena radnika. Jedan radnik je obučen u Austriji i Švajcarskoj za rukovaoca biogas postrojenja. Zbog visokih troškova održavanja, servisiranja i popravki na biogas postrojenju u slučaju sklapanja ugovora sa drugim firmama, ove poslove uglavnom obavljaju tri zaposlena radnika. Ipak, zbog nedovoljnog iskustva, povremeno se javljaju problemi većinom mehaničke prirode, i to u radu kogenerativnih postrojenja, pumpi, mešalica u fermentoru itd. U vođenju procesa proizvodnje biogasa, odnosno njegove stabilnosti sa stanovišta mikrobiologije, nije bilo problema.

Biogas postrojenje u Kečkemetu je među prvim postrojenjima u Mađarskoj, pa je bilo potrebno dugo vremena da se nabave dozvole (16 meseci), jer se u to vreme nije poznavala tačna procedura za njihovo dobijanje. Predstavlja dobar primer za uspešno vođenje i jevtino održavanje postrojenja sopstvenom radnom snagom. Ekonomski efekat (vreme povrata investicije) nije reprezentativan, a na njih najviše utiču visoka specifična investicija i visoki troškovi nabavke silaže kukuruza. Iskorišćenje toplotne energije za proizvodnju gljiva znatno će da doprinese ostvarenju boljih ekonomskih rezultata.

4.5 Rumunija

U Rumuniji trenutno ne postoji ni jedno poljoprivredno biogas postrojenje, koje proizvodi električnu energiju. Na Banatskom univerzitetu u Temišvaru, prof. dr Teodor Vintila bavi se istraživanjima u cilju razvoja poljoprivrednih biogas postrojenja u Rumuniji. Na Univerzitetu postoji laboratorija u kojoj se ispituju supstrati za proizvodnju biogasa i analiziraju anaerobne bakterijske kulture. Na govedarskoj farmi, nedaleko od kampusa, nalazi se eksperimentalno biogas postrojenje, čija je namena da bude model za poljoprivredna biogas postrojenja u Rumuniji. Postrojenje je još uvek u fazi razvoja i izgradnje, a očekuje se da će biti pušteno u rad na jesen 2011. godine.

Biogas postrojenje sastoji se iz predjame za sakupljanje tečnog stajnjaka i zapremine 12 m^3 , fermentora zapremine 60 m^3 , rezervoara za ostatak fermentacije 30 m^3 i skladišta za proizvedeni biogas u vidu cilindra sa pokretnim krovom. Fermentor je horizontalne izvedbe, sa kontinualnim tokom i pneumatskim mešanjem (uduvavanje proizvedenog biogasa na dno fermentora kompresorom). Grejanje fermentora ostvaruje se razmenjivačem toplote u samom fermentoru u vidu cevne zmijske. Kao supstrat za proizvodnju biogasa će se koristiti tečni stajnjak 200 tovnih goveda i silaža kukuruza.

Planirana dnevna produkcija biogasa je 1.000 Stm^3 , što bi odgovaralo instaliranoj električnoj snazi kogenerativnog postrojenja od 80 kW.



a)



b)

Sl. 4.16 a) Rezervoar za sakupljanje tečnog stajnjaka;
b) horizontalni čelični fermentor sa kontinualnim tokom

Proizvedeni biogas će se koristiti za grejanje prostorija poljoprivredne škole koja se nalazi na istoj lokaciji, ali i za grejanje staja na farmi. Time se zamenjuje do sada korišćeni energent, mazut. Instalirana je kompletna oprema za automatsko upravljanje radom biogas postrojenja i sistema za grejanje. Postrojenje je koštalo 46.000 €, a procena je da bi u slučaju mogućnosti proizvodnje i prodaje električne energije, investicija za jeftinije kogenerativno postrojenje (prepravljani dizel kamionski motor) koštala još toliko.

U Rumuniji ne postoje subvencionisane cene za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora, pa ni biogasa. Do sada izgrađena industrijska biogas postrojenja, postižu ekonomičan rad prodajom zelenih sertifikata. Jedan MWh_e vredi tri zelena sertifikata, a jedan zeleni sertifikat se na berzi prodaje za cenu 27-55 € (prosek 32 €). Ukoliko se iskoristi i toplotna energija, svaki MWh_t se dodatno vrednuje još jednim zelenim sertifikatom. Na berzi zelene sertifikate kupuju proizvođači električne energije od fosilnih goriva, koji bi u suprotnom morali da plaćaju visoke takse. Time se postiže cena od 8 do 16,5 ct/ kWh_e (prosek 9,6 ct/ kWh_e). Gornja granica je prihvatljiva, ali ne i donja, te je to glavni razlog što se ne investira u biogas postrojenja.



a)



b)

Sl. 4.17 a) Rezervoar za skladištenje biogasa sa pokretnim krovom;
b) gorionik za sagorevanje biogasa

Poljoprivredno biogas postrojenje u Temišvaru je dobar primer razvoja biogas tehnologije, koja je prilagođena domaćim uslovima. Investicija za ovakvo postrojenje, u slučaju kogeneracije, iznosila bi oko 1.500 €/kW_e. To je investicija koja bi bila isplativa i pri nižim cenama zelenih sertifikata.

4.6 Srbija

Prvo poljoprivredno biogas postrojenje u Srbiji, koje će proizvoditi električnu i toplotnu energiju, izgrađeno je u selu Dragačica između Guče i Čačka. Vlasnik biogas postrojenja je gospodin Milan Filipović, mašinski inženjer. Postrojenje je projektovao i izgradio sam, uz pomoć pojedinih inženjerskih firmi, korišćenjem sopstvene građevinske mehanizacije i lokalne radne snage.

Supstrati za proizvodnju biogasa su u najvećem udelu energetske biljke, a manje stajnjak. Godišnje se koristi oko 1.500 t silaže kukuruza, koja se kupuje od lokalnih poljoprivrednika. Moguće je da se ostvare dve žetve, na primer, kombinacija stočnog graška i kukuruza. Cena silaže kukuruza je oko 25 €/t.

Ovo je primer jednostavnog biogas postrojenja, a sastoji se od trenč silosa za skladištenje silaže, mešača supstrata, fermentora, rezervoara ostatka fermentacije i kogenerativnog postrojenja. U mešač supstrata ubacuju se stajnjak i silaža. Nalazi se odmah pored trenč silosa, čime je omogućena jednostavna manipulacija silažom (sl. 4.18). U njemu se osim mešanja supstrata, ostvaruje i njihovo predgrevanje da se ne utiče negativno na proces anaerobne fermentacije sniženjem temperature mase u fermentoru. Vertikalni cilindrični fermentor izrađen je od betona, a veći deo se nalazi u zemlji, da bi se smanjili toplotni gubici (sl. 4.19). Ostatak fermentacije skladišti se u otvorenoj laguni i izolovanoj prema okolnom zemljištu. Zanimljivo je i da je na biogas postrojenju instaliran mali kotao na biomasu, iver. Kotao služi za proizvodnju toplotne energije za zagrevanje fermentora tokom puštanja u rad biogas postrojenja.



a)



b)

Sl. 4.18 a) Trenč silos za skladištenje silaže kukuruza; b) mešač supstrata

Proizvedeni biogas dovoljan je za generisanje 80 kW_e. Kogenerativno postrojenje izrađeno je od polovnog kamionskog dizel motora marke *Scania* snage preko 200 kW, spregnutog s električnim generatorom snage 80 kW_e (sl. 4.20). Na taj način je radni vek motora kogenerativnog postrojenja duži nego inače, jer motor radi sa delimičnim opterećenjem. Pored toga, ugrađeni su potrebni razmenjivači toplote za korišćenje toplotne energije.

Prednost ovog postrojenja je u tome što je investicija niska. Nedostatak je znatno niži električni stepen korisnosti (motor nije namenski napravljen za korišćenje gasovitih goriva), te manja pogonska sigurnost.



Sl. 4.19 Vertikalni betonski fermentor u izgradnji

Toplotna energija, osim za zagrevanje mešača supstrata i fermentora, koristi se za grejanje stambenih kuća i turističkih objekata udaljenih oko 100 m od biogas postrojenja. Turistički objekti su stare kuće, koje su renovirane za etno turizam.



a)



b)

Sl. 4.20 a) Motor u pripremi za korišćenje u kogeneraciji na biogas;
b) mašinska kućica za smeštaj motora i razmenjivača toplote

Investicija za ovo biogas postrojenje, računajući i sopstveni rad sa troškovima projektovanja, bila je oko 200.000 €. Finansiranje je iz sopstvenih izvora, a 25.000 € obezbeđeno je iz Fonda za razvoj Republike Srbije. Očekivani godišnji prihod od prodaje električne energije je oko 96.000 €. Vlasnik bi mogao da ovakvo ili slično postrojenje ponudi i drugim investitorima, a procenjuje da bi nivo ulaganja bio isti.

Biogas postrojenje u Dragačici predstavlja dobar primer kako da se izgradi postrojenje jednostavne konfiguracije, korišćenjem sopstvenih resursa i sa malim ulaganjima. Pozitivne efekte treba da pokaže rad tokom dužeg vremenskog perioda. Gospodin Filipović planira da u neposrednoj blizini izgradi još jedno, veće, biogas postrojenje.

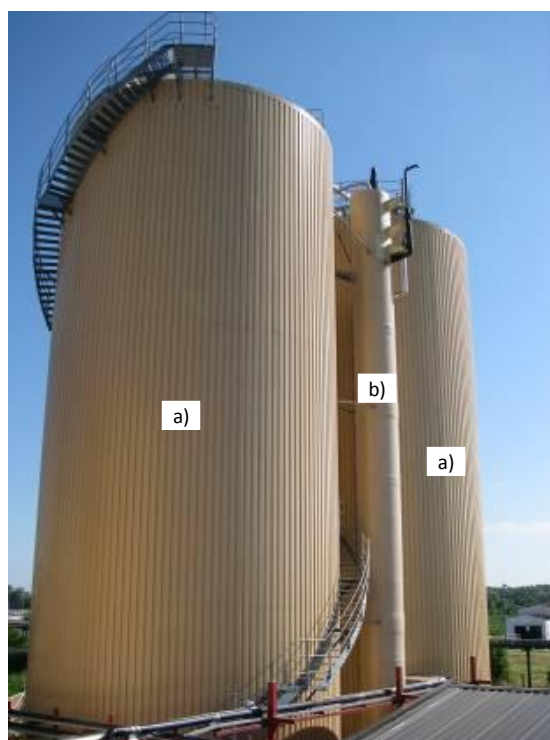
4.7 Postrojenja za preradu industrijskih otpadnih voda i komunalnog otpada

Biogas postrojenja su vrlo pogodna za efikasno zbrinjavanje raznih industrijskih i komunalnih otpada. Ovakva postrojenja mnogo su složenija od poljoprivrednih, jer je potrebna posebna priprema sirovine (sortiranje, usitnjavanje, higijenzacija i drugo). Problem prilikom korišćenja, na primer, komunalnog otpada je i nehomogenost sastava supstrata, što ima znatan uticaj na produkciju i kvalitet biogasa. To otežava dimenzionisanje postrojenja, jer snabdevanje kogenerativnog postrojenja ili kotla biogasom može da bude neujednačeno, pojavljuje se manjak i višak gasa, a menja se i njegov sastav. Zbog toga su potrebna dodatna ulaganja za privremeno skladištenje. Prilikom prerade otpadnih voda u biogas postrojenju, potrebni su anaerobni fermentori većih specifičnih zapremina (po količini generisanog gasa), pošto su to supstrati sa velikim sadržajem vode. To znatno utiče na povećanje troškova. Pri razmatranju tehničke i ekonomske izvodljivosti ovakvih postrojenja, važno je da se razmotre efekti koji se postižu zbrinjavanjem otpada, odnosno, oni su presudni.

Postrojenje za preradu industrijskih otpadnih voda u Senti

Kompanija *Alltech Fermin AD* u Senti, kao društveno odgovorna kompanija rešila je da sprovede zbrinjavanje otpadnih voda, koje preostaju nakon korišćenja melase za proizvodnju kvasca. Pri prečišćavanju otpadne vode koja sadrži organsku materiju, primenom anaerobnog tretmana proizvodi se biogas.

Kapacitet postrojenja dimenzionisan je za preradu 2.500 m³ otpadne vode dnevno, a trenutno se prečišćava 1.800 do 2.100 m³. Otpadna voda najpre se pumpa do acidifikaciono/puferskog rezervoara u kojem se odvija samo proces hidrolize. Nakon toga, voda odlazi u dva anaerobna fermentora u kojima se proizvodi biogas i završava proces fermentacije. Prilikom puštanja u rad anaerobnih fermentora, ubačen je mulj s anaerobnim bakterijama za podsticanje fermentacije (inokulacija). Uz fermentore je i kondicioner, koji omogućava održavanje aktivnosti bakterija snabdevanjem hemijskim mikroelementima.



Sl. 4.21 Dva anaerobna fermentora za proizvodnju biogasa (a) sa kondicionerom (b)

Nakon završetka anaerobnog tretmana, voda odlazi u nekoliko otvorenih rezervoara u kojima se obavlja aeracija i odvajanje mulja sedimentacijom. U njima se odvajaju nitriti, amonijak i druge nepoželjne materije, a i ostvaruje se poželjna pH vrednost. Nakon anaerobnog i aerobnog tretmana, dobija se voda koja više ne sadrži organske i štetne materije, pa se bezbedno uliva u lokalni kanal i reku Tisu.

Dobijeni biogas, pre upotrebe mora da se prečišćava, a uklanja se H_2S . To se odvija u dve vertikalne kolone biološkim postupkom, a po potrebi se nakon biološkog primenjuje hemijsko prečišćavanje (radni medijum je NaOH). Da bi prečišćavanje bilo efikasno (nizak udeo H_2S na izlazu), potrebno je da se u apsorpcionoj koloni održava temperatura od oko $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon prečišćavanja, biogas može da se sagoreva za proizvodnju energije ili se po potrebi privremeno skladišti u čeličnom rezervoaru 100 m^3 na natp pritisku 30 mbar. Ukoliko biogas ne može efikasnije da se iskoristi i kada produkcija prevazilazi kapacitet skladištenja, predviđeno je njegovo sagorevanje u gasnoj baklji.

U okviru postrojenja su dva *Jenbacher* kogenerativna postrojenja u kontejnerskoj izvedbi, svaki po 750 kW_e . Za ovakav tip postrojenja, potrebna je značajna količina toplotne energije (znatno više nego kod poljoprivrednih biogas postrojenja). Razlog je taj što je supstrat praktično u celokupnoj zapremini voda, koju je potrebno zagrevati. Toplotna energija koristi se za zagrevanje anaerobnih fermentora i prečistača biogasa, a veoma malo i za grejanje radnih prostorija. Potrebe za toplotnom energijom prevazilaze moguću proizvodnju u kogenerativnom postrojenju (preko $1,6\text{ MW}_t$). Zato je na raspolaganju kotao termičke snage $1,8\text{ MW}$ na prirodni gas, kojim se, takođe, zagrevaju fermentori pri puštanju u rad i dopunjavaju potrebe kada je produkcija biogasa nedovoljna.



Sl. 4.22 Fermentor za hidrolizu (a), dva kogenerativna postrojenja u kontejnerskoj izvedbi (b), kolone za prečišćavanje biogasa (c)

Sedimentisani mulj iz aerobnog rezervoara se cedi u centrifugi. Dnevno se generiše oko 10 m^3 , odnosno oko 6 t mulja, sadržaja vlage nakon ocedenja oko 80 %. Trenutno se radi na analizama mulja za ocenu njegove primenljivosti za distribuciju po poljoprivrednom zemljištu, radi poboljšanja kvaliteta zemljišta. Za sada se odlaže na gradsku deponiju.



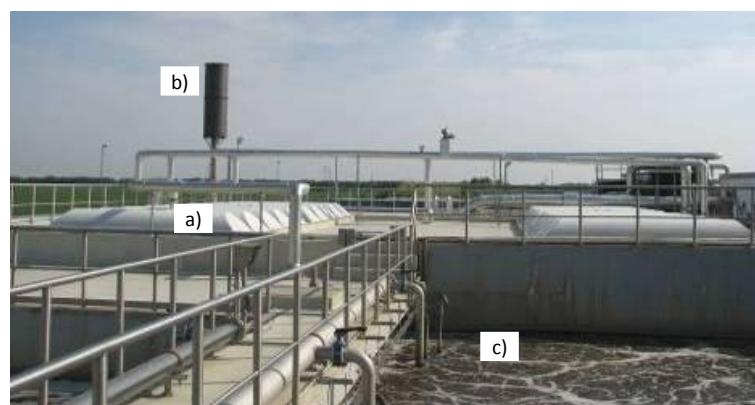
Sl. 4.23 Mulj koji se dobija nakon ceđenja ostatka fermentacije

Cena postrojenja bila je oko 9,5 M€, odnosno oko 6 M€/MW_e. Treba napomenuti da to nije previsoka cena investicije, s obzirom na to da obuhvata sve aerobne i anaerobne rezervoare s uređajima za prečišćavanje vode, opremu za prečišćavanje biogasa, kotao za startovanje i podršku rada postrojenja, dodatni rezervoar za skladištenje biogasa i gasnu baklju.

U trenutku posete ovom postrojenju, u maju 2011, još uvek se čekalo na dobijanje svih dozvola i dokumenata za puštanje u rad i isporuku električne energije u mrežu.

Postrojenje za preradu industrijskih otpadnih voda u Čelarevu

Kompanija *Carlsberg Srbija* takođe je povezala prečišćavanje otpadnih voda iz proizvodnje piva sa proizvodnjom biogasa. Dnevne količine otpadnih voda znatno osciluju, u zavisnosti od trenutne proizvodnje piva, jer se menja i količina otpadnih voda. Maksimalni dnevni kapacitet postrojenja za preradu otpadnih voda je 2.500 m³. Obično se kreće do 1.900 m³, ali je zacrtan i očekivani porast kapaciteta pivare.



Sl. 4.24 Pogled na krov anaerobnog fermentora (a) sa bakljom za sagorevanje viška biogasa (b), i bazene za aerobni tretman otpadne vode (c)

Otpadne vode prvo se tretiraju hemijski, čime se uklanjaju razne štetne materije i inhibirajuće supstance za anaerobni proces. Zatim sledi prerada u anaerobnim fermentorima i proizvodnja biogasa. Ostatak fermentacije iz anaerobnog fermentora dovodi se do bazena za aerobni tretman. U aerobnim bazenima odvaja se i mulj, koji se odlaže na deponijama. Dnevna produkcija mulja je od nekoliko do preko 10 m³.

Time se dobija voda koja po hemijskom i biološkom sastavu može da se odvodi do vodenih tokova, bez štetnih posledica.

Produkcija i konzum biogasa osciluju, pa je stoga izgrađen rezervoar zapremine 1.000 m³ u kojem se on skladišti na natpritisku oko 200 mbar (sl. 4.25). Rezervoar je izveden kao vazdušni jastuk sa duplom membranom. Gornja membrana služi za zaštitu od vremenskih uslova.



Sl. 4.25 Rezervoar za biogas (vazdušni jastuk sa duplom membranom)

Produkcija biogasa dostiže i preko 100 m³/h. Ukoliko je ona veća od potreba, a rezervoar popunjen, višak se sagoreva na gasnoj baklji.

Iz proizvedenog biogasa uklanja se vodena para, nakon čega se on sagoreva u kotlu prilagođenom za sagorevanje mešavine prirodnog i biogasa. Time se potrošnja prirodnog gasa, koji se koristi za proizvodnju piva, smanji za 10 do 15 %, na godišnjem nivou. Postrojenje je projektovano i izgrađeno pre uvođenja *feed-in* tarifa za električnu energiju iz OIE u Srbiji. Tada izgradnja kogenerativnog postrojenja nije bila isplativa, te je to jedini razlog zašto se proizvedeni biogas koristi samo za proizvodnju toplotne energije.



Sl. 4.26 Kotao nominalne snage 3,4 MW u kojem se sagoreva mešavina prirodnog gasa i biogasa

Vrednost ukupne investicije bila je oko 4,5 M€. Ušteta koja se ostvaruje primenom biogasa je godišnje 120.000 do 140.000 €, što ne bi moglo da opravda investiciju. Kao i u prethodnom slučaju ulaganja su opravdana, jer se rešio problem zbrinjavanja otpadnih voda.

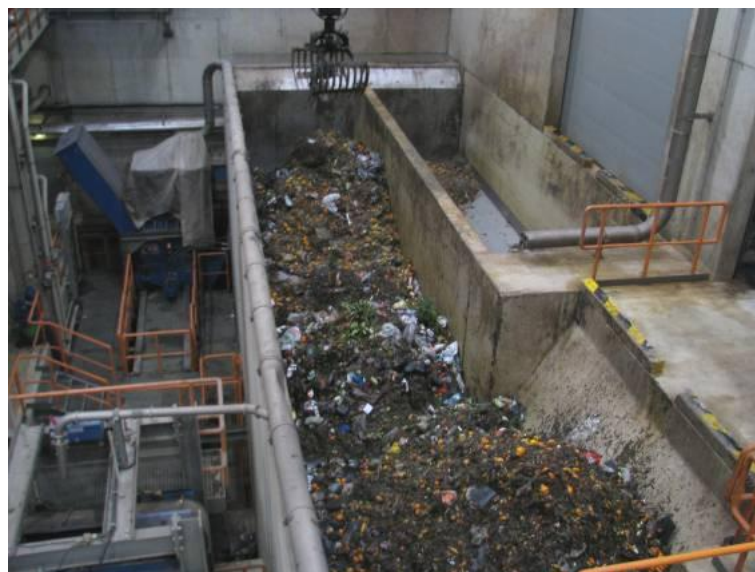
Postrojenje za proizvodnju biogasa iz komunalnog otpada u Beču

U Austriji je zabranjeno deponovanje komunalnog otpada i njegovo zbrinjavanje mora da se reši na drugi način. Jedan od preduslova je da postoji primarna separacija otpada u domaćinstvima, fabrikama i drugim mestima. Posebno se odvaja organski otpad. To se primenjuje i u Beču, pa je pored spalionice komunalnog otpada, *MVA Pfaffenu*, u okviru *Umweltzentrum Simmering*, sagrađeno postrojenje za zbrinjavanje organskog otpada anaerobnim tretmanom.

Godišnje se preradi oko 100.000 t organskog otpada, a najveće količine dovoze se iz restorana, bolnica i menza. Organski otpad, čvrsti ili tečni, dovodi se do postrojenja kamionima, a pre ulaska u fermentor prerađuje. Prva separacija odvija se već u prijemnom bunkeru (sl. 4.27). Rukovalac odvaja nepoželjne krupne delove, a ono što može da ide na daljnje procesiranje prebacuje se u drugu jamu (na sl. 4.28, desno).



Sl. 4.27 Istovar organskog otpada iz kamiona u prijemni bunker



Sl. 4.28 Prijemni bunker za organski otpad i odvajanje krupnih delova

Zatim se otpad razvrstava po veličini, a komadi veći od 100 mm prebacuju se u spalionicu (sl. 4.29). Potom se obavlja odvajanje peska i drugih čvrstih primesa. Na kraju se primenjuje homogenizacija i higijenzacija mase, koja je tek nakon toga pripremljena za fermentaciju.



Sl. 4.29 Postrojenje za separaciju otpada

Od organskog otpada se godišnje proizvede oko 1,2 miliona m³ biogasa. Dobijeni biogas se prečišćava biološkom desumporizacijom, te se koristi kao gorivo za vrelovodni kotao. Proizvedena toplotna energija koristi se, osim za procesne potrebe postrojenja, za grejanje oko 600 domaćinstava.

Ovakav tip postrojenja znatno je složeniji od prosečnog poljoprivrednog biogas postrojenja. Razlog za to je korišćenje raznorodnih supstrata koje sadrže različite primese, koje ometaju proces anaerobne fermentacije. Takođe, problem predstavlja i ostatak fermentacije, koji ne može da se deponuje bez negativnog uticaja na životnu sredinu. Svi ovi uslovi usložnjavaju konfiguraciju biogas postrojenja, a time i znatno povećavaju cenu. Ovde je osnovni cilj zbrinjavanje otpada, pa se većina prihoda ostvaruje naplatom usluge onima koji taj otpad produkuju.

4.8 Komentari

Na osnovu prikazanih primera može da se zaključi da proizvodnja i korišćenje biogasa daju dobre ekonomske i ekološke rezultate. Čini se da je visina *feed-in* tarifa u Srbiji na nivou drugih zemalja u kojima se biogas tehnologija uspešno koristi. Mađarska je izuzetak sa niskim *feed-in* tarifama. Sistem zelenih sertifikata, koji se primenjuje u Rumuniji, nije dovoljno dobar, jer se cene menjaju u širokom opsegu.

Kao što se vidi, biogas postrojenje je složen energetski objekat, mala fabrika. Neophodan je oprez već pri planiranju, a i gradnji. Takođe, obavezna je stalna briga i profesionalni odnos. Treba naglasiti da nije neophodna visokokvalifikovana radna snaga, ali je obavezno da ona bude odgovorna i obučena.



5. POTENCIJALI ZA PROIZVODNJU BIOGASA

Ranije se određivanje potencijala biogasa baziralo na količini ekskremenata životinja iz stočne proizvodnje. Ideja je bila da se samo ova vrsta supstrata koristi za proizvodnju biogasa. Razlozi su pozitivan efekat pri fermentaciji stajnjaka, zbog njegovog efikasnog „sazrevanja“ i odgovarajuća priprema za distribuciju po poljima. Dodatni pozitivan efekat je sprečavanje emisija metana u atmosferu, gasa koji 23 puta intenzivnije utiče na efekat staklene bašte od ugljen-dioksida. Uz sve ovo, ovaj supstrat je besplatan i dostupan je na samoj farmi. Proizvodnja biogasa prečišćavanjem otpadnih voda, u procesnoj industriji i kanalizacionog otpada, prvenstveno je značajna zbog zbrinjavanja otpada. Zato se razmatrala samo proizvodnja toplotne energije iz biogasa, a proizvodnja električne energije iz biogasa bila je viša od cene električne energije iz mreže, te je postupak bio neisplativ za širu primenu. Tek uvođenjem pojma privilegovanih proizvođača električne energije (Anonim, 2009b), koji za prodaju električnu energije iz biogasa dobijaju povišenu, odnosno subvencionisanu cenu u vidu *feed-in* tarifa (Anonim, 2009c), stekli su se uslovi da se biogas proizvodi i od drugih vrsta supstrata. Tada se u obzir uzimaju energetske biljke, najpre u vidu silaža. Danas je u mnogim zemljama korišćenje silaže biljaka kao supstrata za proizvodnju biogasa isplativo čak i kada je jedini supstrat za proizvodnju biogasa.

Potencijali za proizvodnju biogasa mogu da se izraze kroz godišnju količinu supstrata, kako stajnjaka tako i ostalih biljnih materijala, ali to ne govori o energetskom potencijalu. Nadalje, potencijal može da bude godišnja proizvodnja biogasa definisane toplotne moći, u vidu broja standardnih kubnih metara (Stm^3/god). Međutim, ni to nije najznačajniji podatak. Najbolje je da se potencijali izraze kroz instaliranu električnu snagu kogenerativnog postrojenja. Po pravilu, biogas postrojenja rade u kontinuitetu, izuzimajući jedino vreme potrebno za tekuće održavanje i remont. Obično se smatra da postrojenje radi 8.000 h godišnje sa punim opterećenjem. Time se određuje i potencijal za godišnju proizvodnju električne energije iz biogasa. Mada biogas može da se koristi i za druge svrhe, potencijal proizvodnje električne energije, kao najplemenitijeg vida energije, ima najveći značaj. Korisno je i da se odredi koliki udeo predstavlja potencijalna proizvodnja električne energije u godišnjoj potrošnji države ili regiona koji se razmatra. Biogas se za proizvodnju električne energije koristi u kogenerativnim postrojenjima sa motorima SUS. Međutim, za razliku od električne koja se u potpunosti plasira u električnu mrežu, mogućnost iskorišćenja toplotne energije umnogome zavisi od lokalnih uslova. Zbog toga nije toliko bitno da se razmotri potencijal proizvodnje toplotne energije.

Od najvećeg je značaja, kako ekonomskog, tako i ekološkog, da se iskoriste ekskrementi životinja. Ipak, uzimajući u obzir da jedno uslovno grlo (UG) goveda zahteva snagu kogenerativnog postrojenja $0,11 \text{ kW}_e$, jasno je da se od 1.000 UG dobija veličina biogasa postrojenja i nominalne snage od svega 110 kW_e . Cena specifične investicije značajnije se smanjuje tek za veličine postrojenja 150 kW_e i više (vidi potpoglavlje 7.2). Pri tome se u obzir uzima da udeo ostvarene snage iz silaže ne bi trebalo da pređe 80 %. Zato je svrsishodno, za određivanje potencijala biogasa iz ekskremenata, da se razmotre samo imanja sa više od 200 ili 300 UG.

Za određivanje potencijala biogasa iz silaže, razmatra se i smanjenje površina za proizvodnju hrane. Čak i ukoliko to nije prioritet, morale bi da se zadrže površine koje obezbeđuju stratešku sigurnost, minimum samosnabdevanja u nekoj zemlji.



Akcioni plan za biomasu (Anonim, 2010) takođe je obuhvatio ovu problematiku za celu Srbiju. Ipak, data je samo paušalna procena, bez realnih podloga. Pri izradi budućeg akcionog plana, redovno inoviranje je predviđeno Direktivom 2009/28/EC, trebalo bi da se proceni potencijala biogasa priđe korektnije.

5.1 Inostrana iskustva u određivanju potencijala biogasa

U ovom poglavlju su prikazani primeri određivanja potencijala biogasa i dat je kritički osvrt. Razmotrene su dve zemlje iz okoline, Rumunija i Slovenija.

Rumunija

U okviru jednog evropskog istraživačkog projekta FP 6- *Framework Programme 6*, u saradnji sa stručnjacima iz Nemačke procenjeni su potencijali za proizvodnju biogasa u Rumuniji (Anonim, 2008a). U obzir je uzet celokupan stočni fond, uključujući koze i ovce, te ocenjena godišnja produkcija ekskremenata. Osim toga, precenjen je i električni stepen korisnosti od 40 %. Time se došlo do podatka da bi instalirana električna snaga biogas postrojenja mogla da bude preko 900 MW.

Potom je sproveden proračun raspoloživih količina fermentabilnih biljnih ostataka. U obzir su uzimani proizvođači sa velikim površinama: ratarska proizvodnja preko 5.000 ha, proizvodnja povrća na preko 420 ha i vinogradarska proizvodnja na više od 50 ha. Na bazi podataka o prinosima procenjeno je kolike su količine raspoloživih biljnih ostataka. Date procene su u nekim slučajevima nerealne. Na primer, pretpostavljeno je da je količina biljnih ostataka iz proizvodnje kukuruza dvostruko veća od količine zrna, a realno je da bude oko 0,7 (ono što može da se ubere). Ukupna instalirana električna snaga biogas postrojenja u Rumuniji bila bi preko 3.900 MW.

Svi navedeni podaci su maksimistički, jer su u obzir uzete ukupne količine stajnjaka i biljnih ostataka. Nisu razmatrana ograničenja zbog mogućnosti sakupljanja, drugih primena, ali i dostizanja optimalne veličine biogas postrojenja. U potpunosti nedostaje korišćenje silaže, koja je najčešće primenjivan supstrat za proizvodnju biogasa u poljoprivredi. Ovo nije dobar primer definisanja potencijala za proizvodnju biogasa.

Slovenija

Novija studija, sprovedena u Sloveniji (Pšaker i Lobe, 2010), bazirana je na podacima iz subvencijskih prijava poljoprivrednih proizvođača, što je vrlo pouzdan izvor. Za određivanje potencijala biogasa iz ekskremenata stoke razmatrane su farme sa trideset i više uslovnih UG. Pretpostavljeno je da je godišnja emisija tečnog stajnjaka oko 15 m³ po uslovnom grlu. Pristup u ovoj studiji je približniji realnosti, mada je granica za veličinu farme postavljena vrlo nisko. Ovo je, takođe, maksimistički određen potencijal, jer su u obzir uzete i farme na kojima mogu da se ostvare veličine postrojenja čak ispod 5 kW_e, a i razmatran je veoma visok električni stepen korisnosti kogenerativnih postrojenja od čak 43 %. Potencijal za proizvodnju biogasa iz stočnih ekskremenata, uzimajući u obzir goveda, svinje i perad, u vidu električne snage biogas postrojenja bio bi oko 12 MW.

Nadalje su razmotrena tri scenarija za korišćenje silaže kao supstrata za proizvodnju biogasa:

1. Za proizvodnju biogasa koristi se 5,9 % oranica (ukupne oranične površine Slovenije su oko 168.000 ha, a smatra se da su površine na kojima je moguća postrna setva oko 50.000 ha), 26,0 % površina pogodnih za postrnu setvu (drugi usev namenjen za proizvodnju silaže za biogas) i 3,6 % livada i travnatih površina,



2. 9,8 % oranica, 28,0 % površina za postrne setve i 5,2 % travnatih površina,
3. 13,9 % oranica, 29,9 % postrne setve i 6,8 % travnatih površina.

U slučaju prvog scenarija udeo stajnjaka u ukupnom potencijalu je u proseku 14 %, a instalirana električna snaga je tada 86 MW. Za drugi scenario bi snaga bila 116, a treći 147 MW_e.

Uočava se da je udeo stajnjaka čak i za prvi scenario nizak. Međutim, treba uzeti u obzir da je *feed-in* tarifa za biogas u Sloveniji viša, što poljoprivrednicima omogućava da za proizvodnju biogasa koriste veći udeo silaže.

U studiji je dat osvrt na to da se korišćenjem biljnog materijala za proizvodnju biogasa smanjuju površine za proizvodnju hrane i krmiva.

5.2 Potencijali u AP Vojvodini

Potencijali od stočnih ekskremenata

U studiji mogućnosti kogeneracije iz biomase u AP Vojvodini (Martinov i dr, 2008), za potencijal proizvodnje biogasa razmatrani su isključivo ekskrementi životinja. S opravdanjem su razmatrane samo velike farme. Procenjeno je da bi godišnja proizvodnja električne energije mogla da bude oko 20 GWh. Ukoliko se računa sa 8.000 h rada pri nominalnom opterećenju, instalirana snaga bila bi oko 2,5 MW_e. Data je i procena da bi električna snaga do 2020. mogla da se udvostruči zbog trenda ukрупnjavanja farmi, na oko 5 MW_e. Ovaj pristup, bez razmatranja potencijala za proizvodnju biogasa iz silaže, je u vreme sačinjavanja studije bio potpuno ispravan. Tada u Srbiji nisu bile uvedene *feed-in* tarife, te bi korišćenje silaže kao supstrata sa sigurnošću bilo ekonomski neprihvatljivo. To je pokazala i ekonomska računica na primeru jednog potencijalnog investitora. Finansijska ocena za jednu veliku svinjogojsku farmu pokazala je da se korišćenjem ekskremenata za proizvodnju biogasa nulta rentabilnost ostvaruje za otkupnu cenu električne energije oko 11 ct/kWh.

U tab. 5.1 prikazani su zvanični statistički podaci o broju stoke u Vojvodini. U ovoj studiji je primenjen delimično drugačiji pristup, a načinjen je pokušaj da se eliminišu nepotpunosti podataka u zvaničnoj statistici tako što će se na osnovu procene eksperata iz oblasti stočarstva realno proceniti broj stoke na velikim farmama. Time su određeni realniji potencijali za proizvodnju biogasa iz stočnih ekskremenata.

Tab. 5.1 Broj stoke u AP Vojvodini, stanje u decembru 2010. (Anonim, 2011a)

	Goveda	Svinje	Živina
Ukupno APV, kom.	224.808	1,390.243	11,165.877
Privredna društva i zemljoradničke zadruge, kom.	24.716	486.963	5,164.458

Posebno je prikazan broj stoke privrednih društava i zemljoradničkih zadruga. Procenjuje se da ovi privredni subjekti imaju dovoljan broj UG da samostalno, ili u kombinaciji sa silažom, ostvare izgradnju optimalne veličine biogas postrojenja (više od 150 kW_e). U novije vreme, to je sigurno moguće i na nekim od porodičnih gazdinstava, koja obrađuju i više stotina hektara i poseduju veći broj grla stoke.

U narednoj tabeli dati su upotrebljiviji statistički podaci iz drugog izvora, jer je prikazana i težina stoke. Težina je prevedena u broj UG ukupne težine deljenjem sa 500 kg. Na osnovu podataka dobijenih od profesora Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu,



Departman za stočarstvo, dr Vitomira Vidovića, ocenjena je količina koja se nalazi na velikim farmama. Prema njegovoj proceni, za goveda je to oko 24 %, a za perad preko 50 %. Ocenio je da je podatak o broju svinja netačan, te da ih je samo na velikim farmama oko 800.000. Na osnovu tih podataka došlo se do procene broja UG na velikim farmama, sa više od 300 UG.

Tab. 5.2 Statistički podatak o broju i procenjenoj težini stoke u AP Vojvodini 2009. godine

	Broj u hiljadama	Težina, t	Broj uslovnih grla, UG	Broj UG na velikim farmama
Goveda	248	94.250	188.500	45.200
Svinje	1.387	87.816	175.632	101.300
Živina	13.682	22.269	44.538	26.700
UKUPNO			408.670	173.200

Na osnovu podataka o broju stoke izračunava se potencijal biogasa u vidu instalirane električne snage postrojenja. Za preračunavanje snage iz broja UG goveda, svinja i živine korišćeni su orijentacioni podaci iz priloga I, goveda 0,11, svinje 0,085, živina 0,3 kW_e/UG, dobijeno je 21,5 MW_e. Ovi podaci odnose se za tečni stajnjak, bez računanja prinosa biogasa iz prostirke. Ukoliko bi se koristio čvrsti stajnjak, što nije tipično za moderne velike farme, tada bi potencijal bio nešto veći, a procenjeno je da je to 23 MW_e.

Profesor Vitomir Vidović izrazio je očekivanja da će stočni fond u skoroj budućnosti, do 2015, značajno da se poveća, zbog značaja i težnje za povećanjem prihoda u poljoprivredi Vojvodine, kroz povećanu proizvodnju mesa. Predvideo je i da će se broj goveda na velikim farmama u narednih pet godina najmanje udvostručiti, a broj svinja i utrostručiti. To bi značilo da bi potencijal proizvodnje biogasa mogao da se poveća, izraženo u instaliranoj električnoj snazi, na oko 45 MW_e. Ovaj potencijal mogao bi do 2020. da dostigne i preko 50 MW_e.

Potencijali od silaže

U mnogim slučajevima količina raspoloživog stajnjaka nije dovoljna da se ostvari bar minimalna isplativa električna snaga biogas postrojenja, oko 150 kW. Tada je uobičajeno da se kao supstrat koristi i silaža raznih biljnih vrsta. Najčešće je to silaža kukuruza, što daje i najveći energetski potencijal po hektaru. U zavisnosti od visine *feed-in* tarife, može da bude isplativa i proizvodnja biogasa samo od silaže. Slično studiji urađenoj za Sloveniju, razmatraju se tri moguća scenarija:

1. Da se koristi supstrat u vidu silaže, čijom količinom se u proseku povećava potencijal proizvodnje biogasa za 30 %, u odnosu na slučaj korišćenja samo stajnjaka,
2. da se korišćenjem silaže poveća potencijal za oko 50 %, i
3. da se korišćenjem silaže poveća potencijal za oko 70 %.

Tada bi potencijal biogasa iz silaže, a na bazi sadašnjeg stanja u stočarstvu, bio 7, 12 i 17 MW_e respektivno. U 2020. godini to bi iznosilo 15, 25 i 35 MW_e.

Postavlja se pitanje kolike su obradive površine potrebne da bi se ostvario svaki od planiranih scenarija. Proračun se sprovodi pod pretpostavkom da se razmatra silaža kukuruza prinosa 50 t/ha, a godišnja količina silaže kukuruza sa 1 ha zahteva instaliranu snagu kogenerativnog postrojenja oko 2,2 kW. Dakle, u slučaju prvog scenarija, bila bi potrebna silaža kukuruza sa oko 3.200, za drugi scenario 5.400, a za treći 7.700 ha. Za 2020. godinu površine bile bi oko 6.800, 11.300 i 16.000 ha, za scenarije od prvog do



trećeg respektivno. Ukupne obradive površine Vojvodine iznose 1,680.000 ha i kao što se vidi, potrebne površine za silažu kukuruza ne bi predstavljale visok udeo, a najviše ispod 1 %.

Za razmatranje potrebnih površina za silažu drugih biljnih vrsta, treba uzeti u obzir da su prinosi biogasa niži od silaže kukuruza, npr. za tritikalu, sirak šećerac, suncokret itd. Ipak, ako se u obzir uzme i mogućnost sprovođenja postrne setve silaže, što je vrlo realno u sistemu navodnjavanja, onda su potrebne površine za korišćenje drugih biljnih vrsta čak manje. Jedan od primera mogućnosti primene plodoreda i postrne setve sa kombinacijom proizvodnje hrane i energetskih biljaka predstavlja studija sprovedena za regione Nemačke (Strauß et al, 2010).

Ukupni potencijali

Ukupni potencijali predstavljaju zbir potencijala od stajnjaka i od silaže. U neposrednoj budućnosti do kraja 2012, potencijali su 30, 35 i 40 MW_e, respektivno za prvi, drugi i treći scenario primene silaže. Zbog povećanja stočnog fonda na velikim farmama, do 2020. ti potencijali bili bi 65, 75 i 85 MW_e. Upoređujući ovo sa malim hidrocentralama, na primer, prosek snage 5 MW, biogas bi bio zamena, u zavisnosti od scenarija, za 13 do 15 takvih jedinica. Na osnovu navedenih podataka o instaliranoj električnoj snazi, proračunata je potencijalna godišnja proizvodnja električne energije i potrebne površine za proizvodnju silaže kukuruza (tab. 5.3).

Predstavljeni potencijali za proizvodnju biogasa u AP Vojvodini su realni, ali ipak maksimalni mogući da se iskoristi celokupna količina ekskremenata na velikim farmama. Međutim, treba u obzir da se uzme da sve farme nemaju tehničke i ekonomske preduslove za izgradnju biogas postrojenja. Zatim, moguće je da se ne ostvari prognozirano povećanje stočnog fonda. Ipak, i pored ova dva uticaja koji bi smanjili potencijal za proizvodnju biogasa, kompenzovano povećanje potencijala i dostizanje procenjene instalirane snage moglo bi da se ostvari od silaže kukuruza. Tada bi udeo potencijala od silaže mogao da bude i veći u odnosu na onaj potencijal definisan samo od ekskremenata.

Tab. 5.3 Potencijalna godišnja proizvodnja električne energije iz biogasa i potrebne površine za silažu kukuruza

	Neposredna budućnost, 2012. godina		U budućnosti, do 2020. godine	
	Električna energija, GWh _e	Površina, ha	Električna energija, GWh _e	Površina, ha
Stajnjak	184	–	400	–
1. scenario	240	3.200	520	6.800
2. scenario	280	5.400	600	11.300
3. scenario	320	7.700	680	16.000

Podaci navedeni u tab. 5.3 zasnivaju sa na realnosti i perspektivnosti proizvodnje električne energije iz biogasa. Ostvarene količine zavisice od stanja na tržištu, prihvaćenih obaveza od države za proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora, cene hrane i energije i dr. Željeni ciljevi morali bi da budu podstaknuti odgovarajućim ekonomskim merama, koje treba da su dinamične, odnosno da prate promene stanja na tržištu. To su, pre svega, adekvatna visina *feed-in* tarife, subvencije i stimulatívni krediti za ovu oblast. Količina električne energije prema 3. scenariju bila bi više nego dvostuko veća od tri



električne centrale snage 15 MW, koje bi kao gorivo koristile slamu (320 GWh, prema Martinov i dr, 2008).

Potrošnja električne energije u AP Vojvodini, prema energetsom bilansu i planu za 2010. godinu iznosi 7.640 GWh (Anonim, 2010f). Ukoliko se u obzir uzme treći scenario u neposrednoj budućnosti, proizvodnjom električne energije iz biogasa moglo bi da se pokrije oko 4 % potrošnje. Pod uslovom da potrošnja električne energije do 2020. u Vojvodini neće značajno rasti, primenom mera racionalizacije, prema trećem scenariju moglo bi da se električnom energijom iz biogasa pokrije oko 9 % potrošnje. Objektivno, ukoliko se postavi cilj da se iz biogasa proizvede što više električne energije, moglo bi da se dostigne i čitavih 20 % od ukupnih potreba AP Vojvodine, računajući u to i biogas proizveden prečišćavanjem kanalizacionih otpadnih voda i zbrinjavanjem industrijskog otpada.

6. BIOGAS POSTROJENJE OD IDEJE DO OSTVARENJA

Za ostvarenje biogas postrojenja potrebno je da investitor poštuje određene korake, pri čemu moraju da se ispune svi tehnički i pravni zahtevi. Tehnički zahtevi opisani su u drugim poglavljima. Pravni zahtevi za izgradnju biogas postrojenja su specifični i treba u potpunosti da se ispoštuju. Najvažnije je da investitor dobije status povlašćenog proizvođača i da sklopi ugovor o otkupu električne energije s Elektroprivredom Srbije po povlašćenim cenama (*feed-in* tarifa).

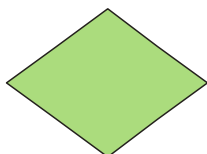
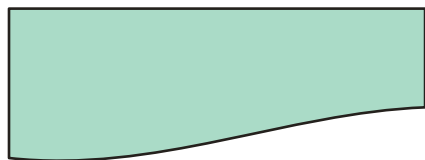
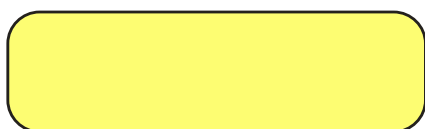
Zatim su prikazane potrebne mere za realizaciju biogas postrojenja. Navedene su sve dozvole i ostala dokumenta koja su neophodna da bi se postrojenje pustilo u pogon i da bi počela isporuka električne energije u javnu električnu mrežu.

6.1 Dijagram toka ostvarenja biogas postrojenja

Dijagram toka (*flow chart*), koji obuhvata aktivnosti, dokumenta i donošenje odluka, jeste dobar način prikazivanja postupka ostvarenja biogas postrojenja, a od pomoći je svakom ko se u takvu investiciju upušta. Primenjuje se u mnogim oblastima, a ovde je iskorišćen da na očigledan način prikaže ono što je potrebno da bi se od ideje došlo do ostvarenja. Struktura i delovi dijagrama toka definisani su nacionalnim standardom *Obrada informacija - Simboli za dijagrame sistema obrade informacija*, a ne razlikuju se od međunarodno prihvaćenih. Značaj pojedinih polja prikazan je u tab. 6.1.

Tab. 6.1 Značenje simbola – polja korišćenih u dijagramu toka, prema SRPS A.F0.004

Simbol, polje



Naziv i objašnjenje simbola

Granično mesto

Početak ili kraj aktivnosti; na primer: početak gradnje postrojenja ili prekid aktivnosti zbog ocene da nije ekonomski opravdano.

Operacija

Svaka aktivnost koja se sprovodi; na primer: prikupljanje ponuda, prijavljivanje za sredstva, pribavljanje dozvola itd.

Dokument

Bilo koji dokument potreban za realizaciju objekta. To je npr. odobrenje lokacije, ugovor, dozvola za gradnju, zapisnik itd.

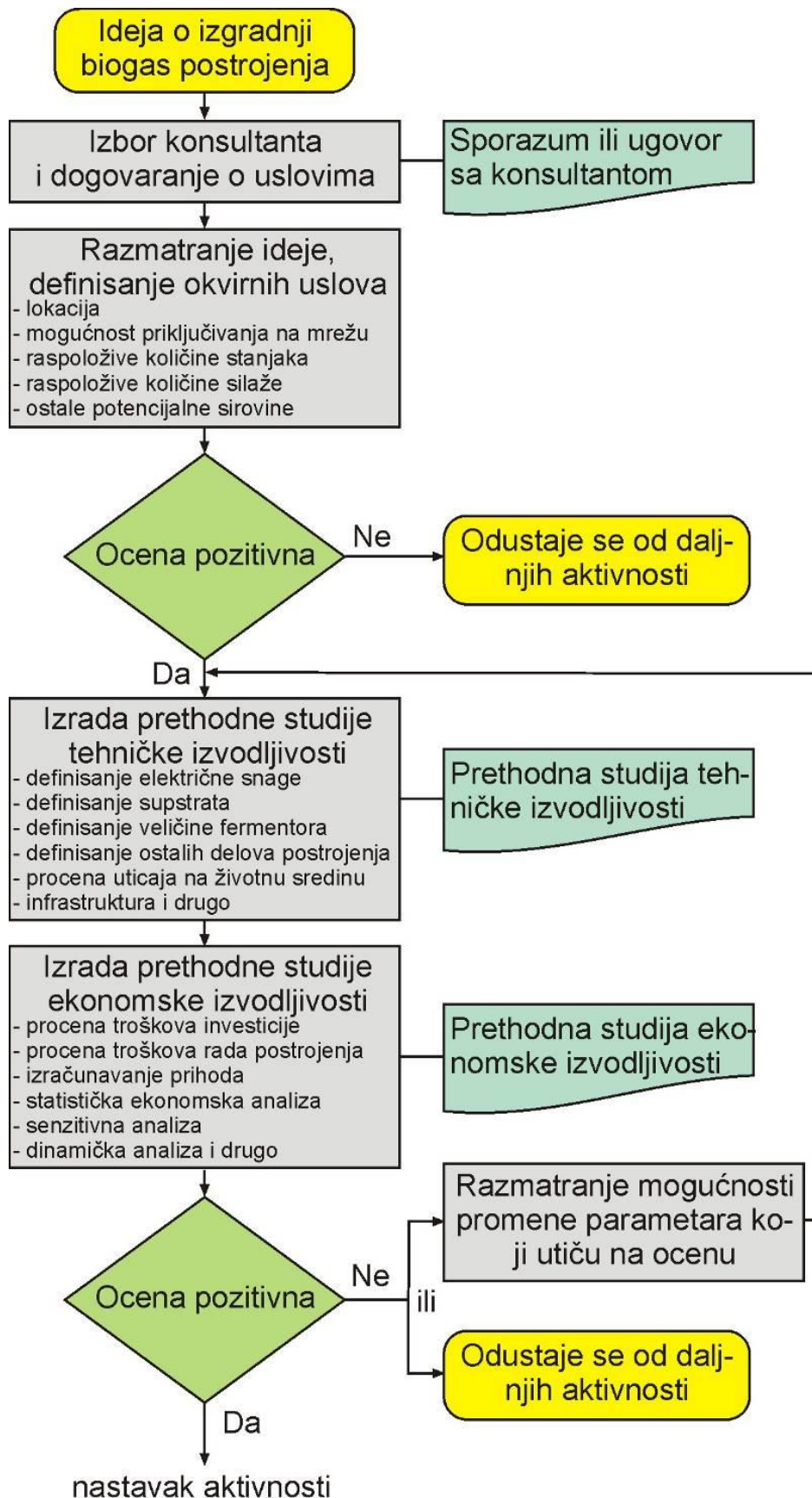
Odluka

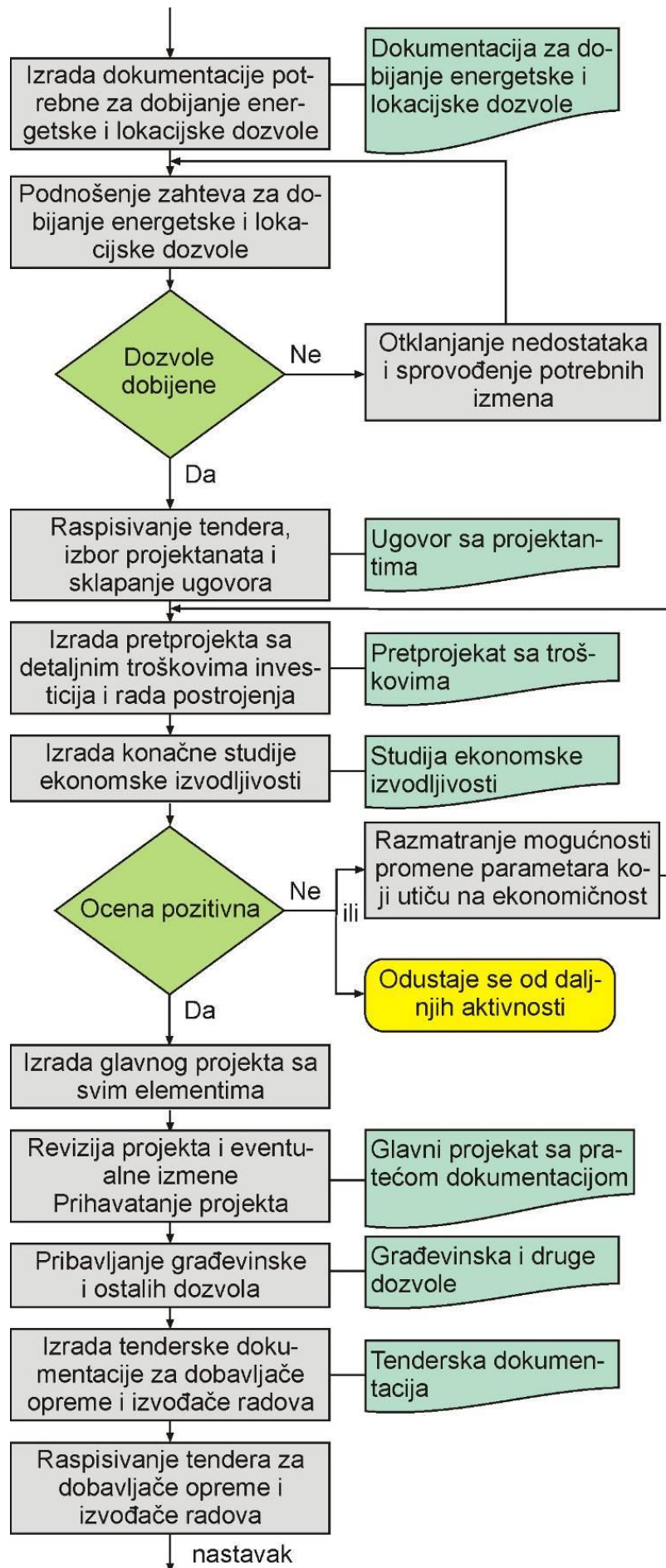
Mesto donošenja odluke, nastavljanje, popravljanje, odustajanje od daljnjih aktivnosti.

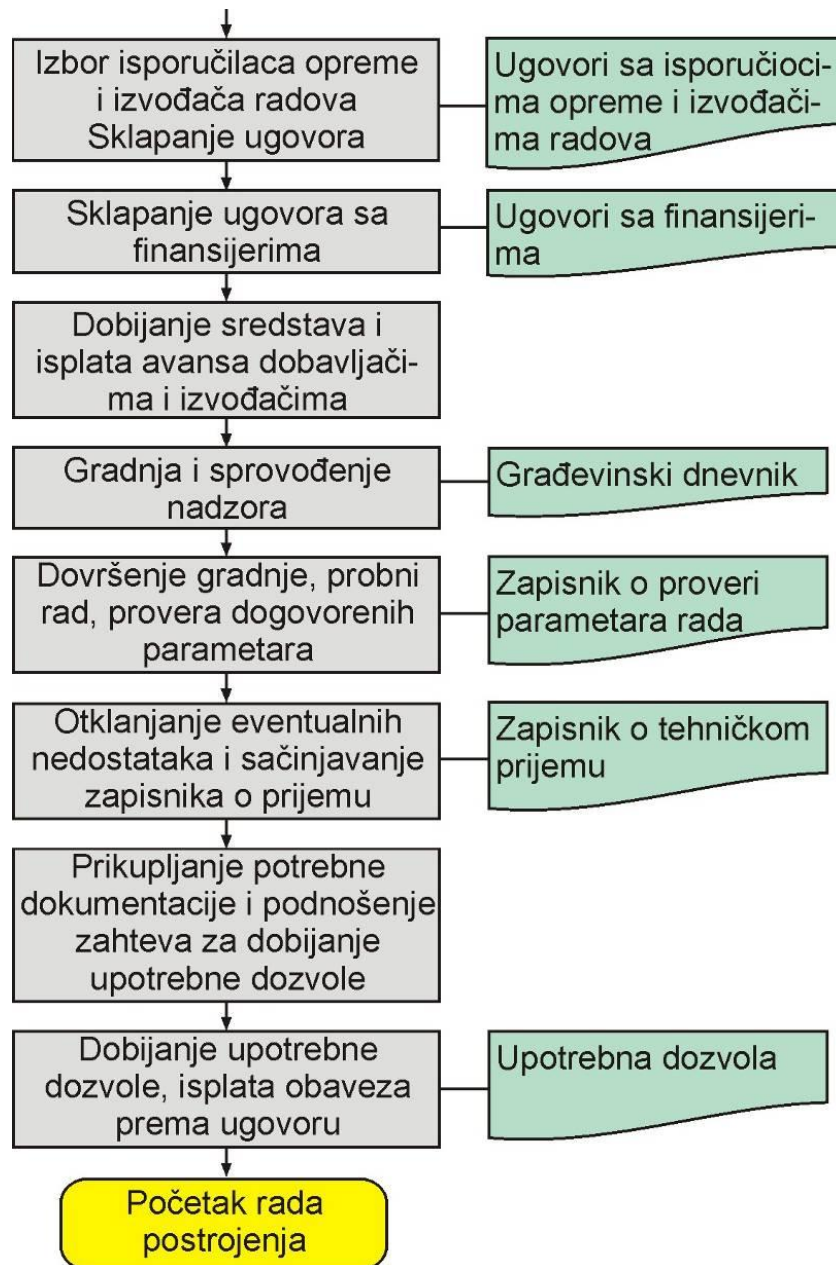
Polja u dijagramu toka povezana su linijama sa strelicama, kojima se upućuje na redosled odvijanja aktivnosti i na osnovu koje aktivnosti proističe neki dokument. Dijagram se negde deli na dva paralelna koloseka, za operacije koje se odvijaju istovremeno. Primenjuje se ukoliko se istovremeno sprovodi više aktivnosti, na primer, istražuju



mogućnosti najpovoljnijeg finansiranja, te istovremeno pribavljaju dokumenti za dobijanje dozvola. Prikupljanje ponuda za opremu i izvođenje radova može da se odvija paralelno s izradom prethodnih studija izvodljivosti, čime bi bio ubrzan rad na glavnom projektu. U ovoj studiji, zbog pojednostavljenja, to nije korišćeno.







Ovde prikazani dijagram toka je pojednostavljen, mada obuhvata sve najvažnije elemente. Posebna pažnja mora da se posveti presečnim tačkama, donošenju odluka, te da se na vreme odluči o eventualnom odustajanju od projekta. Što se kasnije odustane, investitor ima više troškova. Ipak, bolje je da odustane i kasnije, nego da započne značajnija ulaganja u objekat, koji neće biti profitabilan. Tako, na primer, bilo bi bolje da se odustane nakon prethodne studije ekonomske izvodljivosti, ukoliko ona da negativne rezultate, nego konačne studije izvodljivosti. U drugom slučaju je potrošeno više vremena i sredstava.

Prvi i najznačajniji korak jeste da se pribavi lokacijska dozvola, tj. da se proveri da li je gradnja na odabranoj lokaciji dozvoljena. Lokacija bi trebalo da bude u posedu investitora, ili da on ima ugovor o dugotrajnom zakupu.

Druga mera jeste provera energetske uslova, priključenja na mrežu elektrodistribucije. Ukoliko je mesto priključivanja značajno udaljeno, to može odlučujuće da utiče na ekonomske pokazatelje, jer su ulaganja u dalekovod visoka.



6.2 Potrebne dozvole i druga dokumentacija

Za gradnju energetskih postrojenja, a posebno onih koji se ubrajaju u privilegovane proizvođače električne energije, pored uobičajenih i opštih potrebne su i druge, specifične, dozvole i dokumenta.

Na prezentaciji koja je prikazana na sednici Saveta za biomasu Pokrajinskog sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine, 2010. godine, Državni sekretar Dejan Stojadinović prikazao je aktivnosti u oblasti obnovljivih izvora energije. U njegovoj prezentaciji navodi se, u pogledu potrebnih dozvola, sledeće (preuzeto iz *Power Point Presentation*):

Zakon o energetici (*Sl. glasnik RS 84/04*) -Član 27 definiše:

Energetska dozvola se pribavlja za izgradnju i rekonstrukciju objekata za proizvodnju električne energije snage **preko 1 MW–izdaje Ministarstvo rudarstva i energetike** (ovo Ministarstvo je u martu 2011. ukinuto, a oblast energetike je u okviru Ministarstva za infrastrukturu i energetiku).

Za objekte instalisane snage **do 1 MW–građevinske dozvole izdaje lokalna samouprava** (male hidroelektrane, elektrane na biogas, solarne elektrane, elektrane na deponijski gas, elektrane na biomasu).

Nominalna električna snaga	Energetska dozvola	Građevinska dozvola	Staus povlašćenog proizvođača i <i>Feed-in</i> tarifa	Licenca
< 1 MW	Nije potrebno	Opština	Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku ¹ Dugoročni ugovor sa EPS-om	Nije potrebno
1–10 MW	Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku	Opština	Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku Dugoročni ugovor sa EPS-om	Agencija za energetiku (AERS)
> 10 MW	Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku	Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja ²	Ne	Agencija za energetiku (AERS)

¹ Od marta 2011 energetika je u okviru ovog Ministarstva.

² Od marta 2011. promenjen je naziv ovog Ministarstva.

Kasnije je izrađena i dostupna javnosti publikacija (Lepotić Kovačević i dr, 2010), koja može da se nađe na sajtu ministarstva koje pokriva ovu oblast (do marta 2011. Ministarstvo rudarstva i energetike).

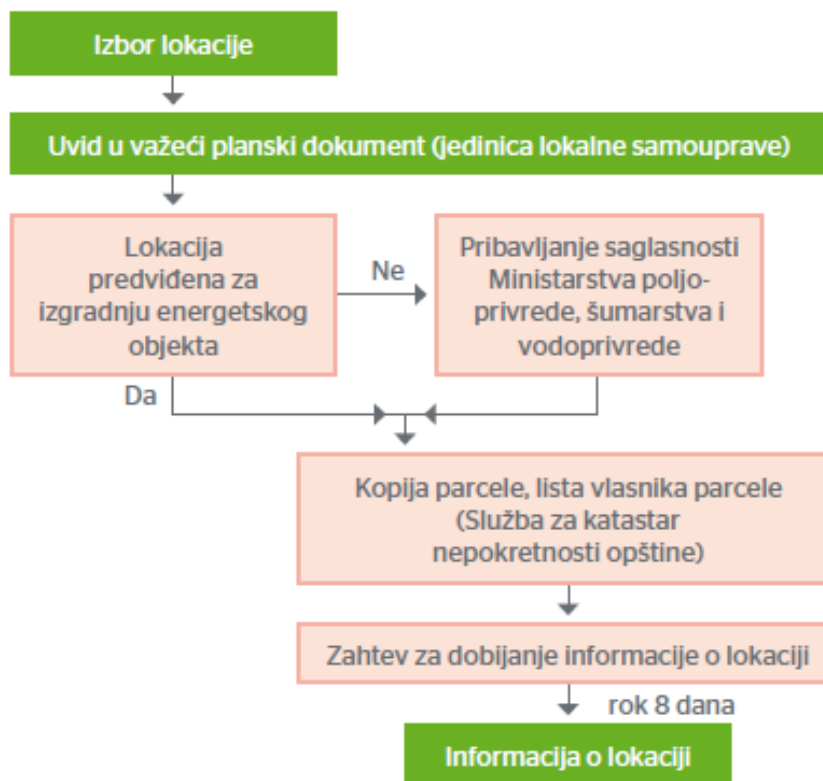
Prema ovoj publikaciji definisana je grupa dozvola i drugih dokumenata:

- I-1 Informacija o lokaciji.
- I-2 Pribavljanje energetske dozvole.
- I-3 Pribavljanje lokacijske dozvole.
- I-4 Pribavljanje građevinske dozvole.

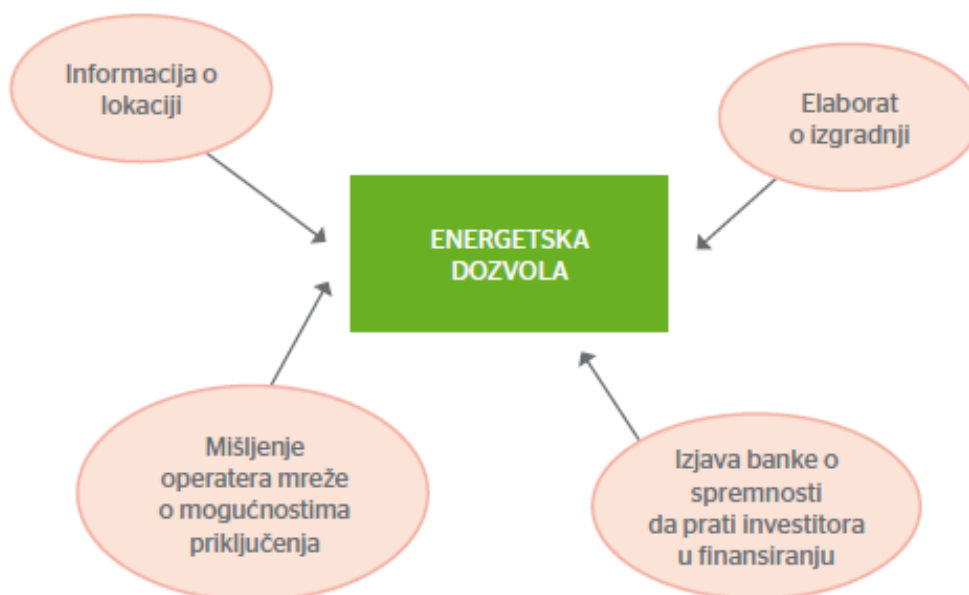
Građenje objekta

- I-5 Pribavljanje upotrebne dozvole.

Izbor lokacije, uvid u važeće planske dokumente i informacija o lokaciji

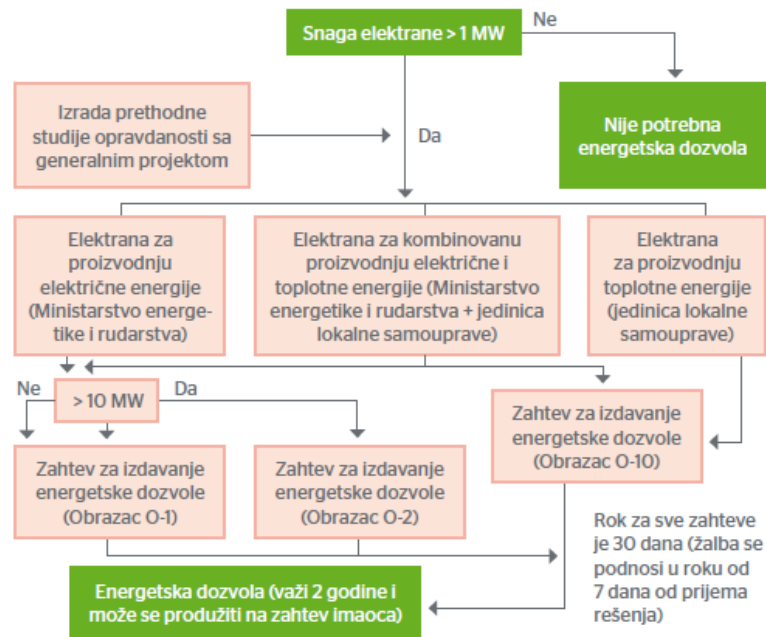


Energetska dozvola



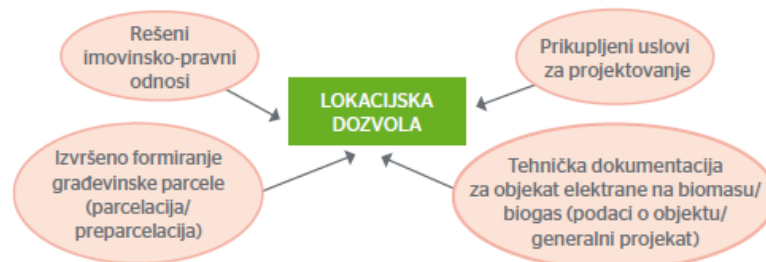


Pribavljanje energetske dozvole

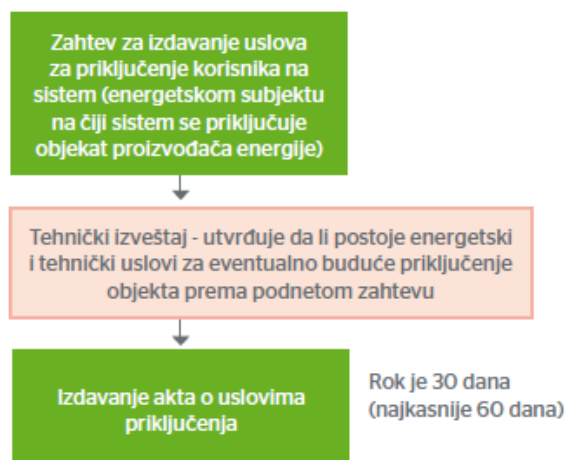


Lokacijska dozvola

Lokacijska dozvola sadrži sve uslove i podatke potrebne za izradu tehničke dokumentacije dokumentacije, glavnog projekta, a u skladu sa važećim planskim dokumentom.

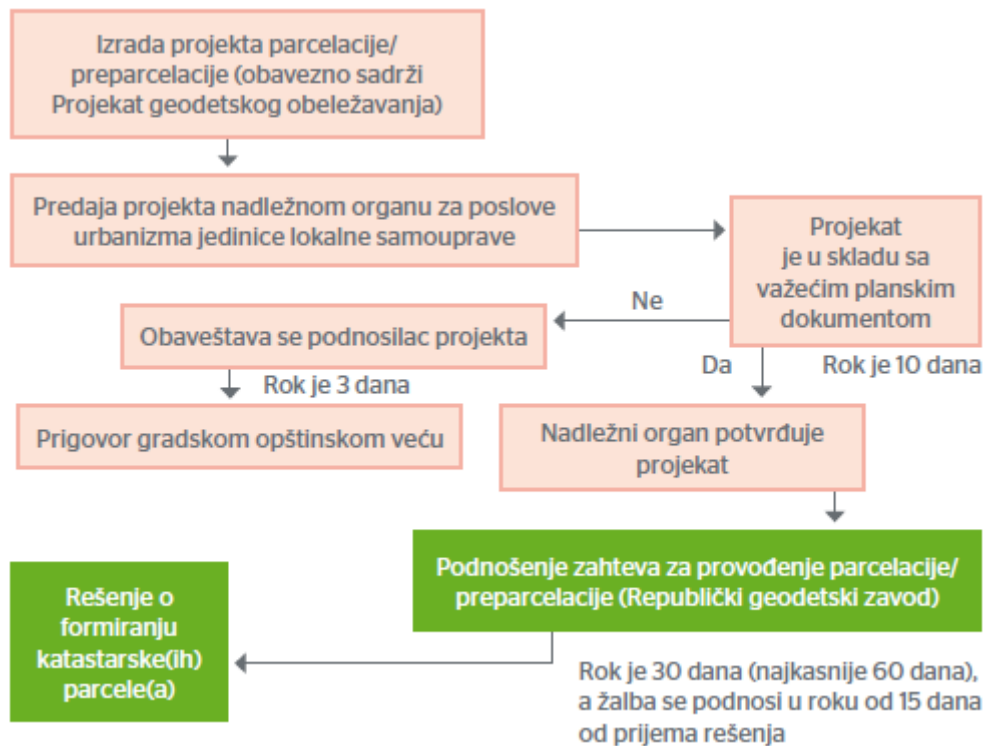


Uslovi za priključenje na elektroenergetsku i/ili mrežu daljinskog grejanja

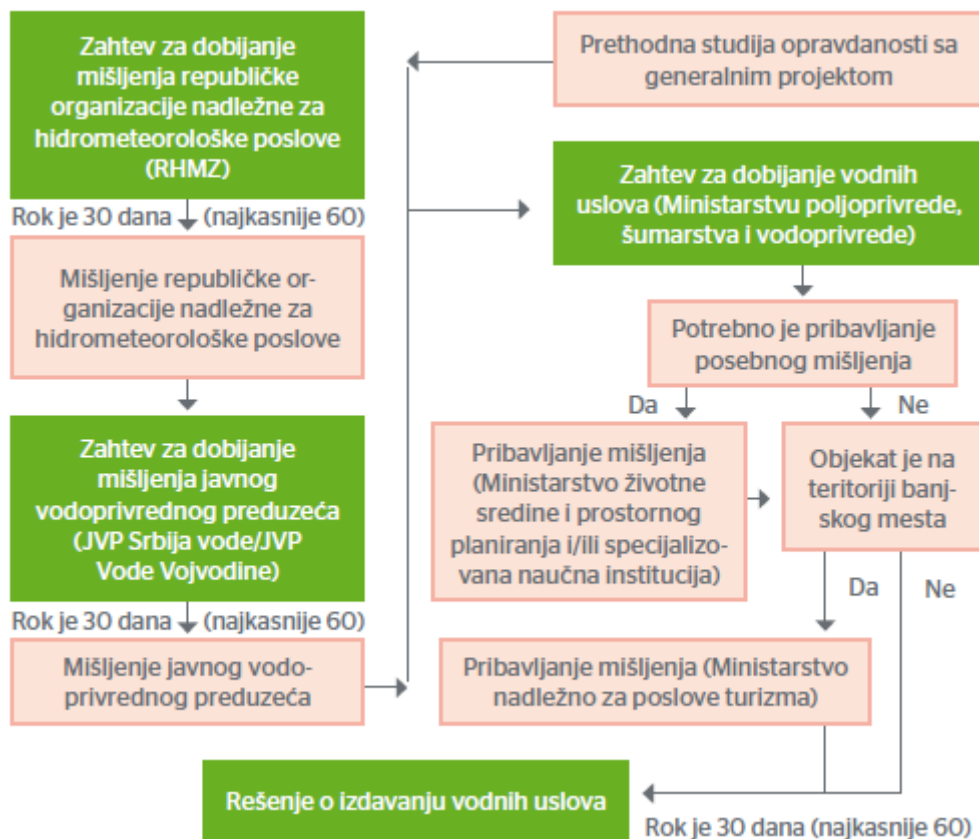




Formiranje građevinske parcele



Vodni uslovi



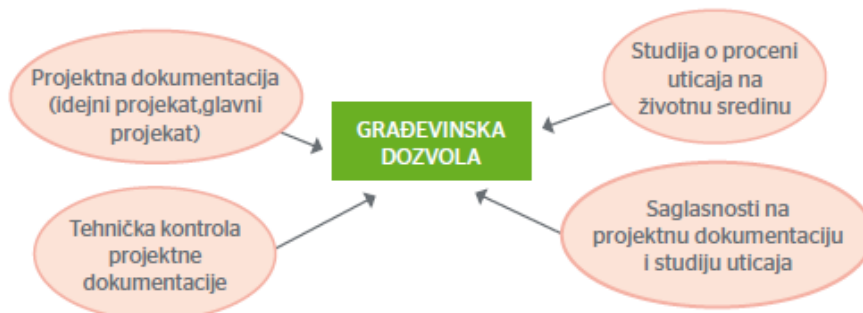


Dobijanje lokacijske dozvole

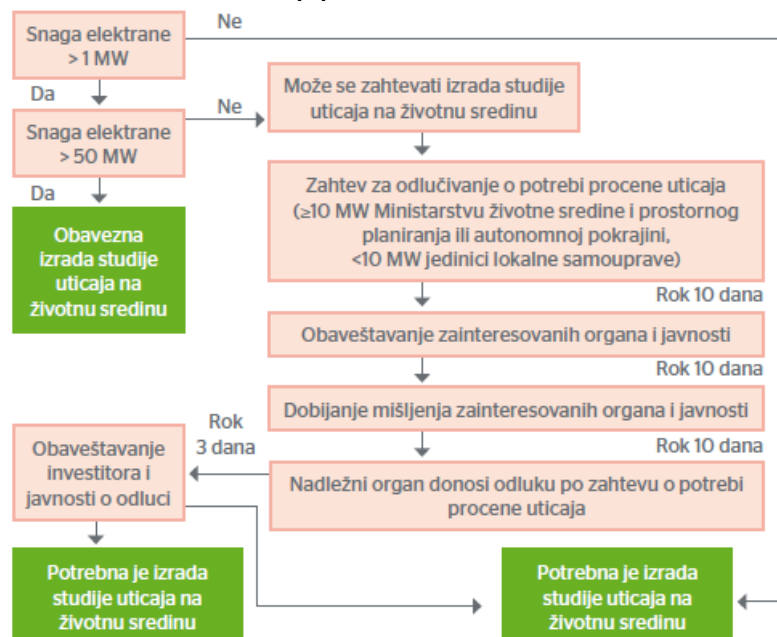


Po obavljenoj tehničkoj kontroli glavnog projekta i pozitivnom izveštaju o tehničkoj kontroli, nadležnom organu jedinice lokalne samouprave podnosi se zahtev za izdavanje građevinske dozvole.

Građevinska dozvola

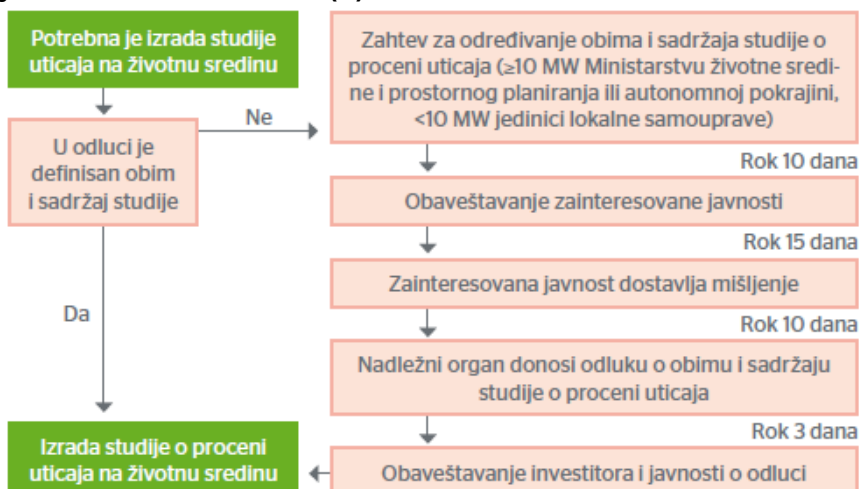


Procena uticaja na životnu sredinu (1)

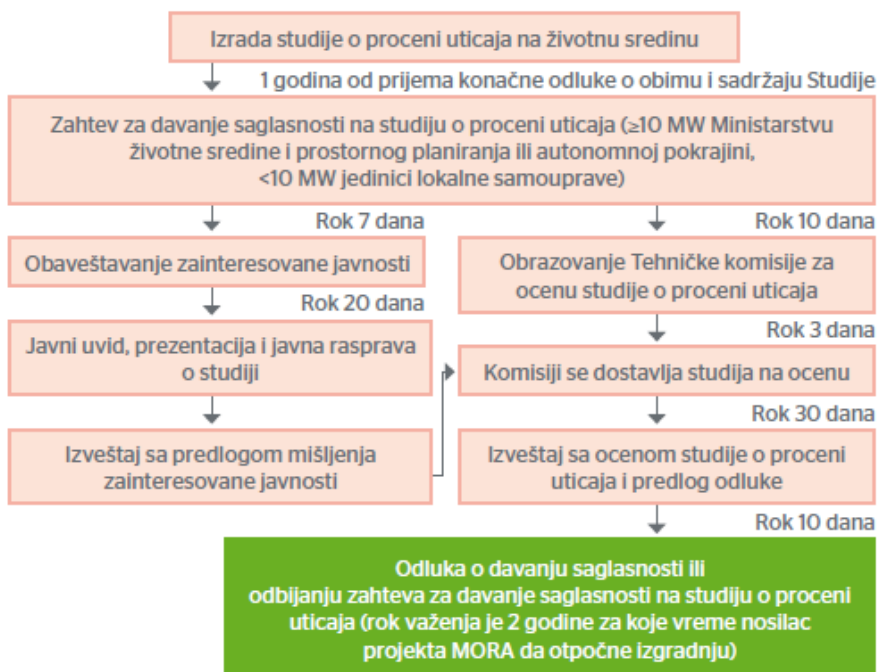




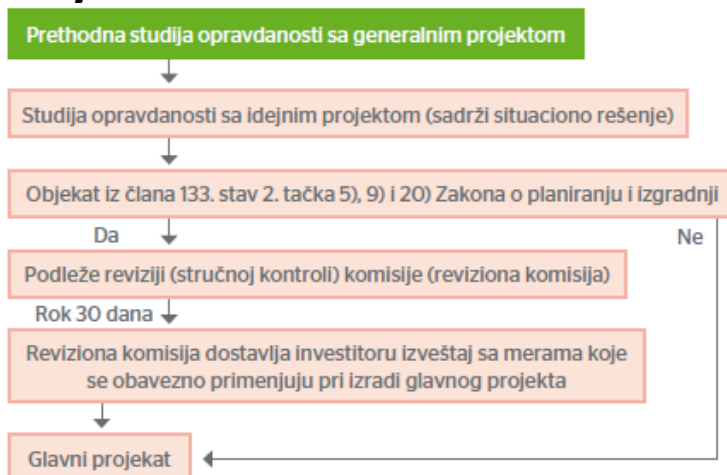
Procena uticaja na životnu sredinu (2)



Procena uticaja na životnu sredinu (3)

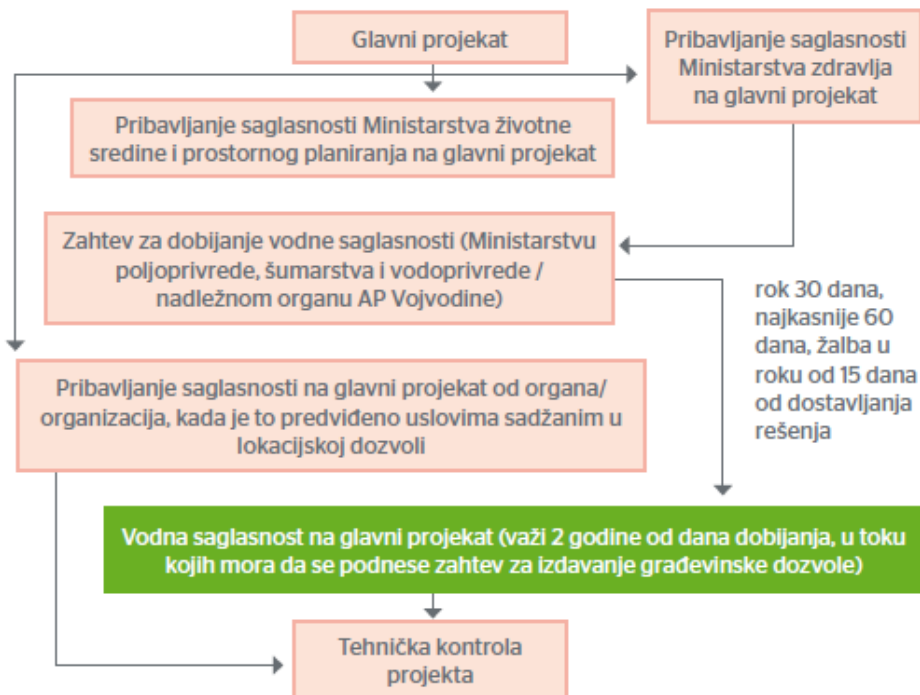


Tehnička dokumentacije





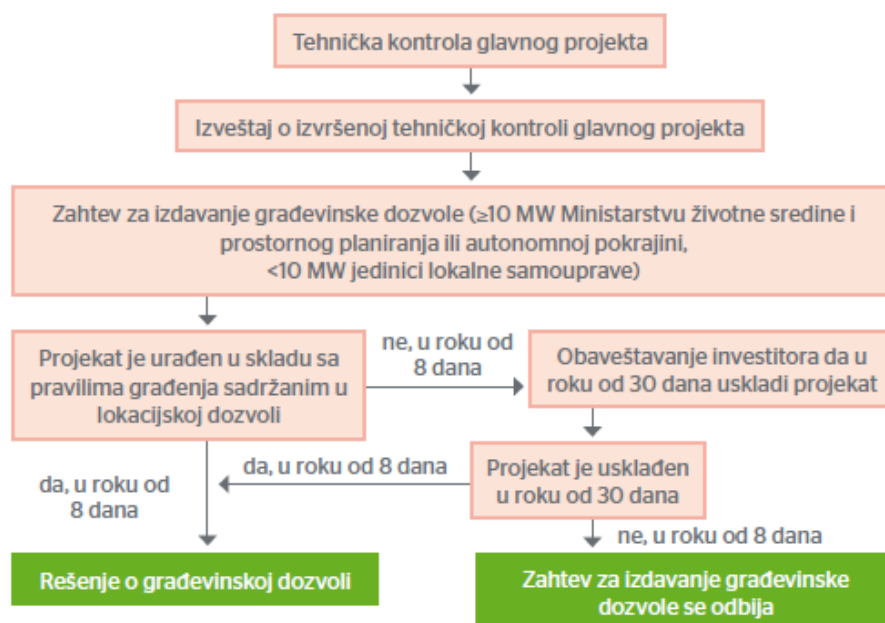
Vodna saglasnost i tehnička kontrola projekta



Građevinska dozvola* - prilozi uz zahtev:

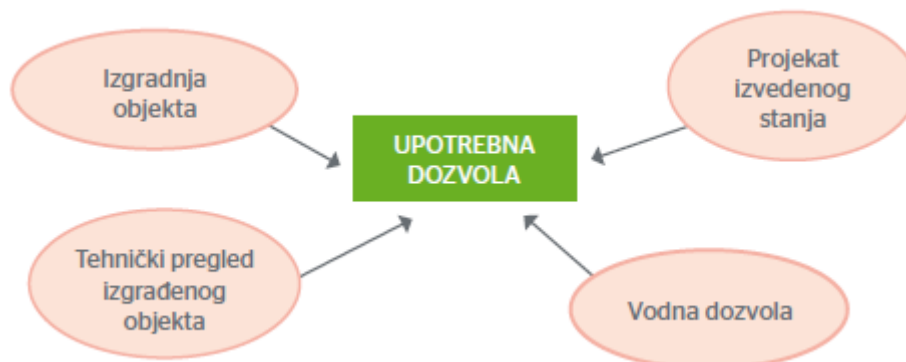
- Lokacijska dozvola.
- Glavni projekat u tri primerka s izveštajem o obavljenoj tehničkoj kontroli i potvrdom o ispravnosti.
- Dokaz o pravu svojine, odnosno pravu zakupa na građevinskom zemljištu (priloženo i za lokacijsku dozvolu).
- Dokaz o uređivanju odnosa u pogledu plaćanja naknade za uređivanje građevinskog zemljišta.
- Dokaz o uplati administrativne takse.
- Energetska dozvola (ako je snaga elektrane veća od 1 MW).

* Za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje Ministarstvo, odnosno autonomna pokrajina, uz zahtev se podnosi i izveštaj revizione komisije.

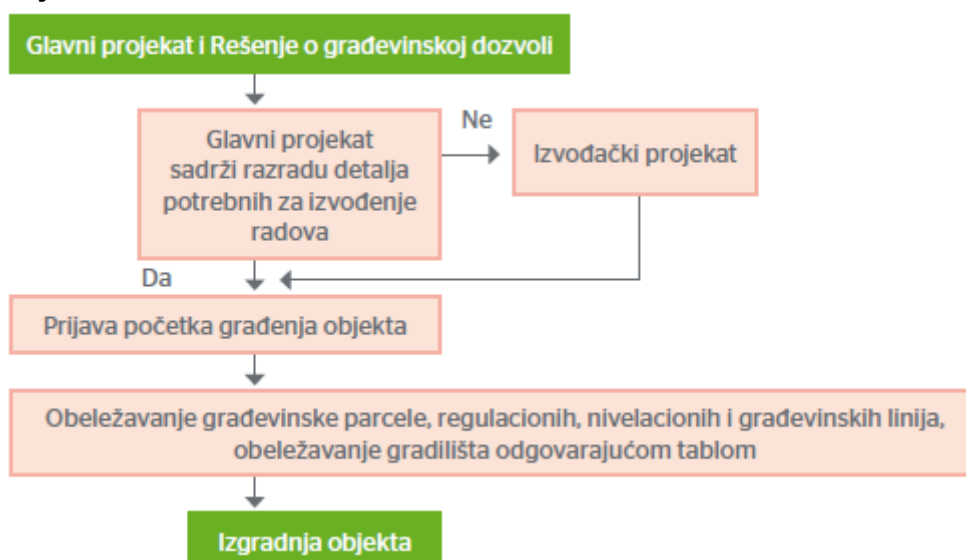


Upotrebna dozvola

- Podobnost objekta za upotrebu utvrđuje se tehničkim pregledom.
- Objekat može da se koristi po prethodno pribavljenoj upotrebnoj dozvoli.
- U procesu dobijanja upotrebne dozvole potrebno je priložiti projekat izvedenog stanja.

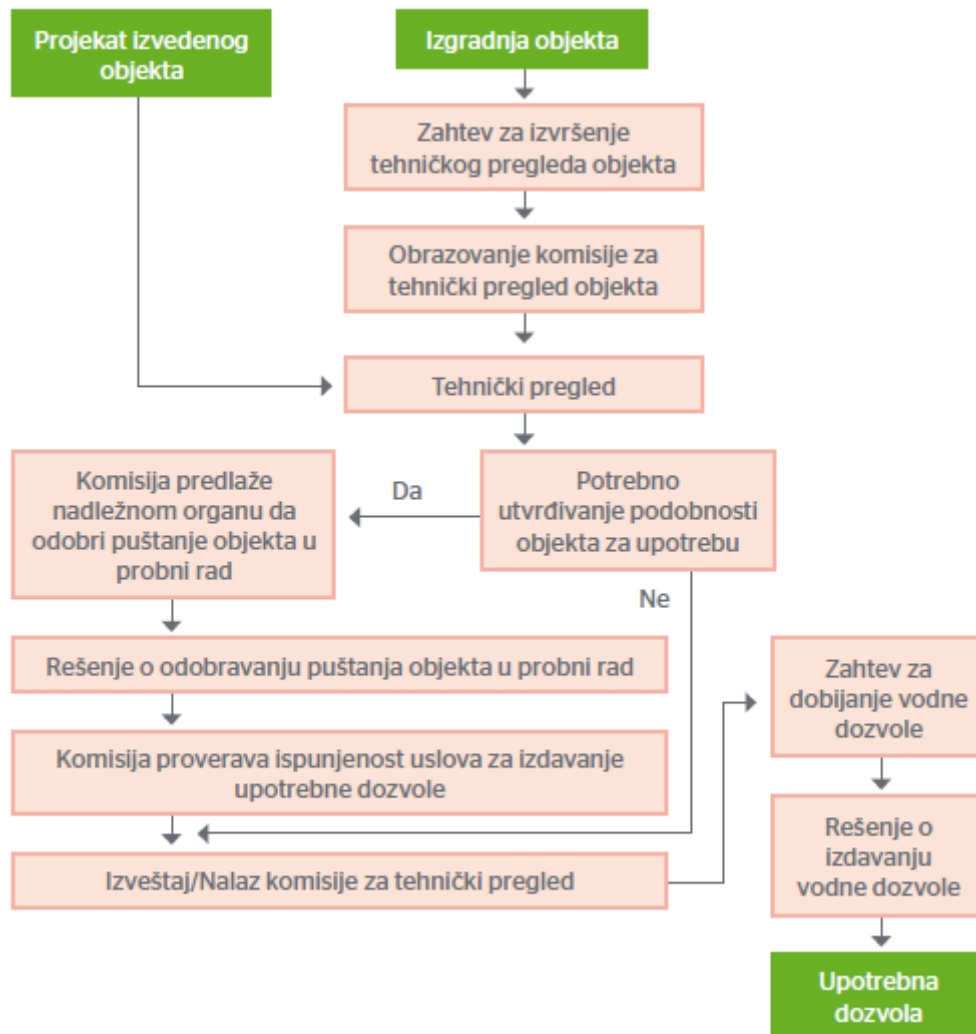


Izgradnja objekta

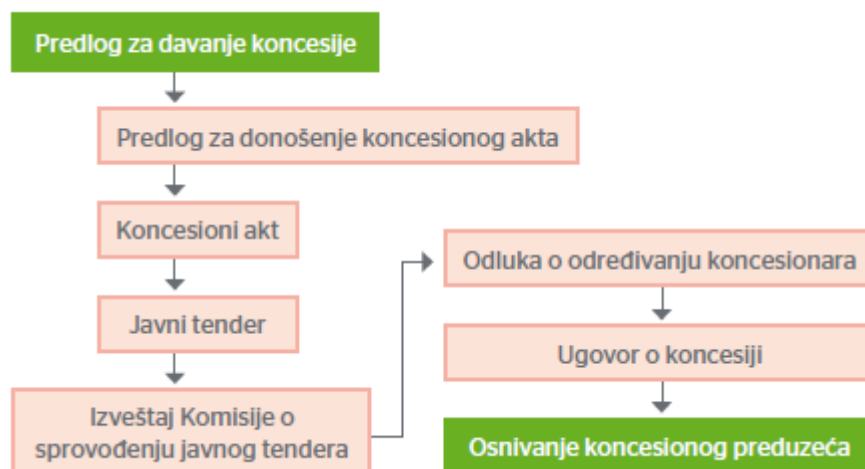




Tehnički pregled i upotrebna dozvola

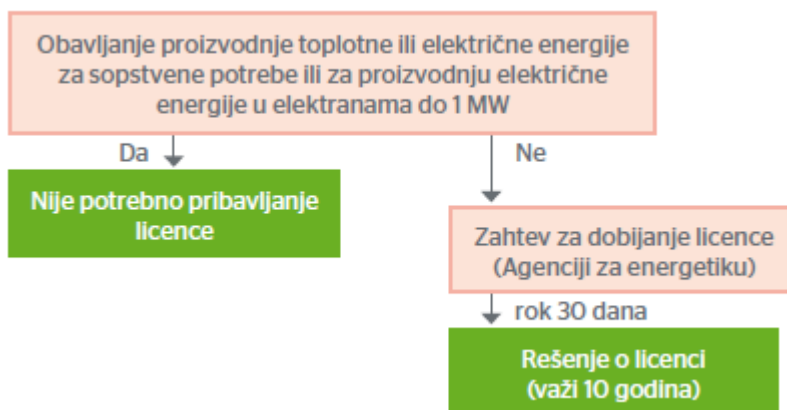


Koncesija

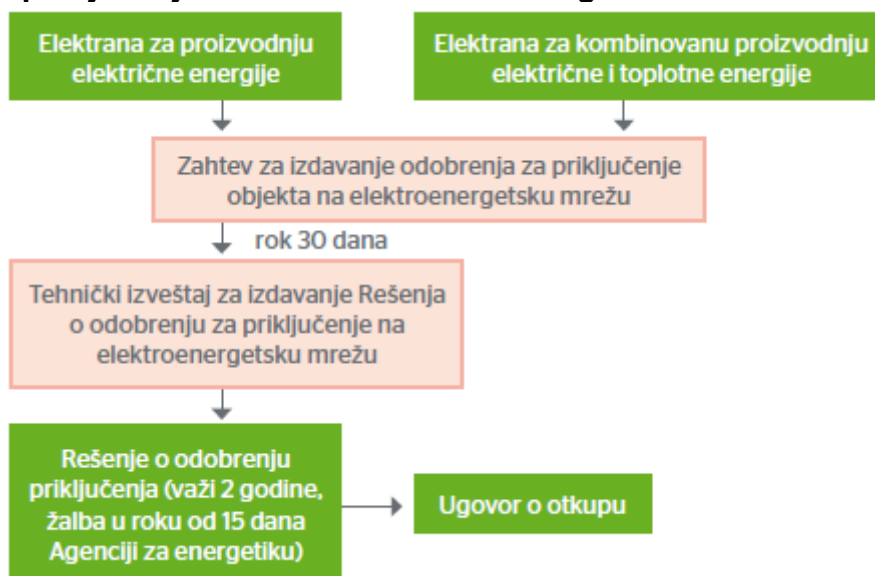




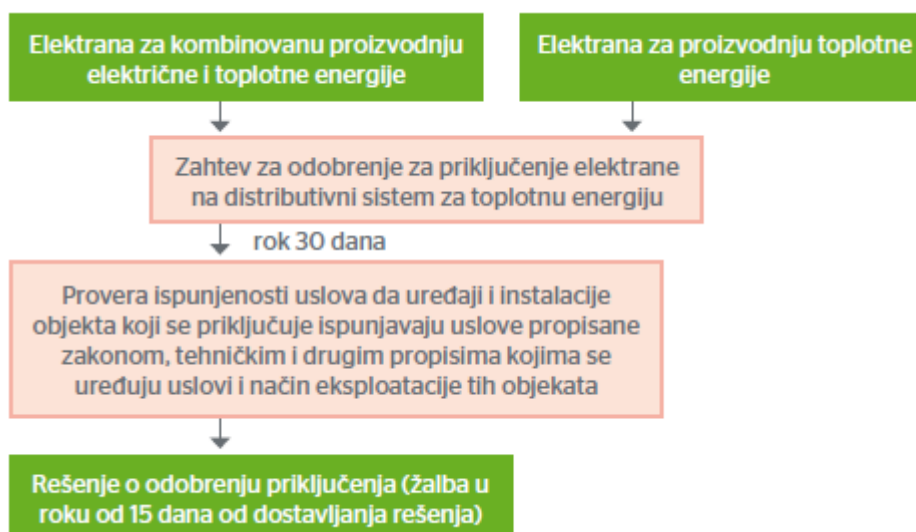
Dobijanje licence



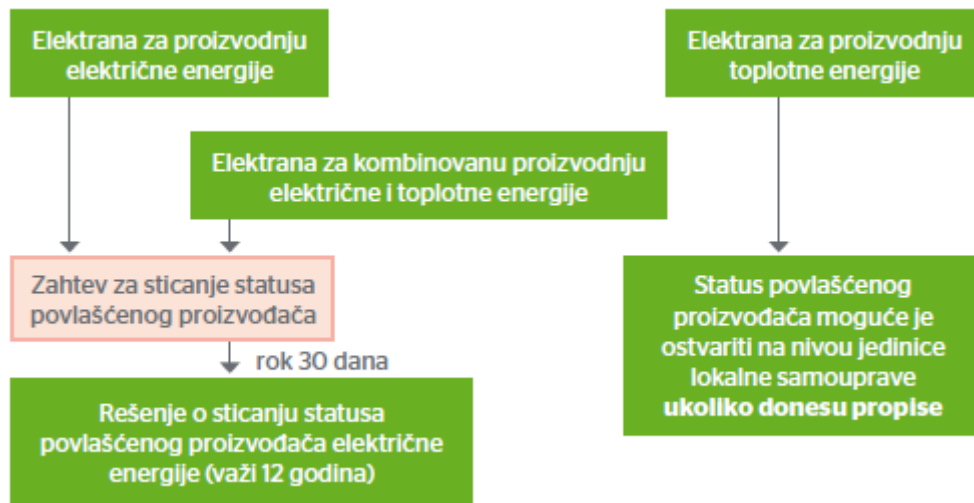
Odobrenje za priključenje elektrane na elektroenergetsku mrežu



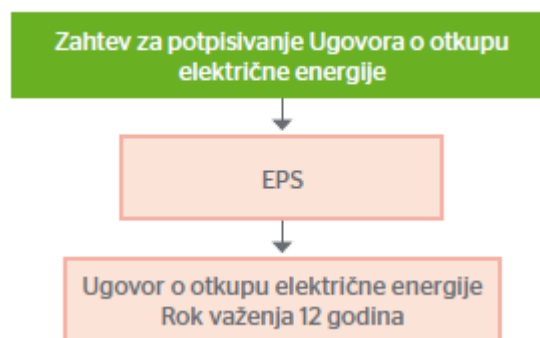
Odobrenje za priključenje elektrane na mrežu za distribuciju toplotne energije



Sticanje statusa povlašćenog proizvođača



Ugovor o otkupu električne energije



6.3 Komentari

Kao što se vidi, potrebna su brojna dokumenta i dozvole. Pažljivim čitanjem uočavaju se nedorečenosti i nelogičnosti. Status povlašćenog proizvođača i ugovor dobijaju se na kraju, kada je već gotovo sve sprovedeno. Takođe, u drugoj publikaciji navodi se da licenca mora da se dobije i za postrojenja nominalne električne snage do 1 MW, što prema prvo navedenoj prezentaciji nije bio slučaj.

Ukoliko se od lokalne elektrodistribucije zatraži energetska saglasnost, odgovor će biti zbunjujući: *mi nismo nadležni*. A to bi trebalo da je jedan od prvih koraka, značajan za procenu troškova investicije, sa velikim uticajem na rezultate studije ekonomske izvodljivosti. Dok se ovakve nedorečenosti ne razreše, svaki potencijalni investitor u biogas postrojenje srešće se sa brojnim problemima, što će da oteža i poskupi realizaciju.

Kada se jednom problemi pribavljanja dozvola i dokumentacije ipak reše, investitor mora da bude svestan da je i tada potrebno mnogo administrativnog posla. Samo da se navede da u prethodnom spisku nema pomena o merama zaštite od požara, a one bi u slučaju biogas postrojenja sigurno imale svoje specifičnosti. One ovde nisu navedene jer se sprovode za sva postrojenja, mada je slučaj proizvodnje i korišćenja biogasa specifičan.

Čak i u vrlo uređenim zemljama od početka aktivnosti do kompletiranja dokumentacije prođe više meseci. To može da utiče i na prethodne procene izvodljivosti, jer se uslovi kupovine opreme menjaju, a ukoliko se finansijska sredstva ranije angažuju, troškovi za njihovu otplatu rastu, jer do početka proizvodnje nema prihoda.



Ono što bi državna administracija, na svim nivoima, mogla i morala da uradi, to je da se olakša postupak dobijanja dozvola. Naravno, ako su svi tehnički i zakonski uslovi ispunjeni. Ukoliko se to ne ostvari, realizacija biogas postrojenja biće svedena na minimum.



7. OSNOVNE SMERNICE ZA IZRADU PRETHODNIH STUDIJA IZVODLJIVOSTI

Kao i pri svakom drugom investiranju, a kao što je navedeno u poglavlju 6.2, jedna od obaveznih faza jeste izrada studija tehničke i ekonomske izvodljivosti. Nadalje su prikazane osnovne smernice za izradu ovih studija za biogas postrojenje.

7.1 Izrada prethodne studije tehničke izvodljivosti

Ostvarenje biogas postrojenja počinje od ideje potencijalnog investitora, a potrebno je da se dobro razmotre tehničke i finansijske mogućnosti za njegovu gradnju. Prvi korak u razradi ideje jeste definisanje veličine postrojenja, što podrazumeva pre svega električnu, a sa tim u vezi i termičku snagu postrojenja. Zatim je potrebno da se proceni mogućnost plasmana proizvedene električne i toplotne energije iz biogasa, ali i potrošnja energije za pogon postrojenja. Razmatra se još i konfiguracija postrojenja sa potrebnom infrastrukturom, mašinama i opremom, površina lokacije na kojoj će se izgraditi. Sve ove stavke potrebno je da sadrži prethodna studija tehničke izvodljivosti.

7.1.1 Snaga biogas postrojenja

Prvenstveni cilj jeste da se definišu raspoložive količine supstrata za proizvodnju biogasa, a time i snaga biogas postrojenja koja od toga zavisi.

Najpovoljniji supstrati su ekskrementi stoke (čvrsti i tečni stajnjak). Na drugom mestu su različiti biljni supstrati, npr. silaža kukuruza. Pošto se razmatraju prvenstveno poljoprivredna biogas postrojenja, drugi supstrati koji mogu da posluže kao sirovina su izuzetak i koriste se u manjim količinama (repin rezanac, kuhinjski otpad, drugi nusproizvodi prehrambene industrije).

Čvrsti i tečni stajnjak iz vlastite stočarske proizvodnje najpovoljniji su supstrat, jer su besplatni. Naime, u procesu proizvodnje biogasa se stajnjak stabilizuje, a iz njega se izdvajaju većinom metan i ugljen-dioksid. Zato je ostatak fermentacije upotrebljiv za distribuciju na polja, ostvarujući efekte koji se postižu čvrstim i/ili tečnim stajnjakom.

Cena drugih supstrata zavisi od brojnih uticaja. Treba dobro da se proceni, ali isto tako i sigurnost snabdevanja. Najbolje bi bilo da potiče od sopstvene proizvodnje, sa vlastitih njiva. Silaža kukuruza ili neki drugi biljni supstrat treba da se koristi za povećanje snage biogas postrojenja, ako nema dovoljno stajnjaka na farmi, pod uslovom da se to isplati.

Nakon prikupljanja podataka o vrstama i godišnjim količinama potencijalnih supstrata, procenjuje se potencijalna godišnja proizvodnja biogasa. Za to se koriste literaturni podaci o prinosima biogasa, koji su orijentacioni (potpoglavlje 2.3, prilog I). Potencijalni prinosi biogasa uglavnom su dati po količini sveže mase supstrata. Međutim, potencijalni prinos biogasa menja se u zavisnosti od sadržaja vlage u supstratu, a zavisi i od udela organske suve mase. Za tačnije određivanje godišnje proizvodnje biogasa, utvrđuje se udeo suve i organske suve mase u supstratu. Prinos biogasa u svim slučajevima se iskazuje u zapremini pri standardnim uslovima (0 °C i 101,325 kPa) – Stm^3



(standardni kubni metar). Na taj način definiše se tačna energetska vrednost, jer u najvećem broju slučajeva biogas na izlasku iz fermentora ima temperaturu oko 40 °C i natpritisak oko 30 mbar.

Proračun potencijalne dnevne proizvodnje biogasa i pratećih parametara sprovodi se za svaku vrstu supstrata posebno, a ukupna količina računa se kao zbir proizvodnje iz svih supstrata. Sledeće formule se koriste za proračun:

$$\begin{aligned} & \text{suva masa (t}_{SM}/d) \\ & = \\ & \text{sveža masa (t}_{SvM}/d) \times \text{udeo suve mase (t}_{SM}/t_{SvM}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{organska suva masa (t}_{OSM}/d) \\ & = \\ & \text{sveža masa (t}_{SvM}/d) \times \text{udeo organske suve mase (t}_{OSM}/t_{SvM}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja biogasa (Stm}^3/d) \\ & = \\ & \text{sveža masa (t}_{SvM}/d) \times \text{prinos biogasa (Stm}^3/t_{SvM}) \end{aligned}$$

ili

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja biogasa (Stm}^3/d) \\ & = \\ & \text{suva masa (t}_{SM}/d) \times \text{prinos biogasa (Stm}^3/t_{SM}) \end{aligned}$$

ili

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja biogasa (Stm}^3/d) \\ & = \\ & \text{organska suva masa (t}_{OSM}/d) \times \text{prinos biogasa (Stm}^3/t_{OSM}) \end{aligned}$$

gde su:

SvM – sveža masa,

SM – suva masa,

OSM – organska suva masa.

Kada je poznata potencijalna godišnja proizvodnja biogasa, potrebno je da se odredi nominalna instalirana snaga kogenerativnog postrojenja, koja treba da bude optimalna za količinu biogasa. Ako se izabere manja snaga, neće moći da se sagori sav biogas, koji će najverovatnije morati da se ispusti u atmosferu zbog ograničenog skladištenja (štetno se utiče na životnu sredinu) ili da se spali u gasnoj baklji (značajan energetska gubitak). Ako se izabere prevelika snaga, to je onda nepotrebna investicija za nešto što se ne koristi dovoljnim kapacitetom. Za određivanje optimalne instalirane električne snage prvo se određuje potrebna snaga, a zatim se u obzir uzimaju zastoji u radu i potrebna rezerva u kapacitetu.

Potrebna električna snaga kogenerativnog postrojenja je ona koja omogućava da se sagori celokupna količina proizvedenog biogasa, u radu pri 100 % nominalnoj snazi (24 h dnevno ili 8.760 h na godišnjem nivou). Međutim, kogenerativno postrojenje u pogonu ne može da ostvari neprekidan rad na godišnjem nivou nominalnom snagom zbog zastoja za sprovođenje održavanja i popravki, pa se u određenom periodu proizvedeni biogas privremeno skladišti. Osim toga, stvarna proizvodnja biogasa na postrojenjima koja su u



pogonu u praksi premašuje potencijalnu (Effenberger et al, 2009b). Zbog svega ovoga je neophodno da instalirana nominalna električna snaga kogenerativnog postrojenja ima određenu rezervu u kapacitetu. Najčešće se usvaja da je ona veća za 10 % od potrebne snage, što odgovara radu motora nominalnom snagom oko 22 h dnevno ili oko 8.000 h na godišnjem nivou. Motor je podešen tako da pri radu nominalnom snagom ima minimalnu specifičnu potrošnju goriva (g/kWh). Međutim, maksimalna snaga veća je od nominalne, ali je tada specifična potrošnja goriva malo veća. To znači da bi u nekim slučajevima kogenerativno postrojenje imalo dovoljno kapaciteta da sagori proizvedeni biogas, ali bi potrošilo više biogasa za istu količinu proizvedene električne energije. Upravo zato se cilja na rezervu u kapacitetu.

Za proračun električne snage postrojenja, osim količine biogasa, potrebno je da se poznaje i udeo metana u biogasu, električni stepen korisnosti i broj sati rada kogenerativnog postrojenja, pri nominalnom opterećenju.

Količina energije koja se dovodi kogenerativnom postrojenju (primarna energija biogasa) računa se prema udelu metana u biogasu i njegovoj energetskej vrednosti, odnosno donjoj toplotnoj moći ($9,97 \text{ kWh}_p/\text{Stm}^3$). U obzir se uzima samo metan, jer je on jedini gorivi gas čiji je udeo značajan. Koliko će se električne energije proizvesti iz primarne energije biogasa, zavisi od električnog stepena korisnosti. Međutim, potrebno je da se u obzir uzme električni stepen korisnosti na godišnjem nivou. Motor kogenerativnog postrojenja u toku godine u pogonu radi pri različitim parcijalnim opterećenjima. Zato je električni stepen korisnosti na godišnjem nivou malo niži od kataloške vrednosti koju daje proizvođač i koji se meri pri nominalnoj snazi u laboratorijskim uslovima. Potrebno je da se u obzir uzme i da vrednost električnog stepena korisnosti opada nakon određenog vremena u pogonu. Realno je da se kataloška vrednost umanjuje za 2 %, a maksimalno za oko 3 %. To znači da, ako je kataloška vrednost 40 %, električni stepen korisnosti na godišnjem nivou treba da se računa sa oko 38 %.

Ukoliko se na postrojenju koriste dizel motori s inicijalnim paljenjem, potrebno je da se uračuna i količina električne energije proizvedena od dizel goriva. Tada se sabiraju primarna energija biogasa i primarna energija dizel goriva, pa se izračunava proizvodnja električne energije.

Električna snaga postrojenja prema navedenim principima izračunava se sledećim formulama:

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja metana (Stm}^3/\text{d)} \\ & = \\ & \text{proizvodnja biogasa (Stm}^3/\text{d)} \times \text{udeo metana u biogasu (Stm}^3 \text{ CH}_4/\text{Stm}^3 \text{ biogasa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{primarna energija biogasa (kWh}_p/\text{d)} \\ & = \\ & \text{proizvodnja metana (Stm}^3/\text{d)} \times \text{energetska vrednost metana (kWh}_p/\text{Stm}^3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja električne energije (kWh}_e/\text{d)} \\ & = \\ & \text{primarna energija biogasa (kWh}_p/\text{d)} \times \text{električni stepen korisnosti (\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{potrebna električna snaga (kW}_e) \\ & = \\ & \text{proizvodnja električne energije (kWh}_e/\text{d)} / 24 \text{ (h)} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} & \text{nominalna električna snaga (kW}_e\text{)} \\ & = \\ & \text{potrebna električna snaga (kW}_e\text{)} \times (1 + \text{rezerva u kapacitetu}) \end{aligned}$$

gde su:

kWh_p –količina primarne energije

kWh_e –količina električne energije

kW_e –električna snaga kogenerativnog postrojenja

7.1.2 Energetski bilansi

Energetskim bilansom određuje se proizvodnja električne i toplotne energije, čijim se plasmanom ostvaruju novčani prihodi ili uštede. Bitno je da se odredi i potrebna energija za pogon postrojenja (procesna energija), za koju treba predvideti troškove.

Proizvedena količina električne energije je praktično već određena pri računanju nominalne električne snage kogenerativnog postrojenja. Drugi način da se ona odredi jeste da se pomnoži nominalna električna snaga sa 8.000 h rada. Pošto je za električnu energiju proizvedenu iz biogasa predviđena povlašćena cena, *feed-in* tarifa (Anonim, 2009c), ekonomski je povoljnije da se celokupna proizvedena količina plasira u javnu električnu mrežu, odnosno proda. Procesna električna energija se u tom slučaju obezbeđuje iz javne električne mreže po nižoj ceni od povlašćene.

Procesna električna energija potrebna je za pogon električnih mašina: pumpe, kompresori, mešalice, dozatori čvrstih supstrata. Količina koja se troši na postrojenju zavisi od snage elektromotora u kW_e svake pojedinačne komponente opreme i vremena, te opreme u pogonu. Većina komponenti opreme je povremeno u pogonu i uključuje se nekoliko puta na dan. Ukupna procesna električna energije računa se kao zbir za sve pojedinačne komponente. Međutim, često se teško određuje vreme trajanja pogona, koje se često i menja zbog optimizacije procesa ili zbog uključivanja po potrebi. U tom slučaju se ona procenjuje, a za postrojenja u pogonu postižu se vrednosti 4 do 20 % od proizvedene (Anonim, 2009e; Effenberger et al, 2009b).

$$\begin{aligned} & \text{procesna električna energija (kWh}_e\text{/d)} \\ & = \\ & \text{snaga elektromotora (kW}_e\text{)} \times \text{vreme trajanja pogona elektromotora (h/d)} \end{aligned}$$

Kogenerativno postrojenje može da ima jedan ili dva razmenjivača toplote. Kada ima samo jedan, tada se koristi samo toplotna energija iz hladnjaka kućišta motora. Ovaj razmenjivač je obavezan, pošto je potrebno da se motor neprekidno hladi. Zato, kada ne postoji potreba za iskorišćenjem toplotne energije, potrebno je da se obezbedi rezervni način hlađenja motora. Najčešće je to u izvedbi stonog vazdušnog hladnjaka (hlađenje ventilatorima i okolnim vazduhom). Drugim razmenjivačem toplote koristi se toplotna energija produkata sagorevanja, koji nije neophodan i ugrađuje se samo kada postoji mogućnost da se iskoristi i ova količina energije. Postoji bitna razlika u mogućnostima iskorišćenja i kvalitetu toplotne energije ova dva tipa razmenjivača. Razmenjivačem toplote motora proizvodi se toplotna energija na nižem temperaturnom nivou, što je pogodno samo za potrebe grejanja, npr. u sistemu 90/70 °C. Produkti sagorevanja na izlazu imaju temperaturu oko 500 °C, što znači da je moguće da se proizvodi vodena para za razne tehnološke svrhe, npr. za sušenje poljoprivrednih proizvoda. U ovom razmenjivaču, takođe, može da se zagreva topla voda za potrebe grejanja. Ako su instalirana oba



razmenjivača toplote, termička snaga koegnerativnog postrojenja je 10 do 40 % veća od električne snage, u zavisnosti od tipa motora i proizvođača. Najčešće je termička snaga veća za oko 20 %, što znači da za električni stepen korisnosti od 38 % u odnosu na primarnu energiju biogasa, termički iznosi 45 %. Ipak ovo zavisi od pogonskih uslova, tj. minimalnih temperatura do kojih je dozvoljeno da se hlade produkti sagorevanja zbog niskotemperaturne korozije. Važi isto kao i za električnu, da za stvarnu vrednost termičke snage treba računati manje za oko 2 % od kataloške. Raspodela ukupne termičke snage na termičku snagu u hladnjaku motora i termičku snagu produkata sagorevanja je približno 40 i 60 %.

$$\begin{aligned} & \text{proizvodnja toplotne energije (kWh_t/d)} \\ & = \\ & \text{primarna energija biogasa (kWh_p/d) x termički stepen korisnosti (\%)} \end{aligned}$$

gde je:

kWh_t –količina toplotne energije

Toplotna energija za pokrivanje procesnih potreba zavisi od više pogonskih uslova: temperaturnog režima (mezofilni ili termofilni), toplotne izolacije fermentora, vrste i temperature supstrata koji se unosi. Za grubi proračun potrebne količine procesne toplotne energije, prvo se izračunava energija za zagrevanje tone svežeg supstrata koja se unosi. Ova energija zavisi od specifične energije zagrevanja tone svežeg supstrata za 1 °C (1,16 kWh_t/t_{SVM} °C, prema Briese, 2008) i razlike temperature svežeg supstrata i temperature u fermentoru. Time je izračunata toplotna energija koja se uloži za zagrevanje tone svežeg supstrata. Da bi se izračunalo koja količina toplotne energije treba da se isporuči, u obzir se uzima i efikasnost razmenjivača toplote za zagrevanje fermentora. Dnevna potreba za procesnom toplotnom energijom izračunava se iz dnevnog unosa supstrata i energije njegovog zagrevanja. Procesna toplotna energija može i da se proceni. Prema Effenberger et al. (2009b), opseg za poljoprivredna biogas postrojenja sa mezofilnim režimom rada je 3 do 20 %, Radi sigurnosti, pri gruboj proceni, treba da se računa da je to oko 30 %.

$$\begin{aligned} & \text{energija zagrevanja supstrata (kWh_t/t_{SVM})} \\ & = \\ & [\text{specifična energija zagrevanja (kWh_t/t_{SVM} °C) x dogrevanje (°C)] / \text{efikasnost} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{procesna toplotna energija (kWh_t/d)} \\ & = \\ & \text{sveža masa (t_{SVM}/d) x energija zagrevanja supstrata (kWh_t/t_{SVM})} \end{aligned}$$

7.1.3 Maseni bilansi

Pod masenim bilansima podrazumeva se analiza ostatka fermentacije u odnosu na sveže supstrate. Dolazi do gubitka mase usled razgradnje organske mase i nastajanja biogasa. Veoma mali gubitak mase nastaje i usled prečišćavanja biogasa (uklanjanjem H₂O i H₂S).

Što je veći udeo suve mase i više razgradljive organske suve mase u supstratu, više se smanjuje masa ostatka fermentacije, a time i njegoa zapremina. Tako je, srazmerno udelu suve i organske suve mase, smanjenje zapremine svinjskog tečnog stajnjaka nakon fermentacije oko 3 %, goveđeg čvrstog stajnjaka oko 5 %, a silaže kukuruza čak 25 %.



U zavisnosti od namene ostatka fermentacije, može da se primeni njegova separacija na čvrstu i tečnu fazu. Postoji nekoliko razloga za to. Prvi je da prilikom izgradnje biogas postrojenja na nekoj farmi, već postoji rezervoar za skladištenje stajnjaka. Korišćenjem npr. silaže kukuruza osim stajnjaka kao supstrata, rezervoar nema dovoljno kapaciteta za skladištenje ostatka fermentacije. Nakon separacije, čvrsta faza se odlaže u rezervoar, koristi za distribuciju po poljima ili može da se kompostira i nakon toga koristi kao humus za cveće. Tečna faza se koristi kao recirkulaciona tečnost i vraća u fermentor ili distribuira po poljima. Drugi razlog za primenu separacije jeste ugušćavanje ostatka fermentacije, zbog smanjenja transportnih troškova.

Separacija čvrste i tečne faze postiže se pomoću više vrsta separatora (centrifugalni, presa sa trakastim sitom, vijčana presa, pužna presa). U praksi se najčešće upotrebljava pužna presa. Njome mogu da se separišu ostatak fermentacije sadržaja suve mase 1 do 30 %, a nakon separacije dostiže se udeo suve mase u čvrstoj fazi i preko 40 % (Anonim, 2006). Primer je da se presom snage 5,5 kW i učinka 35 m³/h, separacijom dobija čvrsti ostatak kojem je povećan udeo suve mase sa 5 na 25 % (Anonim, 2006). U poređenju sa drugim postupcima uklanjanja vode iz ostatka fermentacije, separacija (pužnom presom) ima dobru pogonsku sigurnost i efikasnost, niske investicione i pogonske troškove (Anonim, 2009g). Nedostatak je taj što u tečnoj fazi ostaje deo hranljivih mikro i makroelemenata. Povoljniji slučaj bilo bi odvajanje samo vode, a da ti elementi ostaju u čvrstoj fazi koja će se koristiti za distribuciju po poljima, kada se primenjuje separacije zbog smanjenja transportnih troškova.

7.1.4 Konfiguracija biogas postrojenja

Tačna konfiguracija postrojenja zavisi najviše od vrste supstrata koji se koriste i tehnološkog rešenja koja su razna i koja nude brojne firme na tržištu za projektovanje i izvođenje biogas postrojenja. Osnova je da se odrede električna i termička snaga (prikazano u 7.1.1. i 7.1.2), a i dimenzionišu rezervoari za fermentaciju i skladištenje supstrata i skladištenje ostatka fermentacije. U ovom potpoglavlju je prikazan slučaj kada se kao supstrati koriste stajnjak i silaža kukuruza.

Stajnjak se nakon izđubravanja pumpama i cevovodima transportuje do rezervoara za njegovo privremeno skladištenje (predjame), odakle se nekoliko puta na dan pumpa u fermentor. Njegov kapacitet je najčešće toliki da može da primi jednonedeljnu količinu stajnjaka, koja se sakupi izđubravanjem. Silaža kukuruza se jednom ili dva puta dnevno ubacuje u dozator za čvrsti supstrat, a odakle se pužnim transporterom periodično ubacuje u fermentor.

U slučaju da je postrojenje dvostepeno (s odvojenim procesom hidrolize u posebnom fermentoru), stajnjak i silaža odlaze prvo u fermentor za hidrolizu, gde se mešaju i zagrevaju, a tek onda u fermentor. Njegova zapremina treba da primi dvodnevnu količinu supstrata koja se ubacuje u fermentor.

Silaža kukuruza se skladišti na period od godinu dana u trenč-silosima. Gustina silaže kukuruza koja se skladišti je 700 kg/m³. To znači da je za skladištenje 1.000 t silaže potreban trenč-silos dimenzija npr. širine 10 m, dužine 50 m i visine ispune oko 3 m.

$$\text{zapremina fermentora (m}^3\text{)} = \text{hidrauličko retenciono vreme (d) x dnevna količina supstrata (m}^3_{\text{SVM}}\text{/d)}$$



Zapremina fermentora zavisi od zapremine svežeg supstrata koji se unosi i vremena njegovog zadržavanja u fermentoru (hidrauličkog retencionog vremena). Hidrauličko retenciono vreme određuje se iz opterećenja organskom materijom fermentora.

U rezervoaru za skladištenje ostatka fermentacije odlazi masa nakon izlaska iz fermentora. Njegova zapremina treba da je dovoljna da primi količinu ostatka koji se skupi za 6 ili 12 meseci, u zavisnosti od toga kada se izuzima i distribuiraju po polju. Prilikom dimenzionisanja zapremine rezervoara ostatka fermentacije, potrebno je da se uzme u obzir da je zapremina ostatka fermentacije manja u odnosu na zapreminu svežeg supstrata (detaljno opisano u 7.1.3).

7.1.5 Infrastruktura i lokacija

Odabir lokacije za izgradnju biogas postrojenja je bitna odluka, a cilj je da se na datoj lokaciji zbog smanjenja troškova investicije iskoristi postojeća infrastruktura i da ima dovoljno prostora za sve komponente postrojenja. Potrebno je i da troškovi transporta supstrata budu što niži i da je što bolja mogućnost iskorišćenja toplotne energije. Uz sve ovo, vodi se računa da biogas postrojenje ima što manji uticaj na životnu i radnu sredinu. Često ne mogu da se ispune svi navedeni uslovi, a svaki slučaj izgradnje biogas postrojenja je specifičan, pa je potrebno da se on dobro razmotri i pronađe kompromis.

Biogas postrojenje treba da je dovoljno udaljeno od stambenog kvarta zbog buke, mogućnosti rasprostiranja neprijatnih mirisa i povećanog saobraćaja. Zemljište treba da se ispita pre početka izgradnje, jer ne sme da ima visok nivo podzemnih voda i mogućnost plavljenja.

Neophodna infrastruktura za rad biogas postrojenja je pristup javnoj električnoj mreži, putevima i tekućoj vodi. Potencijalno mesto za priključenje na javnu električnu mrežu treba da je što bliže lokaciji biogas postrojenja, zbog troškova izgradnje električnih vodova i transformatorske stanice. Pri tome je potrebno razmotriti na koju naponsku mrežu je moguće priključenje. Električna energija proizvedena u generatoru ima 400 V, pa bi najjednostavnija bila isporuka u lokalnu niskonaponsku mrežu. Međutim, ovo je moguće samo za proizvođače veoma male snage (npr. desetak kW_e), za šta je potrebna posebna saglasnost elektrodistribucije. Praksa je da se decentralizovane elektrane, kao što su biogas postrojenja, povezuju na sredjenaponsku (10, 20 kV). Za to je potrebna izgradnja trafo-stanice sa transformatorom. Uslove i naponsku mrežu gde bi se obavilo priključenje definiše elektrodistribucija, a na to najviše utiču snaga postrojenja i konzum električne energije iz te naponske mreže. Nakon transformatora, električnu energiju visokog napona potrebno je transportovati do mesta priključenja. Zato je razdaljina od postrojenja do mesta priključka veoma bitna, jer potencijalno visoke troškove izgradnje električnih vodova snosi investitor.

Zbog transporta supstrata i ostatka fermentacije, lokalni putevi po mogućstvu treba da su u blizini. Tada je potrebno da se izgradi samo kratka deonica puta (nekoliko desetina ili stotinu metara), do biogas postrojenja. Time se ne bi značajno povećala investicija za infrastrukturu. Priključak za vodu je neophodan da se obezbedi dovoljna količina vode za sve neophodne radnje na i oko postrojenja, ali i proces proizvodnje biogasa. To ne mora da bude nužno voda iz vodovoda, nego npr. i voda iz bunara.

Biogas postrojenje treba da se izgradi što je bliže moguće mestu nastanka ili proizvodnje supstrata. Ako se kao supstrat koristi stajnjak, biogas postrojenje trebalo bi da bude u blizini staja, ili mesta za njegovo odlaganje, te da se transport obavlja pumpama ili drugim transportnim sredstvima za mala rastojanja. Takođe, i trenč-silos mora da se nalazi



što bliže postrojenju. Ukoliko se silaža doprema sa drugog imanja, transportni troškovi mogu značajno da utiču na porast cene supstrata.

Iskorišćenje toplotne energije sa biogas postrojenja treba da je što veće, a za to je potrebno da su potencijalni korisnici toplotne energije u neposrednoj blizini. Međutim, biogas postrojenja se često nalaze veoma udaljeno od stambenih kvartova. Najpovoljniji slučaj jeste da se na lokaciji biogas postrojenja izgradi procesno postrojenje sa što ujednačenijim potrebama za toplotnom energijom u toku godine, a potrebe su tolike da se iskoristi celokupna količina preostale količine toplotne energije na biogas postrojenju.

Veličina 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. Prema Al Seadi et al. (2008) postrojenje veličine 500 kW_e zahteva površinu od 8.000 m². Kada se kao supstrat koristi silaža kukuruza, za grubu procenu površine lokacije u obzir mora da se uzme i površina trenč-silosa. Prema Al Seadi et al, (2008), površina lokacije za celo biogas postrojenje dvostruko je veće od površine trenč-silosa.

$$\text{površina silosa (m}^2\text{)} \\ = \\ \text{masa supstrata u silosu (t) / [gustina supstrata u silosu (t/m}^3\text{) x visina silosa (m)]}$$

7.1.6 Primer

Tačniji proračun za veličinu postrojenja i pratećih parametara sprovodi se prema navedenim principima i formulama u potpoglavljima 7.1.1 do 7.1.5. Na ovom primeru će biti prikazano kako brzo može da se proceni veličina biogas postrojenja i drugih parametara. Za to se koriste orijentacione vrednosti iz priloga I.

Poljoprivrednik ima govedarsku farmu različite strukture i uzrasta životinja, sa oko 800 uslovnih grla (UG je životinja mase 500 kg). Primenjuje se prostirka od slame i mehaničko izđubivanje, a udeo slame u ukupnoj masi je 5 %. Dobija se, uslovno rečeno, čvrsti stajnjak sadržaja vlage oko 80 %.

Ako se usvoji da 1 UG goveda obezbeđuje instaliranu električnu snagu kogenerativnog postrojenja od 0,11 kW_e, za datu farmu u ovom primeru to je onda 90 kW_e. Godišnja proizvodnja električne energije je 720 MWh_e, za rad kogenerativnog postrojenja nominalnom snagom 8.000 h godišnje. Pod uslovom da kogenerativno postrojenje sadrži oba razmenjivača toplote, godišnje se proizvede oko 800 MWh toplotne energije. Od ove količine treba da se odbije najviše 30 % toplotne energije, potrebne za zagrevanje fermentora. Tada je na raspolaganju 570 MWh_t, a koja količina će se iskoristiti zavisi prvenstveno od načina, ali i trajanja i intenziteta konzuma toplotne energije.

U slučaju da investitor želi da poveća snagu postrojenja koristiće silažu kukuruza. Za proizvodnju silaže kukuruza sa 50 ha, uz prosečan prinos 50 t/ha, instalirana električna snaga se povećava za dodatnih 110 kW_e (ukupno 200 kW_e). Tada je proizvodnja električne energije 1.600 MWh_e/god, a preostala toplotna energija je 1.260 MWh_t/god.

Zapremina fermentora je 1.600 m³ kada se koristi samo goveđi stajnjak kao supstrat. To je izračunato da je za 100 UG potrebna zapremina fermentora oko 200 m³, a za dodatnu količinu silaže kukuruza se zapremina fermentora povećava na 2.400 m³. Iako je zapremina silaže kukuruza znatno manja od stajnjaka, zapremina fermentora se povećala čak za polovinu, zbog dužeg hidrauličkog retencionog vremena silaže kukuruza. Godišnje



količine ostatka fermentacije u ova dva slučaja su 12.700 t i 14.500 t. Zapremine rezervoara za ostatak fermentacije za jednogodišnje skladištenje iznose u ova dva slučaja 14.000 i 16.000 m³. Ovo je izračunato na bazi orijentacione vrednosti da se goveđi stajnjak razloži oko 5 %, a silaža kukuruza 25 %. Potrebna zapremina trenč-silosa za godišnju količinu silaže kukuruza 2.500 t je 3.600 m³, pošto je gustina skladištenja silaže oko 0,7 t/m³. Maksimalni nivo ispune trenč-silosa je 3 m, pa je potrebna površina za izgradnju trenč-silosa procenjena na oko 1.500 m².

Tab. 7.1 Veličina postrojenja i bilansi energije za proizvodnju biogasa iz goveđeg čvrstog stajnjaka, uz mogućnost korišćenja silaže kukuruza

Sirovina	Goveđi stajnjak	Goveđi stajnjak + silaža kukuruza
Broj UG	800	800
Količina stajnjaka, t/god	13.200	13.200
Silaža kukuruza, t/god (ha)	–	2.500 (50)
Ukupno supstrata, t/god	13.200	15.700
Nominalna električna snaga, kW _e	90	200
Proizvodnja električne energije, MWh _e /god	720	1.600
Preostala toplotna energija, MWh _t /god	570	1.260
Ostatak fermentacije, t/god	12.700	14.500
Veličina fermentora, m ³	1.600	2.400
Zapremina rezervoara za ostatak fermentacije, m ³	14.000	16.000
Zapremina trenč-silosa, m ³	–	3.600
Površina lokacije, m ²	1.500	3.000

Investitor treba pažljivo da donese odluku za koliko da poveća veličinu postrojenja korišćenjem dodatne silaže kukuruza. U ovom slučaju je to na 200 kWe. Međutim, moguće je da se desi da na tržištu ne postoji kogenerativno postrojenje baš ove snage ili da npr. cena nije odgovarajuća. Moguće je da na tržištu nabavi kogenerativno postrojenje nešto veće ili manje snage od odabranog, koji je jevtiniji, istog ili drugog proizvođača. Tada se odabira jedinica prve najbliže snage, koji po ceni više odgovara. Proračuni drugih parametara postrojenja ponavljaju se za izmenjene uslove.

7.2 Izrada prethodne studije ekonomske izvodljivosti

Finansijska ocena proizvodnje i korišćenja biogasa, od odlučujućeg je značaja za svakog investitora, pa i društvo u celini. Zato se prvenstveno sprovodi prethodna studija ekonomske izvodljivosti. U njoj se koriste podaci iz prethodne studije tehničke izvodljivosti (potpoglavlje 7.1), kojom se postrojenje okvirno dimenzioniše da bi se odredila visina investicije. Prethodnom studijom tehničke izvodljivosti definišu se i svi parametri iz kojih se određuju potencijalni troškovi, prihodi ili uštede tokom rada biogas postrojenja.

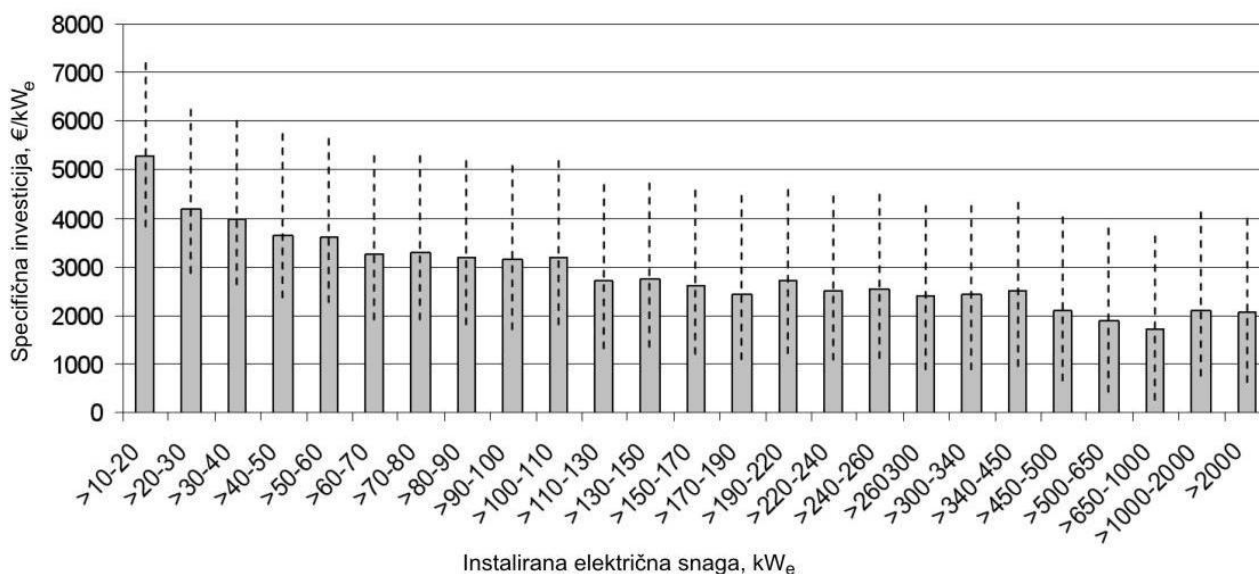
Da bi se sproveda prethodna studija ekonomske izvodljivosti, potrebno je da se razmotre investicije za izgradnju, kao i svi mogući troškovi i prihodi tokom rada biogas postrojenja. Zatim će se prikazati kako se određuje ukupna investicija, prema specifičnim

investicijama za razne veličine biogas postrojenja. Zatim, prikazaće se i struktura investicije za pojedine delove biogas postrojenja, te smernice za njihovo određivanje. Biće navedeni i potencijalni troškovi i prihodi (uštete) tokom rada biogas postrojenja. Na kraju će biti prikazan princip po kojem se sprovodi finansijska ocena, odnosno kako se ocenjuje ekonomska izvodljivost. U Prilogu II će se prikazati rezultati finansijske ocene za tri biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e, za koje su korišćeni principi prikazani u ovom potpoglavlju.

7.2.1 Visina investicije

Visina investicije umnogome utiče na finansijsku ocenu, pa je bitno da se u svakoj oceni u obzir uzmu sva investiciona ulaganja za izgradnju postrojenja. Vrednost specifične investicije (po kW instalirane električne snage, izraženo u €/kW_e), za biogas postrojenja opada sa povećanjem snage kao i za većinu drugih energetske postrojenja. U Anonim (2009e), prikazani su podaci na osnovu kojih je moguće da se odredi odnos specifične investicije za postrojenja 100, 500 i 1.000 kW_e, kao 100:65:50. Dakle, pri desetostruko većoj nominalnoj snazi, vrednost specifičnih investicionih ulaganja je prepolovljena. To su noviji podaci o visinama investicije, koji mogu da se koriste kao relevantni za 2011. godinu.

Na sl. 7.1 i 7.2 prikazani su podaci iz dva različita izvora literature, o vrednostima specifičnih investicija za biogas postrojenja u Nemačkoj. Prva slika prikazuje vrednosti specifične investicije za razne opsege snage, dok druga specifične investicije za 61 biogas postrojenje koja su u pogonu u Nemačkoj.



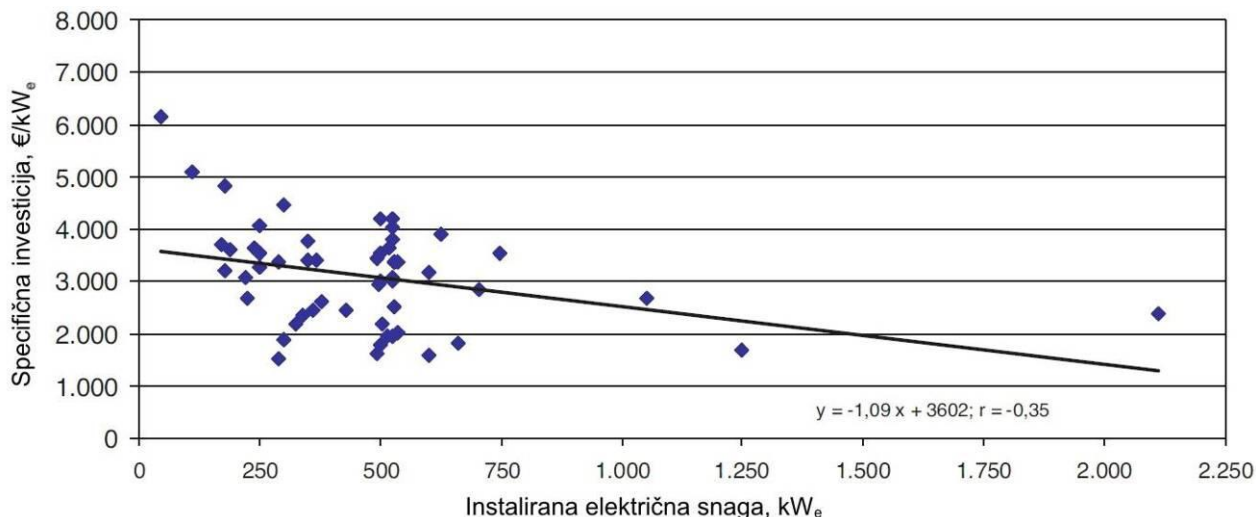
Sl. 7.1 Specifične investicije za biogas postrojenja u Nemačkoj, prema opsegu snage (Nill i Wilfert, 2008)

U oba slučaja uočava se da postoje značajne razlike u cenama za postrojenja istih ili približno istih snaga. To je realno, s obzirom da to zavisi od tehničko-tehnološkog koncepta postrojenja, na primer, da li je obuhvaćena i oprema za korišćenje toplotne energije, preradu ostatka fermentacije itd. Treba uzeti u obzir da je poslednjih godina došlo do enormnog porasta interesovanja za izgradnju biogas postrojenja, pa su porasle i cene. Tako Briese (2008), od koga je sl. 7.1 i preuzeta, navodi raspon cena 3.500 do 4.500 €/kW_e. Tolika vrednost specifične investicije, sa postojećim *feed-in* tarifama u Srbiji, verovatno ne bi mogla da rezultuje ostvarenjem pozitivnih ekonomskih pokazatelja. Sa



druge strane, za domaće investitore, prema uslovima u Srbiji, može da se računa na niže vrednosti investicije od prikazanih, zbog angažovanja domaće operative za građevinske radove i nižih troškova radne snage.

Podaci na sl. 7.2 takođe pokazuju značajne razlike u cenama. Na osnovu prikazane jednačine za reprezentativnu liniju, dobijenu regresionom analizom, vrednost specifične investicije za postrojenje snage 150 kW_e je 3.439 €/kW_e, za 500 kW_e je 3.057 €/kW_e, a za 1.000 kW_e to bi bilo 2.512 €/kW_e.



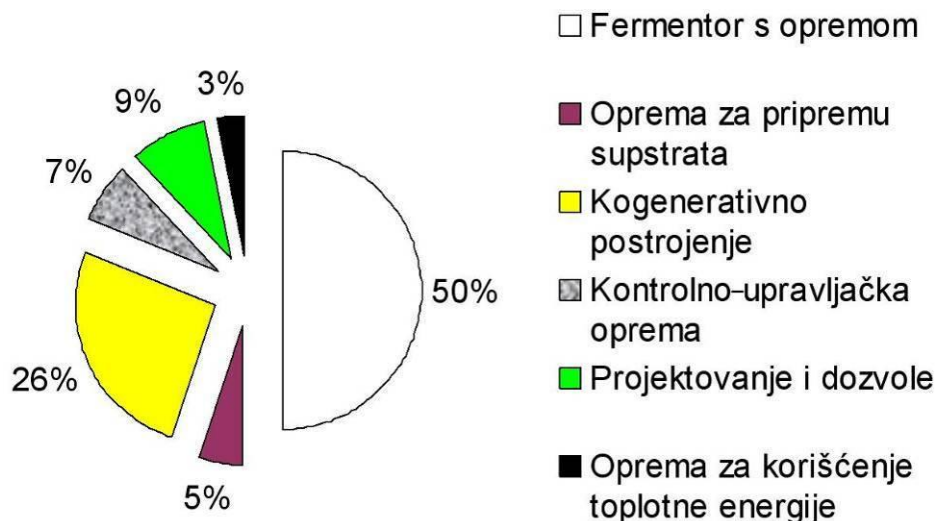
Sl. 7.2 Specifične investicije za 61 biogas postrojenje u Nemačkoj (Anonim, 2009e)

Struktura investicije – U tab. 7.2 je naveden primer strukture ukupne investicije za postrojenje veličine 300 kW_e, a podaci su zasnovani na brojnim postrojenjima izgrađenim u Nemačkoj. Razmatra se amortizacioni period od 21 godine, a odnosi se zapravo na vek od 20 godina. Dodatna godina je uzeta zbog trajanja gradnje, perioda puštanja u pogon i dostizanja rada punim kapacitetom. Dodatna godina je uzeta i za slučaj kogenerativnog postrojenja i mašina, čiji je amortizacioni period zapravo 6 godina. Ovo je neophodno, jer se period otplate kredita računa od njegovog uzimanja, a ne od početka rada biogas postrojenja.

Tab. 7.2 Struktura investicije, amortizacioni period i amortizacione stope, primer postrojenja snage 300 kW_e (Briese, 2008)

Investicioni trošak	Udeo u ukupnoj investiciji, %	Amortizacioni period, a	Amortizaciona stopa, %
Zemljište	3,6	–	–
Fermentor	30,6	21	4,76
Kogenerativno postrojenje	21,7	7	14,29
Građevine i silos	24,0	21	4,76
Priključak na el. mrežu	6,5	21	4,76
Ostali priključci	7,8	21	4,76
Ostale mašine	1,1	7	14,29
Infrastruktura	2,2	21	4,76
Projektovanje i dozvole	2,5	21	4,76

Na sl. 7.3 prikazan je još jedan primer strukture investicije, zasnovan na iskustvima u Austriji. Može se zaključiti, da su udeli investicija za pojedine delove biogas postrojenja različiti od slučaja do slučaja, a zavise i od raznih uslova u nekom regionu.



Sl. 7.3 Struktura investicije za biogas postrojenja snage 500 kW_e, na bazi supstrata silaže i tečnog stajnjaka (Anonim, 2009d)

U daljem tekstu je objašnjeno kako se određuju visine investicija za pojedine delove biogas postrojenja. Struktura investicije je za svako postrojenje različita, jer neka postrojenja ne moraju da imaju sve navedene vrste opreme. Razlozi su drugačiji tehničko-tehnološki koncepti postrojenja, mogućnosti plasmana proizvedene energije, skladištenje i manipulacija supstrata itd. Treba i da se uzme u obzir, da osim prikazanih, za svako postrojenje mogu da postoje i specifični investicioni troškovi. Primer za takvu vrstu troškova je oprema za iskorišćenje toplotne energije, kada je osim razmenjivača toplote potrebno da se investira i u trase toplovoda, grejna tela, sušare i slično.

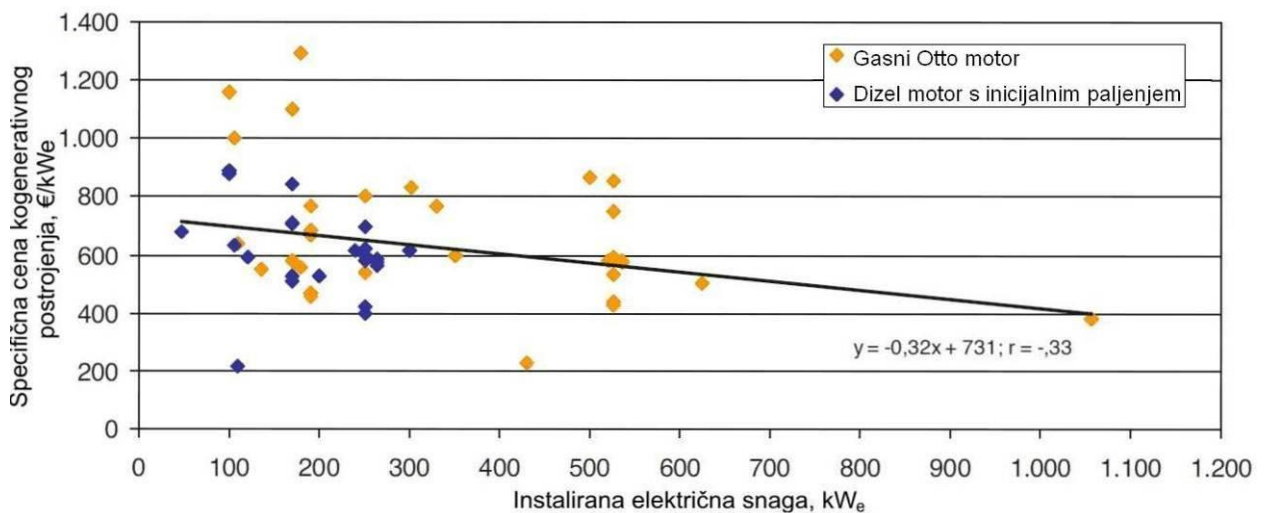
Zemljište – Mnogi investitori ne uzimaju u obzir trošak zemljišta za smeštaj biogas postrojenja. Investitor zemljište uglavnom već poseduje, ali za korektan proračun se i ovaj trošak razmatra, jer ima svoju vrednost, na primer 1 do 3 €/m². Za postrojenje veličine 500 kW_e, uzimajući u obzir i prostor za smeštaj trenč-silosa za silažu kukuruza, potrebna površina iznosi oko 8.000 m². Prema tome, vrednost investicije za zemljište je 8.000 do 24.000 €. Treba dobro da se razmotri, da li sve treba da se pripiše investiciji za izgradnju biogas postrojenja, jer je skladište za stajnjak potrebno i inače, a isto tako i prostor za trenč-silos ukoliko imanje ima stočarstvo.

Fermentor – Ovde su obuhvaćene investicije za fermentor sa pratećom opremom u vidu izolacije, grejanja, mešalica, pumpi i cevovoda. U zavisnosti od tehničko-tehnološkog koncepta, biogas postrojenje može da ima dva ili više fermentora, različitih tipova (horizontalni ili vertikalni, čelični ili betonski). Način privremenog skladištenja biogasa takođe značajno može da utiče visinu investicije za fermentor. Zato specifične investicije za fermentor mogu znatno da variraju, a opseg je 50 do 200 €/m³. Udeo ove investicije u ukupnoj obično je u opsegu 20 do 50 %.

Građevine i silos – Pod građevinom se smatraju objekti sa potrebnom opremom, osim fermentora, koji služe za skladištenje i manipulaciju stajnjaka i silaže. Tu spadaju trenč-silos za silažu kukuruza, predjama za stajnjak, mešač svežih supstrata, rezervoar za skladištenje ostatka fermentacije. Kada kogenerativno postrojenje nije u kontejnerskoj izvedbi, predviđa se i izgradnja mašinske kućice za smeštaj motora sa generatorom i razmenjivačima toplote. Izgrađuje se i objekat za smeštaj kontrolno-upravljačke jedinice celog biogas postrojenja. Investicija za građevine i silos obično je u visini investicije za fermentor.

Dozator za čvrsti supstrat – Ukoliko se biogas proizvodi iz čvrstog supstrata, npr. silaže kukuruza, neophodno je da postrojenje ima i dozator koji u određenim vremenskim intervalima ovu masu ubacuje u fermentor. Prema Anonim (2009e), udeo investicije za ovu vrstu opreme najčešće je oko 5 % od ukupne, a može da dostigne i 10 %. Za biogas postrojenja veličine 150, 300 i 500 kW_e, koja koriste isključivo silažu kukuruza, okvirne cene za dozator iznose oko 25.000, 45.000 i 65.000 €.

Kogenerativno postrojenje – Specifične investicije za kogenerativno postrojenje po instaliranoj električnoj snazi mogu da budu veoma različite, a zavise od proizvođača i nivoa opreme koje sadrži. Najskuplja varijanta je kupovina u kontejnerskoj izvedbi, sa svom potrebnom opremom i razmenjivačima toplote. Tada investicija može da bude i dvostruko viša nego u slučaju kada se kupuje samo motor sa generatorom. Na sl. 7.4 su prikazane visine specifičnih investicija za kogenerativna postrojenja, za ista biogas postrojenja prikazana na sl. 7.2. Prema dobijenoj reprezentativnoj liniji, može grubo da se proceni visina investicije za kogenerativno postrojenje.



Sl. 7.4 Specifične investicije za kogenerativna postrojenja u Nemačkoj (Anonim, 2009e)

Priključak na električnu mrežu – Ovom stavkom obuhvaćeni su svi troškovi koji nastaju zbog povezivanja na javnu elektrodistributivnu mrežu. Predstavljaju značajnu stavku, a razlikuju se od slučaja do slučaja jer zavise od električne snage postrojenja, naponske mreže na koju se postrojenje priključuje, udaljenosti od mesta priključenja. Za to su potrebne investicije za transformatorsku stanicu sa transformatorom, električne vodove sa banderama, opremu za merenje količine isporučene i procesne električne energije, zaštitnu opremu i drugu infrastrukturu. Transformatorska stanica sa transformatorom i opremom za postrojenje veličine 500 kW_e košta od 20.000 do 35.000 €, a 1 km dalekovoda do mesta priključenja na sredjenaponsku mrežu 10 ili 20 kV iznosi 20.000 do 45.000 €. Iz toga sledi da za biogas postrojenja koja su udaljenija od mesta priključenja, ova stavka može da iznosi i do 200.000 €.

Infrastruktura i ostali priključci – Obuhvata građevinske radove za izgradnju pristupnih puteva, priključaka za vodu, nabavku i montažu električnih instalacija i kontrolno-upravljačkih uređaja. Visina ove investicije je uporediva s investicijom za priključenje na električnu mrežu.

Ostale mašine – To su, na primer, univerzalni manipulator ili traktor sa prednjim utovarivačem za manipulaciju sirovine. Investicija za ove mašine može da se smatra kao celokupna, kada se one koriste isključivo za rad na biogas postrojenju. Samo deo investicije se računa kada se one koriste i za druge poslove na farmi. Kod biogas



postrojenja manjih veličina, zbog manjeg obima posla, ove mašine se koriste za rad i u drugim objektima. Investicija za silažni kombajn računa se ukoliko ona nije uključena u troškove pripreme silaže.

Projektovanje i dozvole, ostalo – Ove vrste troškova treba obavezno da se predvide. Podrazumeva troškove u vezi s uslugama konsultanata, planiranjem, projektovanjem, izradom studija izvodljivosti, izradom tehničke dokumentacije, puštanjem u pogon. Tu spadaju i troškovi za dobijanje potrebnih dozvola i drugi administrativni troškovi. Za manja postrojenja računa se da je to oko 3 % od ukupne investicije, a za veća nešto manje.

7.2.2 Troškovi biogas postrojenja

Ovde su prikazani najvažniji troškovi koji nastaju pri radu poljoprivrednih biogas postrojenja. Generalno, troškovi rada biogas postrojenja mogu da se podele na troškove osnovnih sredstava (amortizacija, kamate, održavanje i osiguranje), troškove za nabavku supstrata i pogonske troškove (procesna energija, radna snaga, transport, popravke, potrošni materijal, analize). Specifični trošak koji može da se razmatra je zbog zbrinjavanja postrojenja nakon radnog veka.

Amortizacija – Korektno je, ali i jedino ispravno, da se proračun amortizacije sprovodi prilikom bilo kojeg investiranja. To je bitno u slučaju izgradnje biogas postrojenja, pošto se vek projekta računa sa 20 godina, a većina opreme osim građevinskih objekata ima radni vek kraći od 20 godina i računa se na njihovu zamenu posle nekoliko godina rada. Proračunom amortizacije obezbeđuje se održivo poslovanje, a sprovodi se i u slučaju kada se dobijaju nepovratna sredstva (subvencije). Potrebno je da se zbog gubitka vrednosti novca vodi računa i o inflaciji, da bi nakon amortizacionog perioda na raspolaganju bilo dovoljno sredstava za novu opremu po povišenim cenama.

Uobičajeni periodi amortizacije za pojedine delove biogas postrojenja navedeni su u tab. 7.2. Građevinski objekti i druga infrastruktura računa se da ima radni vek od 20 godina, dok mašine i kogenerativno postrojenje radni vek od 7 godina. Međutim, vrednosti za amortizacioni vek za kogenerativno postrojenje su uprosečene, a za svaki projekat treba posebno da se razmotre, naročito za kogenerativna postrojenja. Prema Anonim (2009e), zbog različite dužine radnog veka, komponente biogas postrojenja dele se na građevine, tehniku i kogenerativna postrojenja. Amortizacioni period za građevinu je 20, za mašine 10, za gasne *Otto* motore 7 i dizel motore s inicijalnim paljenjem 4 godine.

Kamate – Za izgradnju biogas postrojenja mogu da se koriste sopstvena ili pozajmljena sredstva od banaka ili fondova. Kamata se obračunava ne samo na pozajmljena sredstva iz banaka, već i na sopstvena. Jedina razlika među navedenim izvorima finansiranja je u visini kamata. Za sopstvena sredstva računa se ona visina kamate, po kojoj bi sopstvena sredstva mogla da se oroče u banci. Po pravilu, ove kamate su niže nego na pozajmljena sredstva. Međutim, u mnogim zemljama na raspolaganju su posebno povoljni krediti, pa je korišćenje sopstvenih sredstava čak nepovoljnije. Na primer, investitor može da za oročena sredstva dobija kamatu na godišnjem nivou 6 %, a na kreditna sredstva plaća 5,2 %. Ipak treba sve dobro da se razmotri, jer banke mogu ugovorom da predvide i druge troškove, te da efektivna kamata bude i znatno veća. Uslovi kreditiranja u Srbiji su različiti, a detaljnije su opisani u poglavlju 8. Visina kamate zavisi od visine investicije i vremena povrata. Za proračun troškova za sopstvena sredstva računa se samo kamata, dok se za pozajmljena sredstva uračunavaju i glavnica i kamata.



Održavanje – Ubrajaju se svi troškovi redovnog održavanja delova biogas postrojenja. Najveći broj ovih troškova može unapred da se proceni. Na osnovu podataka velikog broja postrojenja u Nemačkoj, godišnji troškovi održavanja su 2 do 3,5 % od ukupne investicije (Anonim, 2005), a izuzetno, za manja postrojenja, i do 5 %.

Osiguranje – Investitor odlučuje o tome šta će i koliko da osigura. Poželjno je da se sklopi ugovor o osiguranju postrojenja od elementarnih nepogoda i požara, ali i osiguranje imovine i lica. Obračun troška za osiguranje na godišnjem nivou najčešće se izražava u odnosu na ukupnu investiciju, na primer 0,5 %.

Nabavka supstrata – Često predstavlja najveći udeo troškova, naročito u slučaju kada se kao supstrat koristi silaža kukuruza. Za stajnjak sa sopstvene farme, računa se da je njegova cena jednaka nuli. Samo u izuzetnim slučajevima stajnjak se kupuje ili čak dobija određeni novac za njegovo odnošenje sa druge farme, a svakako je potrebno da se uračunaju transportni troškovi. Nakon fermentacije, na raspolaganju je gotovo celokupna količina biomase i mineralnih materija u ostatku fermentacije. Ostatak fermentacije je „sazreo“ u biogas postrojenju i može da se primeni kao đubrivo za distribuciju na njivama, pa se opravdano smatra, da biogas postrojenje doprinosi njegovom kvalitetu. Za stajnjak može da se računa čak i bonus, jer bi za „sazrevanje“ bilo potrebno predvideti druge troškove (skladištenje, manipulacija).

Na farmama koje nemaju dovoljno grla stoke, a time ni dovoljno stajnjaka, za ostvarenje minimalne isplative veličine (150 kW_e), rukovaoci biogas postrojenja odlučuju se za korišćenje silaže kukuruza kao supstrata zbog povećanja veličine postrojenja. Cena silaže zavisi od mnogo faktora, a najviše od troškova proizvodnje. U Srbiji, troškovi proizvodnje za silažu cele biljke kukuruza iznose oko 600 €/ha. Dodatni trošak predstavljaju transportni troškovi, zbog udaljenosti parcele i biogas postrojenja, odnosno mesta siliranja. Prinos silaže kukuruza u mlečno-voštanoj zrelosti je 40 do 50 t/ha. Još viši prinosi mogu da se ostvare primenom navodnjavanja, ali tada i ove dodatne troškove treba uzeti u obzir. Vrlo je bitno da se napomene, da je pogrešno da se za trošak nabavke silaže računaju samo proizvodni troškovi. Jedan način za proračun realne cene je poređenje sa zaradom, koja bi na osnovu prinosa i cene na tržištu, bila ostvarena proizvodnjom zrna kukuruza. U tom slučaju potrebno je da se odbiju troškovi za sušenje. Uprošćena procena može da se ostvari multipliciranjem troškova proizvodnje i srednjeg odnosa troškova proizvodnje i ostvarenog prihoda prodajom proizvoda (npr. 1,8). Dakle, ukoliko su troškovi proizvodnje silaže kukuruza 14 €/t, cena bi bila oko 25 €/t. Ovoj ceni treba dodati i trošak spremanja, čuvanja i izuzimanja, koji je oko 2 €/t. Time se dolazi do stvarnog troška za nabavku silaže kukuruza za proizvodnju biogasa u Srbiji, oko 27 €/t. S ovom cenom je potrebno da se računa, bilo da se silaža kukuruza proizvodi na sopstvenim poljima ili da se kupuje.

Pored silaže kukuruza, mogu da se koriste i druge sirovine kao što su silaža trave, suncokreta, tritikale, sudanske trave, sirka šećerca, glava i list šećerne repe itd. Kombinacijom ovih biljnih vrsta sa silažom kukuruza, moguće je da se ostvare i dve žetve godišnje, što se sprovodi i u klimatski manje pogodnim regionima od Vojvodine. Tada računica za trošak supstrata postaje još složenija, ali se postižu niži troškovi za nabavku supstrata.

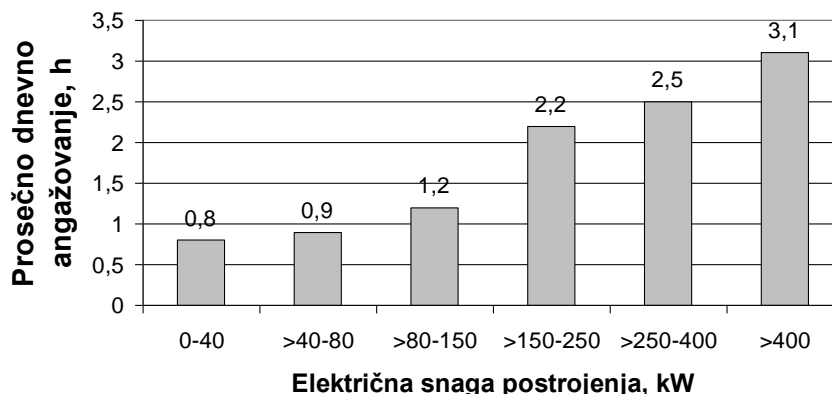
Procesna energija – Za rad biogas postrojenja potrebno je da se predvide električna i toplotna energija. U zavisnosti od tipa, veličine i tehničkog koncepta biogas postrojenja (snage elektromotora za pogon raznih mašina), procesna električna energija nekad iznosi čak i 20 % od proizvedene. U većini slučajeva se ova električna energija preuzima iz mreže, jer je njena cena niža od *feed-in* tarifa. Zbog toga je manje ekonomično da se



koristi deo proizvedene električne energije na biogas postrojenju. Cena zavisi od obračunske snage, tarife za dnevni i noćni rad i dr.

Iako je za efikasno odvijanje procesa anaerobne fermentacije potrebno da se zagreva fermentor, često se potrebna toplotna energija, koja maksimalno dostiže i 30 % od proizvedene količine, ne računa kao trošak. To je potrebno jedino u slučaju kada je moguće da se iskoristi celokupna proizvedena količina. To je vrlo redak slučaj, a tada se kao trošak računa samo toplotna energija koja nije mogla da se proda u tom periodu. Dodatni trošak je i električna energija za pogon ventilatora vazdušnog razmenjivača toplote kojim se rashlađuje voda iz hladnjaka gasnog motora i predaje okolini.

Radna snaga – Najčešće, radnici koji opslužuju, održavaju, kontrolišu i upravljaju biogas postrojenjem obavljaju i druge poslove na samom imanju ili farmi. Ovo je i praktično, jer je dnevno angažovanje na biogas postrojenju ovih radnika samo delimično (sl. 7.5). Prikazane vrednosti na slici su prosečne u toku godine, pa je potrebno da se u obzir uzme da je za pojedine aktivnosti potrebno više radnika istovremeno.



Sl. 7.5 Prosečno dnevno angažovanje radnika na biogas postrojenju, u zavisnosti od njegove veličine (Briese, 2008)

Jedan do tri radnika treba da su tehnički obučeni i kvalifikovani za odgovornu funkciju kontrole procesa anaerobne fermentacije, te eventualnog upravljanja njime. Potrebno je i da se povremeno sprovode operacije izuzimanja i doziranja silaže kukuruza, kao i redovno održavanje i sitne popravke. Trošak za ovakvu radnu snagu procenjuje se prema angažovanju i ceni časa rada, koja najviše zavisi od potrebne kvalifikacije radnika.

Transport – Posebno se razmatraju troškovi transporta, na primer, zbog zbrinjavanja ostatka fermentacije. Oni bi mogli da se procene na 0,2 do 0,3 € po toni i kilometru. U najvećem broju slučajeva to je materijal koji se distribuira na vlastite njive, kao stajnjak, te se tada ovaj trošak ne uzima u obzir.

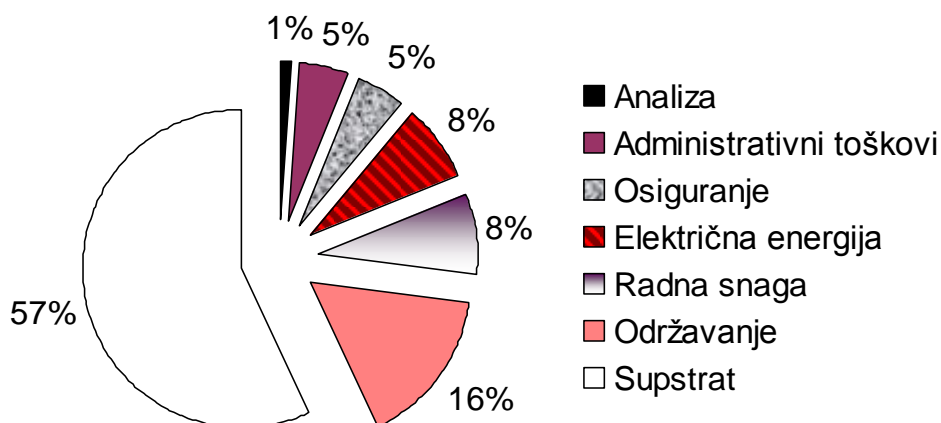
Popravke – Manje i jednostavnije popravke većinom sprovode redovno zaposleni radnici na biogas postrojenju, a veće održavanje i remont se po potrebi poverava drugim firmama. Za veće popravke se zato troškovi dele na troškove za zamenu havarisanih delova i troškove radne snage. Cenu za časovno angažovanje radnika određuje firma koja pruža uslugu.

Potrošni materijal i drugo – Ovde se ubrajaju troškovi za potrošne materijale koji ne spadaju u popravke, a to su ulje i filteri za motor, svećice, utrošak vode itd. Trošak dizel goriva, ukoliko se koristi dizel motori s inicijalnim paljenjem, bio bi najznačajniji pošto se oko 10 % ukupne električne energije u ovom tipu motora proizvede od dizel goriva.

Analize – Ovde su svrstani troškovi za sprovođenje neophodnih analiza supstrata i ostatka fermentacije. Time se redovno prati stabilnost procesa anaerobne fermentacije i

stepen razgradnje supstrata u postrojenju. Analize se obično sprovode mesečno ili nekoliko puta godišnje, u odgovarajućoj laboratoriji u okviru biogas postrojenja ili izvan njega. Kada se koriste usluge laboratorije, troškovi iznose oko 200 € po uzorku, a poželjno je da se iz svakog fermentora uzme po jedan. Godišnji troškovi za analize zavise od broja fermentora i učestalosti sprovođenja analiza.

Udeo pojedinih troškova – Primer udela pojedinih u ukupnim troškovima rada biogas postrojenja snage 500 kW_e, bez troška amortizacije i kamata, dat je na sl. 7.6.



Sl. 7.6 Udeo pojedinih troškova rada biogas postrojenja 500 kW_e, koje kao supstrat koristi čvrsti stajnjak i silažu (Anonim, 2009d)

7.2.3 Prihodi biogas postrojenja

Poželjno je i potrebno da svaki investitor razmotri mogućnosti za ostvarenje i dodatnih prihoda osim od prodaje električne energije, a to su prihodi od plasmana toplotne energije i od plasmana ostatka fermentacije kao đubriva. Primer specifičnog prihoda koji može da se ostvari jeste zbrinjavanje organskog otpada iz neke fabrike u biogas postrojenju koji se koristi kao kosupstrat, za čega vlasnik postrojenja dobija nadoknadu.

Električna energija – U velikom broju slučajeva, na biogas postrojenju se prihod ostvaruje jedino od prodaje električne energije. Prodajom električne energije proizvedene iz biogasa po redovnim cenama, koje nisu subvencionisane, skoro sigurno ne bi bilo isplativo. Uslovi za ekonomski opravdanu proizvodnju stekli su se tek donošenjem odgovarajućih uredbi Republike Srbije (Anonim, 2009b, 2009c). Drugom od navedenih uredbi definisana je povlašćena cena električne energije, koja se plaća za isporučenu električnu energiju u javnu mrežu. Cena zavisi od veličine postrojenja, a prikazana je u tab. 7.3.

Tab. 7.3 Cene električne energije biogas postrojenja (Anonim, 2009c)

P	Cena, ct/kWh _e
do 0,2 MW	16,0
od 0,2 MW do 2 MW	16,444 – 2,222xP
preko 2 MW	12,0

P– nominalna električna snaga postrojenja u MW

U mnogim zemljama EU postoje ove povlašćene cene, ali se razlikuju značajnije po načinu izračunavanja u zavisnosti od nominalne snage postrojenja, korišćenog supstrata. Osim toga, predviđeni su i tehnološki bonusi, zatim bonusi zbog doprinosa zaštiti okoline i



iskorišćenja toplotne energije. Osim što se očekuje i potrebno je, da Srbija ima složeniji sistem proračuna *feed-in* tarifa. Za to treba detaljno da se razmotri strategija daljeg razvoja biogas tehnologije u Srbiji, odnosno tempo izgradnje biogas postrojenja ubuduće. Na primer, opšte je poznato da je specifična visina investicija za postrojenja male snage veoma visoka, a takva postrojenja bila bi na manjim farmama. Manje farme obično nemaju dovoljan broj stoke, a time ni dovoljno stajnjaka, za postrojenje veličine za koju će specifična investicija biti prihvatljiva (minimalno 150 kW_e), a time i mogućnost da rade isplativo. Međutim, moguće je da postoji strategija na nivou države, da se zbog doprinosa zaštiti životne sredine i veće proizvodnje energije iz biogasa, iskoriste potencijali i sa manjih farmi. Tada treba da se za električnu energiju iz biogasa na manjim postrojenjima i isključivo od stajnjaka definiše poseban bonus.

Vrlo značajnu ulogu pri ostvarivanju prihoda od prodaje električne energije ima iskorišćenje snage kogenerativnog postrojenja. Količina proizvedenog biogasa i njegov kvalitet mogu da se menjaju u toku godine, jer zavise od brojnih parametara procesa. Prosečna snaga motora na godišnjem nivou se pri tome menja, a time i isporučena količina električne energije. Takođe, periodično se obavljaju poslovi redovnog održavanja (npr. zamena ulja i svećica), pa u to vreme motor ne radi. Jednom godišnje se obavlja veći remont, te i tada motor ne radi, a električna energija se ne isporučuje. Sve ovo utiče na smanjenje isporučene energije u odnosu na proizvod nominalne električne snage i godišnjeg broja časova od 8.760, pa se zato u obzir uzima oko 8.000 h/god rada pri nominalnoj snazi.

Motor SUS kogenerativnog postrojenja radi konstantnim brojem obrtaja, a podešen je tako da radi u području najmanje specifične potrošnje. Kogenerativno postrojenje može da radi i sa većom snagom u odnosu na nominalnu, ali se tada povećava specifična potrošnja biogasa, za oko 10 %. Ova mogućnost može da se iskoristi u slučaju povećane proizvodnje biogasa, čime se dobija i povećana proizvodnja električne energije. Time može da se ostvari prosečno godišnje iskorišćenje nominalne snage kogenerativnog postrojenja i preko 100 %. To predstavlja prednost, jer je moguće da se iskoristi i konvertuje u energiju količina biogasa koja se privremeno skladišti tokom prekida zbog održavanja i remonta. Zaključak je da ne bi bilo pogrešno da se proizvedena i isporučena električna energija dobije množenjem nominalne električne snage i 8.760 časova, ali treba da se zbog sigurnosti smanji za oko 10 %.

Toplotna energija – Drugi izvor prihoda može da bude plasman toplotne energije, dobijene od rashladne tečnosti motora i produkata sagorevanja motora. Plasirana toplotna energija može da se računa kao prihod u slučaju da se prodaje drugom potrošaču. Ušteda se računa u slučaju da se na sopstvenoj lokaciji i za sopstvene potrebe zamenjuje druga vrsta goriva, na primer, prirodni gas. Količina toplotne energije je obično za 10 do 30 % veća od količine električne. Jedan deo te energije, maksimalno oko 30 %, koristi se za zagrevanje fermentora. Preostala količina na raspolaganju je za druge potrebe. Međutim, poljoprivredna biogas postrojenja uglavnom su udaljena od industrijskih i stambenih objekata, pa je za iskorišćenja toplotne energije potrebno dodatno investirati.

Najperspektivnija mogućnost za iskorišćenje toplotne energije jeste kada u neposrednoj blizini biogas postrojenja postoji potrošač s ujednačenim potrebama u toku godine. Takvi potrošači su sa tehnološkim potrebama, a dobra mogućnost bila bi proizvodnja bioetanol.

Mogućnosti za iskorišćenje toplotne energije su i za grejanje stambenog ili poslovnog prostora u neposrednoj blizini farme, ali i staja na samoj svinjogojskoj farmi. Često preostala količina toplotne energije, čak i u periodu kada postoji potreba za grejanjem, značajno prevazilazi potrebnu. Tada se, na primer, razmatra mogućnost da se pored



farme i biogas postrojenja izgrade staklenici/plastenici. Generalni problem za iskorišćenje toplotne energije proizvedene u kogeneraciji, jeste neujednačenost potreba za grejanjem tokom godine i zbog prioritetne proizvodnje električne energije, čime nije moguće da se smanji proizvodnja toplotne energije. Grejna sezona traje oko 4.500 sati, a postoje i dnevne neujednačenosti zbog promenljivih vremenskih prilika. Za veće iskorišćenje toplotne energije, tokom letnjih meseci kada ne postoji potreba za grejanjem, razmatra se mogućnost proizvodnje rashladne energije, primenom apsorpcionih uređaja (čilera). To je moguće, na primer, za hlađenje mleka. Ulaganje za nabavku čilera su visoka, pa bi trebalo dobro da se razmotri isplativost.

Do sada navedeni primeri za grejanje razmatrani su u slučaju iskorišćenja toplotne energije u sopstvenim objektima, čime se ostvaruju uštede drugih energenata. Postoji mogućnost i da se toplotna energija isporuči drugim korisnicima u blizini farme, ponuđena po povoljnoj ceni. Toplotna energija dobijena sagorevanjem prirodnog gasa koštala bi oko 6 ct/kWh, a potencijalnom kupcu vredelo bi isporučiti po ceni 3 do 4 ct/kWh. Ako bi se sa jednog biogas postrojenja, tokom grejne sezone koja traje 4.000 h, u proseku isporučivalo 350 kW termičke snage po ceni 4 ct/kWh_t, to bi na godišnjem nivou za vlasnika biogas postrojenja značilo dodatni prihod od 56.000 €. Značajne uštede ostvarila bi i domaćinstva koja se greju, zbog razlike u ceni toplotne energije. Međutim, treba dobro da se razmotri ko snosi troškove izgradnje toplovodne mreže i da li se to isplati.

Ostatak fermentacije – Primenom ostatka fermentacije, umesto mineralnog hraniva, takođe mogu da se ostvare uštede ili prihodi. Ako postoji mogućnost primene na sopstvenim poljima, čime se zamenjuje deo ili celokupna količina mineralnog hraniva koje se distribuira, onda se računa kao ušteda. Prihod od ostatka fermentacije se računa, u slučaju da postoji mogućnost prodaje drugom poljoprivredniku. Treba da se uzme u obzir, da ostatak fermentacije osim stajnjaka, može da sadrži i silažu kukuruza ili druge biljne vrste, ukoliko se one primenjuju kao supstrat. Zbog toga je potrebno da se uradi analiza sastava makroelemenata (N, P, K) i time odredi koja količina mineralnog hraniva može da se zameni i ostvari ušteda. Cena u slučaju prodaje zavisi od tržišnih uslova. Prema nemačkim iskustvima, cena po kg za N, P₂O₅ i K₂O su 0,85, 0,46 i 0,31 €/kg respektivno (Anonim, 2009e). Prema istom izvoru, neka od razmatranih biogas postrojenja su ostvarili uštede u mineralnom hranivu, što je doprinelo ukupnom prihodu u opsegu 2,3 do 16,9 %, dok su neka postrojenja prodajom ostatka fermentacije ostvarili najviše 2,5 % od ukupnog prihoda.

Postoji mogućnost da se obavi separacija ostatka fermentacije. Čvrsta faza, nakon sušenja, može da se primeni kao humus za cveće. Može i da se peletira ili briketira, te koristi kao čvrsto gorivo. To je detaljnije prikazano u potpoglavlju 2.5.

7.2.4 Sprovođenje finansijske ocene

Uporedni pregled finansijskih efekata iskazuje se vrednostima investicija i specifičnim vrednostima investicija (investicija/instalirana električna snaga, €/kW_e), a upoređuju se prihodi i neto dobiti. Osim toga, koriste se i izvedeni parametri (racija) za ocenjivanje opravdanosti ulaganja sa finansijskog aspekta, usvojeni prema uputstvima Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije (Karamarković i dr, 2008). Ti parametri mogu biti statički (ekonomičnost, vreme povrata ulaganja) ili dinamički (neto sadašnja vrednost, relativna neto sadašnja vrednost, interna stopa rentabilnosti, stepen sigurnosti ulaganja). Ekonomičnost je najjednostavniji parametar i predstavlja odnos prihoda i rashoda. Dinamički parametri su važniji, jer se njihovim korišćenjem u obzir uzima i vremenska promena vrednosti novca (diskontovani tokovi).



Takođe, poželjno je da se sagledaju i moguće promene uslova na tržištu tokom višegodišnjeg rada biogas postrojenja, te se sprovodi 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.

Objašnjenje dinamičkih parametara za finansijsku ocenu investicije

Vreme povrata ulaganja (engl. *Payback-Period method*) – Vreme potrebno za povrat uloženi sredstava u dugoročnim projektima. Prednost ove metode jeste ta što na lak način pokazuje brzinu povrata uloženi sredstava, a mana što ne uzima u obzir vremensku dimenziju novca (danas dobijeni dinar vredi više od dinara koji će se dobiti u budućnosti). Izračunava se kada se od vrednosti investicije odbijaju godišnji neto prilivi, a godina u kojoj vrednost dostigne nulu predstavlja vreme povrata ulaganja.

Neto sadašnja vrednost (engl. *NPV-Net Present Value*) – Predstavlja zbir diskontovanih neto primitaka projekta. Da bi projekat bio prihvatljiv, neto sadašnja vrednost projekta mora biti veća od nule, odnosno da pozitivni efekti nadmašuju troškove ulaganja. Naravno, prednost ima investicija koja će ostvariti veću neto sadašnju vrednost. Mana neto sadašnje vrednosti je ta što učinak ne dovodi u vezu s iznosom investicije.

$$NPV = \frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{B_n}{(1+d)^n}$$

d – diskontna stopa

B – neto priliv u n-toj godini

n – vreme trajanja projekta

Relativna neto sadašnja vrednost (engl. *RNPV-Relative Net Present Value*) – Ovim parametrom se 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. U slučaju upoređenja više investicija prednost ima investicija sa većom relativnom neto sadašnjom vrednosti.

$$NPV = NPV / \text{Investicija}$$

Interna stopa rentabilnosti projekta (engl. *Project IRR- Internal Rate Of Return*) je ona diskontna stopa koja zbir diskontovanih neto primitaka projekta izjednačava sa sadašnjom vrednosti investicije. U ekonomskom smislu pruža informaciju o maksimalno prihvatljivoj prosečnoj godišnjoj kamatnoj stopi na ukupne izvore finansiranja.

IRR = d, ako je:

$$\frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{B_n}{(1+d)^n} = 0$$



Stepen sigurnosti ulaganja (engl. *DSCR-Debt Service Coverage Ratio*) je pokazatelj koji u odnos stavlja neto poslovne prihode+porez na dobit prema ukupnim obavezama po kreditu (u godinama otplate kredita). Drugim rečima, pokazuje koliko puta je stanje na računu na kraju godine veće od obaveza po kreditu u toj godini. Na ovaj koeficijent naročitu pažnju posvećuju banke. Poželjno je da stepen sigurnosti ulaganja bude veći od 1,5, a minimalno 1. Vrednost ispod 1 nije prihvatljiva, jer ukazuje na nesposobnost vraćanja kredita.

$$\text{DSCR} = \frac{\text{Neto prilivi pre isplate obaveza po kreditu}}{\text{Rata kredita}}$$

Kriterijumi za pozitivnu finansijsku ocenu

Nakon izračunavanja parametara potrebno je da se postave kriterijumi za pozitivnu finansijsku ocenu. Finansijska ocena je pozitivna, ako parametri zadovoljavaju kriterijume prikazane u narednoj tabeli. Ove vrednosti su minimalne i nisu posebno definisane dokumentima, a prema potrebi mogu da se koriste strožije vrednosti kriterijuma.

Parametar	Kriterijum
Ekonomičnost (prihodi / rashodi)	> 15 %
Vreme povrata ulaganja	< 10 godina
NPV	> 0
IRR	> 15 %
DSCR	> 1



8. POTENCIJALNI IZVORI FINANSIRANJA

Izvori finansiranja za izgradnju biogas postrojenja imaju značajnu ulogu i znatno utiču na finansijsku ocenu. U većini zemalja Evropske unije, pa i izvan nje, ovakvi projekti podstiču se dodelom nepovratnih sredstava, za cela ili deo ulaganja, ili se obezbeđuju 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, te smanjenju zavisnosti od uvoza energenata. To važi i u Srbiji. Na raspolaganju je veliki broj mogućnosti, ali i sa brojnim ograničenjima.

Podaci o potencijalnim izvorima finansiranja mogu da se nađu na sajtu Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije www.mre.gov.rs. Ovo Ministarstvo je od marta 2011. rasformirano, a oblast energetike obuhvaćena je Ministarstvom za infrastrukturu i energetiku Republike Srbije www.mi.gov.rs. U vreme sastavljanja ove studije, materijal u vezi sa finansiranjem obnovljivih izvora energije još uvek se nalazio na prethodnom sajtu.

U materijalu su detaljno opisani najznačajniji izvori finansiranja, sa posebno povoljnim uslovima za oblast proizvodnje i korišćenja obnovljivih izvora energije, pa i biogasa. Svaka mogućnost treba dobro da se razmotri, a u obzir uzmu svi troškovi koji pri obezbeđivanju sredstava nastaju, jer i naizgled najsitniji mogu da predstavljaju značajne sume.

Fond za kapitalna ulaganja AP Vojvodine



Sredstva ovog Fonda mogu da koriste lokalne samouprave i javna preduzeća. Ovakve organizacije, ukoliko se odluče za gradnju biogas postrojenja, obavezno treba da razmotre mogućnost dobijanja podrške Fonda.

Fond za kapitalna ulaganja AP Vojvodine, www.fkuapv.org, najznačajnija je institucija u Vojvodini, koja opštinama i javnim preduzećima pruža podršku za finansiranje projekata od posebnog značaja. U Statutu Fonda se navodi:

„Fond finansira programe i projekte od značaja za Autonomnu Pokrajinu Vojvodinu, a naročito u oblastima: prostornog planiranja i razvoja, poljoprivrede, vodoprivrede, šumarstva, lova, ribolova, turizma, ugostiteljstva, banja i lečilišta, zaštite životne sredine, industrije i zanatstva, drumskog, rečnog i železničkog saobraćaja i uređivanja puteva, prosvete, sporta, kulture, zdravstvene i socijalne zaštite i javnog informisanja i u drugim oblastima na teritoriji Autonomne Pokrajine Vojvodine.“

U programu rada Fonda je i:

„Energetika za izgradnju, rekonstrukciju i povećanje energetske efikasnosti svih tipova energetskih sistema i pospešivanje implementacije novih alternativnih izvora energije.“



Fond za zaštitu životne sredine



Fond za zaštitu životne sredine Republike Srbije finansira projekte u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije. Više informacija može se naći na internet sajtu <http://www.sepf.gov.rs>.

Trenutno je aktivan

JAVNI KONKURS ZA DODELU KREDITA FONDA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

U tekstu konkursa navodi se sledeće:

- podsticanje korišćenja obnovljivih izvora energije (sunca, vetra, biomase, geotermalne energije, itd.).

Kredit se odobrava pod sledećim uslovima:

- najviši iznos kredita je 40.000.000,00 dinara,
- kamatna stopa je 3 % na godišnjem nivou, obračun se vrši komfornom metodom, uz primenu valutne klauzule,
- rok otplate je do 5 godina, sa odloženim rokom otplate do 1 godine u kome se obračunava interkalarna kamata u iznosu od 3 % i pripisuje glavnom dugu,
- tromesečna otplata kredita (anuiteti).

Odluka o visini odobrenih sredstava donosi se u skladu sa ocenom investicionog programa koju vrši Fond za razvoj, a koja obuhvata ocenu finansijskog stanja i kreditne sposobnosti, ocenu instrumenata obezbeđenja i ekonomsku ocenu projekta, a prema Programu rada Fonda za razvoj za 2010. godinu.

Prilikom prvog puštanja kredita u tečaj plaća se provizija Fondu za razvoj u iznosu 1 % od vrednosti odobrenog kredita.

Ceo tekst konkursa dat je u prilogu V.

Čačanska banka



Čačanska banka a.d. Čačak, www.cacanskabanka.co.rs/, je u saradnji sa nemačkom razvojnom bankom KfW, razvila *Hit energy* kredite. Finansiraju se investicioni projekti kojima se postiže ušteda energije i/ili koriste obnovljivi izvori energije. Navedeni su i okvirni uslovi za kredite.

Kfw banka



Pravna lica

Maksimalan iznos kredita je propisan Uredbom Ministarstva ekonomije i regionalnog razvoja o uslovima za subvencionisane kamatne stope za kredite za investicije u 2010. godini:

- za mala preduzeća do 200.000 €,
- za srednja preduzeća do 1.500.000 €,
- za velika preduzeća do 4.000.000 €.

Rok	Do 5 godina
Grace period	Od 6 do 12 meseci
Nominalna kamatna stopa	3m EURIBOR + 4,0 % godišnje
Naknada	1,0 % jednokratno
Efektivna kamatna stopa	od 5,45 % godišnje

Kredit koji su namenjeni fizičkim, pravnim licima i preduzetnicima. Iznos kredita do 400.000 €.

Rok	Do 5 godina
Grace period	Do 12 meseci
Nominalna kamatna stopa	7,50 % godišnje
Naknada	1,00 % jednokratno
Efektivna kamatna stopa	8,38 % godišnje

Obezbeđenje: u zavisnosti od kreditne sposobnosti i roka otplate: menice, ovlašćenja, jemstvo, zaloga, hipoteka na nepokretnost.

Findomestic banka



Findomestic banka odobrava subvencionisane kredite za investicije na način i prema uslovima definisanim Uredbom o uslovima za subvencionisanje kamatne stope za kredite za investicije u 2010. godini i odgovarajućim Ugovorom o regulisanju međusobnih odnosa, koji je sklopljen sa Fondom za razvoj Republike Srbije.

Slično kao i u prethodnom slučaju, uslovi za kreditiranje su:

- za malo preduzeće do 200.000 €;
- za srednje preduzeće do 1.500.000 €;
- za veliko preduzeće do 4.000.000 € (za pretežnog izvoznika do 8.000.000 €).

Za ovu vrstu kredita mogu da apliciraju preduzetnici i privredna društva registrovana u skladu sa zakonom kojim se uređuje registracija privrednih subjekata.

Rok trajanja kredita: 3 do 5 godina, uključujući početak od 6 do 12 meseci.

Kamatna stopa: 3M EURIBOR + 4 % godišnje.

Kredit je sa valutnom klauzulom u €.

Naknada: 1 % od iznosa kredita, jednokratno.



Erste banka



Uslovi kreditiranja kod ove banke, <http://www.erstebank.rs>, povoljniji su nego za druge namene, a zavise od „zrelosti“ i izvesnosti prijavljenog projekta. Konkretni uslovi definišu se za konkretan projekat. Dogovaraju se sa nadležnima, a pre toga potencijalni investitor mora da ima razrađenu studiju i prethodnu ocenu tehničke i ekonomske izvodljivosti.

Zainteresovani mogu da kontaktiraju gospodina Aleksandra Savića, tel. 011 201 5023, E-mail aleksandar.savic@erstebank.rs.

Banca intesa



Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD) i *Banca Intesa* u Srbiji potpisale su ugovor o dodeli kreditne linije za finansiranje projekata održive energije u vrednosti od 10 M€. Krediti se odobravaju po kamatnoj stopi Euribor plus 6 % godišnje. Kod ove vrste kredita korisnici imaju mogućnost da povrate 20 % novca uloženog u projekte, tako da realna kamata na kraju iznosi EURIBOR plus 3 % godišnje. Krediti se odobravaju na period od 5 godina, uz grejs period od 2 godine. Maksimalni iznos kredita iznosi 2 M€, a maksimalna vrednost projekta koji se finansira je do 5 M€.

Uslovi kreditiranja su:

Maksimalna vrednost projekta	do 5,000.000 €
Sopstveno učešće	minimalno 15 % od ukupne vrednosti projekta
Iznos kredita	od 100.000 do 2.000.000 €
Rok otplate	5 godina uključujući grejs period do najviše 2 godine, koji se određuje u zavisnosti od potreba konkretnog projekta
Kamatna stopa	od EURIBOR 3M + 5,75 % godišnje do EURIBOR 3M + 7,00 % godišnje u zavisnosti od kreditne sposobnosti, veličine i obima saradnje korisnika kredita sa Bankom
Naknada za obradu zahteva	1 % sukcesivno na iznos realizovanog kredita
Naknada za neiskorišćena sredstva u periodu raspoloživosti	0,75 % godišnje
Naknada za monitoring kredita	bez naknade
Naknada za prevremenu otplatu	3 % na iznos kredita koji se prevremeno otplaćuje

Radi uspešne realizacije pojedinačnih projekata i postizanja tražene energetske efikasnosti EBRD je svim potencijalnim korisnicima ove kreditne linije obezbedila besplatnu konsultantsku pomoć iz ove oblasti.

Besplatna konsultantska pomoć sastoji se u:

- identifikaciji podobnih projekata i pružanju pomoći pri njihovoj izradi,



- pripremi plana revizije energije i racionalnog korišćenja energije za svaki podoban projekat,
- obezbeđivanju zaključka i preporuka o usklađenosti sa kriterijumima i podobnosti projekta za kreditiranje iz EBRD kreditne linije,
- utvrđivanju jednoznačnog kriterijuma ostvarenosti energetske ciljeve projekta,
- utvrđivanju plana namenskog puštanja sredstava kredita tokom izvođenja projekta i potom verifikaciju svake faze namenskog puštanja sredstava kredita.

Po završetku projekta delegirani konsultant za verifikaciju proverava da li su ciljevi EBRD kreditne linije ispunjeni, tj. da li je projekat završen u skladu sa relevantnim Planom revizije energije i racionalnog korišćenja energije, o čemu izdaje i odgovarajuću potvrdu.

Kroz ovakvo namensko finansiranje korisnik kredita ostvaruje uštedu energetske troškova, a na bazi potvrde konsultanta ostvaruje i pravo na naknadu od strane EBRD na ime povraćaja uložene sredstava (u iznosu od 15 do 20 % realizovanog kredita).

U ovom slučaju posebna pogodnost je isplata neke vrste nagrade na kraju realizacije projekta (15 do 20 %). Ovaj podsticaj je značajan, ali ga treba dobro proveriti, da ne bi bilo iznenađenja. Na primer, vezati ugovorom kada se on dostavlja, a ne nekoliko godina po završetku projekta.

Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD)



Pored ponude za finansiranje energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije posredstvom prethodno pomenute banke, Evropska banka za obnovu i razvoj, www.ebrd.com, sprovodi i program *Western Balkans Sustainable Energy Direct*

Financing Facility – WeBSEDF, za održivi razvoj kroz direktne investicije u oblast energetike u zemljama zapadnog Balkana, www.websedff.com. Uslovi su slični kao i oni prikazani u prethodnom slučaju, sa time da postoji mogućnost direktnog obraćanja ovoj banci. Kontakt osoba u Srbiji je gospodin Aleksandar Nikčević, tel. 011 2120715, mail nikcevia@ebrd.com. Uslovi kreditiranja se dogovaraju, a zavise od ocene rizika za konkretan slučaj. Ukoliko banka prihvati kreditiranje, nakon ocene da je rizik prihvatljiv, uslovi su dobri. Kao i u prethodnom slučaju, nakon izgradnje postrojenja dobija se dodatno olakšanje, smanjenje duga za 15 %.

Treba napomenuti da se razmatraju uzimaju samo prijave koje sadrže dobro sačinjene prethodne ocene tehničke i ekonomske izvodljivosti. Priloženu dokumentaciju ocenjuje firma *South East Europe Consultants-SEEC*, www.seec-bg.com, te se tek nakon dobijanja pozitivne ocene pristupa dogovaranju o uslovima kreditiranja.

Ovo je vrlo povoljan izvor finansiranja za zrele i dobro obrazložene predloge projekata, kako za druge slučajeve, tako i za gradnju postrojenja za biogas.



Ostale mogućnosti

Često se državnim institucijama i ministarstvima nude ponude inostranih vlada i fondacija, sa posebno povoljnim, nepovratnim ili delimično nepovratnim sredstvima za finansiranje projekata u oblasti primene obnovljivih izvora energije. To je posebno slučaj ukoliko se finansira projekat koji doprinosi boljitku građana, kao što je slučaj u proizvodnji i korišćenju biogasa.

Poseban slučaj je primena novih i do sada neispitanih postrojenja, bar na teritoriji Republike Srbije. Takva postrojenja imaju karakter demonstracionih, te i privilegije u finansiranju. Bar 50 % sredstava tada dolazi od nacionalnih ili evropskih fondova, ali investitor ima i obavezu da dobijene rezultate stavlja na uvid javnosti. To znači, da mora da odobri pristup posetiocima.



9. ZAKLJUČCI

Proizvodnja i korišćenje biogasa imaju višestruko pozitivne efekte, sa stanovišta zaštite životne sredine i korišćenja obnovljivih izvora energije, te podrške nacionalnoj ekonomiji i razvoju ruralnih oblasti. To se naročito odnosi na Vojvodinu, poljoprivrednu regiju, te je veoma značajna proizvodnja biogasa iz poljoprivrednih supstrata. Korišćenjem biogasa za proizvodnju električne i toplotne energije u Vojvodini doprinosi se i ostvarenju zahteva definisanih Direktivom 2009/28/EC, te ostvarenju nacionalnih ciljeva definisanih Zakonom o energetici.

Najpovoljniji supstrat za proizvodnju biogasa je stajnjak, čvrsti ili tečni, jer se najčešće koristi sa vlastite farme i besplatan je. Njegovom preradom u biogas postrojenju ostvaruju se višestruki pozitivni efekti kada je reč o zaštiti životne sredine, a proizvodi se i biogas, koji predstavlja obnovljivi izvor energije. Količine stajnjaka dovoljne za ostvarenje biogas postrojenja prihvatljive električne snage (150 kW i više) raspoložive su na malom broju imanja. Zbog toga se kao supstrat dodatno koriste i silaže energetske biljke. Drugi razlog za korišćenje energetske biljke jeste taj što biogas postrojenje koje koristi samo stajnjak kao supstrat, ima fermentore nekoliko puta veće zapremine, nego postrojenje iste snage koje koristi i energetske biljke. To značajno povećava visinu investicije. Sa stanovišta prinosa biogasa najpovoljnija je silaža kukuruza.

Ostatak fermentacije je nusproizvod u proizvodnji biogasa, a najčešće se koristi kao đubrivo, jer se njegovom distribucijom na poljoprivredne površine doprinosi očuvanju i povećanju plodnosti zemljišta. U njemu se nalaze značajne količine makroelemenata, ali i organske materije. Jedan od načina upotrebe ostatka fermentacije jeste da se nakon separacije i sušenja proizvedu peleti ili briketi, te da se koristi kao čvrsto gorivo.

U razvijenim zemljama biogas se najčešće koristi u kogeneraciji, odnosno za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije. Korišćenje biogasa u kogeneraciji na značaju dobija i u Srbiji, odnosno Vojvodini, nakon uvođenja podsticajnih cena za isporučenu električnu energiju, *feed-in* tarifa. Najviši stepen zrelosti za primenu u praksi predstavljaju kogenerativna postrojenja sa motorima SUS, a dodatne prednosti su što se njima postižu najviši električni stepeni korisnosti, a visina investicije je najniža. Koriste se dva tipa motora, gasni *Otto* motor i dizel motor sa inicijalnim paljenjem. U budućnosti može da se očekuje primena i drugih tehnologija korišćenja biogasa, nakon dostizanja tehničke zrelosti i sniženja cena investicija. Korišćenje biogasa u trigeneraciji, na primer za hlađenje mleka, može da bude isplativo ukoliko se dobiju subvencije za investiranje u apsorpcione rashladne mašine.

Kod kogenerativnih postrojenja sa motorom SUS toplotna energija sadržana je u rashladnoj tečnosti i produktima sagorevanja. Termička snaga je najmanje jednaka, a najčešće 10 do 30 % veća od električne. Do 30 % od ukupno proizvedene toplotne energije iskoristi se za grejanje fermentora i eventualno mešača supstrata. Preostala količina na raspolaganju je za druge primene. Treba težiti kome tome da se iskoristi što više toplotne energije, jer se time povećava dobit. U najvećem broju slučajeva, teško je ostvarivo značajnije iskorišćenje toplotne energije. Perspektivan način primene je uglavnom za tehnološke potrebe, kod kojih postoji ujednačena potreba za toplotnom energijom tokom dana i godine. Jedan od primera bilo bi iskorišćenje toplotne energije za proizvodnju bioetanola. Često se toplotna energija koristi za grejanje obližnjih stambenih ili poslovnih objekata, staklenika, kao i za sušenje poljoprivrednih proizvoda. Potrebe za



toplotnom energijom su sezonske i neujednačene, pa se, najčešće, ne iskoristi više od 30 % preostale toplotne energije.

Prikazani primeri dobre prakse biogas postrojenja, iz više zemalja u okruženju i Nemačke, pokazali su da je moguća uspešna proizvodnja i korišćenje biogasa, ali da postoje i problemi. Visina *feed-in* tarifa u Srbiji je na nivou drugih zemalja u kojima se biogas tehnologija uspešno koristi, što bi trebalo da omogući rad sa pozitivnim finansijskim efektima. Proizvodnja biogasa iz industrijskog i komunalnog otpada je posebna oblast. Na osnovu datih primera jasno je da je u tom slučaju fokusirano zbrinjavanje otpada.

Potencijal za proizvodnju električne energije iz biogasa u Vojvodini samo iz stajnjaka je mali, posebno ukoliko se u obzir uzmu samo farme sa brojem grla koje bi omogućile ostvarenje biogas postrojenja većih snaga. Ukoliko se u obzir uzme da je udeo silaže energetskih biljaka 30, 50 ili 70 %, potencijal instalirane električne snage je 7, 12 i 17 MW. Uzimajući u obzir ekonomski opravdan i očekivan porast stočnog fonda, posebno na srednjim i velikim farmama, ovaj potencijal bi do 2020. godine mogao da poraste na 15, 25 i 35 MW respektivno. Za najveću vrednost instalirane snage u 2020. godini proizvodnja električne energije iz biogasa predstavljala bi oko 9 % potrošnje.

Opisane su osnove proizvodnje i korišćenja biogasa. Ove informacije nisu dovoljne da bi neko samostalno projektovao i izgradio biogas postrojenje. Za to je potrebna pomoć stručnih pojedinaca i preduzeća, koji već imaju iskustva i reference. Dat je uprošćen opis realizacije biogas postrojenja, od ideje do puštanja u rad. Prvi korak bilo bi sagledavanje potencijala, provera pogodnosti lokacije, te mogućnost priključivanja na električnu mrežu. Mogućnost i cena priključivanja na mrežu može da bude od odlučujućeg uticaja na izvodljivost projekta biogas postrojenja.

Poseban zadatak prilikom ostvarenja biogas postrojenja jeste prikupljanje potrebnih dozvola i drugih dokumenata. Vreme za njihovo pribavljanje ponekad je neopravdano dugo. Dugotrajno prikupljanje dokumenata i dozvola utiče na realizaciju i ekonomske pokazatelje postrojenja. To je bio problem i u drugim zemljama, kada se započela izgradnja prvih biogas postrojenja. U ovoj oblasti dobro bi došla pomoć državnih organa, od lokalne samouprave, do republičkog nivoa. Od velike pomoći bila bi izrada jasnih uputstava svim institucijama koje su zadužene za izdavanje dozvola i dokumenata, na svim nivoima.

Kao i prilikom bilo kojeg drugog investiranja, najpre mora da se proceni izvodljivost projekta. Društvena korist i uticaj na životnu sredinu su pozitivni, ali treba da se sagleda tehnička i ekonomska izvodljivost, a u ovoj studiji su date najvažnije podloge za njihovo sprovođenje. Iako su ova uputstva jasna, bilo bi poželjno da se ova faza rada na projektu prepusti stručnim osobama i/ili institucijama. Bitno je da ocene budu realne, da bi se sa sigurnošću i blagovremeno odlučilo o nastavku ili prekidu rada na projektu.

Prikazani primeri finansijske ocene za biogas postrojenja veličine 150, 500 i 1.000 kW_e jasno su pokazali da su ekonomski pokazatelji povoljniji za veća postrojenja. Najveći uticaj na pozitivne ekonomske pokazatelje ima stepen iskorišćenja toplotne energije, čime se ostvaruju viši prihodi. Visine kamata za finansiranje projekta iz kredita imaju manji uticaj.

Posebno je naglašeno da su u primerima za finansijsku ocenu korišćene realne visine investicija za izgradnju biogas postrojenja. Zbog trenutno velike potražnje i visokih subvencija u nekim zemljama EU, visine investicija koje nude neke kompanije za izgradnju biogas postrojenja neopravdano su visoke. Preporučuje se, da se i u slučaju ponude po sistemu *ključ u ruke*, obavezno računa i korišćenje domaće operative koja može kvalitetno da obavi većinu izvođačkih radova, uz instruktazu i nadzor. Ovakvim pristupom, ukupna



investicija može da se snizi i do 30 %. Veliki uticaj na ekonomske pokazatelje ima količina i cena silaže koja se koristi kao supstrat za proizvodnju biogasa. Ovde treba biti posebno oprezan i realan. Cena silaže trebalo bi da se izračuna na bazi poređenja ekonomskih efekata, koji se ostvaruju pri drugoj proizvodnji. Na primer, ukoliko se proizvodi silaža kukuruza, ona bi trebalo da ima cenu oko 27 €/t, ukoliko se poredi sa cenom zrna kukuruza oko 150 €/t. Konkretna cena zavisiće od uslova za proizvodnju na nekom području. Cene poljoprivrednih proizvoda menjaju se konstantno, a značajno iz godine u godinu, pa računica treba da se zasniva na višegodišnjim prosecima.

Očekuju se da se na državnom nivou vodi računa o daljem razvoju biogas tehnologije i izgradnji novih biogas postrojenja u Srbiji, a time i Vojvodini. Zato je neophodno da se *feed-in* tarife za isporučenu električnu energiju povremeno menjaju kako bi omogućile isplativ rad biogas postrojenja i pored promene cena na tržištu. Dodatno, potrebno je težiti i uvođenju određenih bonusa, kojima bi se podsticala energetska efikasnost, na primer što veće iskorišćenje otpadne toplotne energije.

Korišćenje obnovljivih izvora energije umnogome se podržava, a očekuje se da će u budućnosti podrška biti još značajnija. Veliki broj banaka ima posebne pogodnosti za investiranje u oblasti energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije. Ipak, da bi se sredstva odobrila, obavezna je provera ekonomske izvodljivosti, a taj postupak zahteva rad i troškove.

Tipičan primer dobrih uslova finansiranja predstavlja ponuda Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD), koja predviđa otpis do 15 % sredstava, ali tek nakon realizacije i puštanja u rad postrojenja.

Vredi napora raspitati se o mogućnosti dobijanja nepovratnih sredstava. To je izvesnije ukoliko se radi o novim i inovativnim postrojenjima, koja mogu da imaju status demonstracionih.



LITERATURA

1. Al Seadi Teodorita, Rutz D, Prassl H, Köttner M, Finsterwalder T, Volk S, Janssen R. 2008. Biogas Handbook. Al Seadi Teodorita (ed). University of Southern Denmark, Esbjerg, Danska.
2. Bekker Marina, Oechsner H. 2010. Betrieb einer Mikrogasturbine mit Biogas - praktische Erfahrungen. *Landtechnik* 65(2): 136-138.
3. Braun R. 1982. Biogas – Methangärung organischer Abfallstoffe. Springer Verlag, Wien-New York.
4. Briese M. 2008. Erstellung einer standardisierten Wirtschaftlichkeitberechnung für Bigasanlagen. Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin, Books on Demand GmbH, Norderstedt, Reha GmbH, Saarbrücken, Nemačka.
5. Burton H, Turner C. 2003. Manure management: Treatment strategies for sustainable agriculture. Silsoe Research Institute, Bedford, UK.
6. Effenberger M, Lehner A, Đatkov Đ, Gronauer A. 2009a. Performance figures of Bavarian agricultural biogas plants. *Contemporary Agricultural Engineering* 35(4): 219-227.
7. Effenberger M, Bachmaier H, Kränzel Eunice, Lehner A, Gronauer A. 2009b. Wissenschaftliche Begleitung der Pilotbetriebe zur Biogasproduktion in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, Nemačka.
8. Kaiser F, Metzner T, Effenberger M, Gronauer A. 2008. Sicherung der Prozessstabilität in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, Nemačka.
9. Kaltschmitt M, Hartmann H. 2001. Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
10. Karamarković V, Matejić Maja, Brdarević Ljiljana, Stamenić Mirjana, Ramić Biljana. 2008. Uputstvo za pripremu projekata u oblasti energetske efikasnosti u opštinama. Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd.
11. Kratzeisen M, Starcevic N, Martinov M, Maurer Claudia, Müller J. 2010. Applicability of biogas digestate as solid fuel. *Fuel* 89(2010): 2544-2548.
12. Lepotić Kovačević Branislava, Stojiljković Dragoslava, Lazarević B. 2010. Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne/toplotne energije iz biomase u Republici Srbiji - Vodič za investitore. Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd (www.mre.gov.rs, aprila 2011).
13. Martinov M, Đatkov Đ, Dragutinović G, Brkić M, Pešenjanski I, Veselinov B, Kiš F, Stanica Milojević Veselinov, Tešić M, Đaković D. 2008. Mogućnosti kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije iz biomase u AP Vojvodini. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
14. Michel J, Weiske A, Möller K. 2010. The effect of biogas digestion on the environmental impact and energy balances in organic cropping systems using the life-cycle assessment methodology. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25(3): 204-218.
15. Mudrack K, Kunst S. 2003. Biologie der Abwasserreinigung (5. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.



16. Nill M, Wilfert R. 2004. Kurzfassung des Endberichtes für da DBU Projekt 15071: Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse. Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig, Nemačka.
17. Obernberger I, Thek G. 2008. Costs assessment of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion and biomass gasification. In Proc. 16th European Biomass Conference & Exhibition, June 2008, Valencia.
18. Peche R, Tronecker D, Rommel W. 2007. Klimaschutz durch effiziente Energienutzung Einsatzmöglichkeiten der Mikrogasturbine in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Bayersisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Nemačka.
19. Petersson A, Wellinger A. 2009. Energy from biogas and landfill gas – IEA Bioenergy Task (vol. 37). International Energy Association, Paris, Francuska.
20. Pšaker P, Lobe B. 2010. Kmetijski potencial za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije – Kmetijski gozdarski zavod Celje, Celje, Slovenija.
21. Pöschl Martina, Shane W, Owende P. 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. *Applied Energy* 87(2010): 3305-3321.
22. Strauß C. (Ed) et al. 2010. Standortangepasste Anbau - systeme für Energiepflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Nemačka.
23. Baaske W, Trogisch S. (eds.). 2004. Biogas powered fuel cells: Case studies for their implemantation. Trauner Verlag, Linz, Austrija.
24. Wellinger A, Baserga U, Edelmann W, Egger K, Seiler B. 1991. Biogas-Handbuch: Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen. Verlag Wirz, Aarau, Švajcarska.
25. Wellinger A, Lindberg Anna. 2000. Biogas upgrading and utilisation – IEA Bioenergy Task (vol. 24). International Energy Association, Paris, Francuska. Anonim. 2001. Leitfaden Bioenergie Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
26. Anonim. 2005. Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, Nemačka.
27. Anonim. 2006. Handreichung: Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Nemačka.
28. Anonim. 2007a. Biogashandbuch Bayern - Materialband. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg, Nemačka.
29. Anonim. 2007b. Memorandum of Understanding on the Regional Energy Market in South East Europe and its Integration into the European Community Internal Energy Market. www.stabilitypact.org/energy.
30. Anonim. 2008a. Screening the rise of fermentable wastes & market prices for energy and waste treatment in Romania. Izveštaj FP6 projekta: PROBIOPOL, Biogas Polygeneration for Romania (<http://www.probiopol.de/Feasibility-and-Potentials-in.16.0.html>).
31. Anonim. 2008b. Biogas – an introduction. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, Nemačka.



32. Anonim. 2009a. Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union.
33. Anonim. 2009b. Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije i kriterijumima za ocenu ispunjenosti tih uslova. Službeni glasnik Republike Srbije 72/99.
34. Anonim. 2009c. Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije. Službeni glasnik Republike Srbije 99/09.
35. Anonim. 2009d. Planning of biogas plant. Presented at Biogas for Eastern Europe, Athens, October the 20th. Company Agrinz Technologies, Leibniz.
36. Anonim. 2009e. Biogas-Messprogramm II – 61 Biogasanlagen im Vergleich. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
37. Anonim. 2009f. Energetski bilans AP Vojvodine - plan za 2010. godinu. Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine. Novi Sad.
38. Anonim. 2009g. Faustzahlen Biogas. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
39. Anonim. 2009h. Kühlen mit Abwärme. Profi 5(2009): 80-82.
40. Anonim. 2010. Akcioni plan za biomasu 2010 – 2012. Ministarstvo rudarstva i energetike, Beograd, NL Agency, Utrecht.
41. Anonim. 2011a. Saopštenje PO12: Broj stoke – Stanje 1.12.2010. prethodno saopštenje. Republički zavod za statistiku, Beograd.
42. Anonim. 2011b. Statistički podaci – Poljoprivreda i ribarstvo. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Beograd. (<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=138>).
43. Anonim. 2011c. Zakon o energetici, nacrt. Republika Srbija, Ministarstvo rudarstva i energetike (sada Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku), Beograd (www.mre.gov.rs. mart 2011).

PRILOZI

Prilog I Orijentacione vrednosti za proračun proizvodnje i korišćenje biogasa

Sadržaj metana u biogasu	50 do 70 %	
Donja toplotna moć metana	9,97 kWh/Stm ³	
Donja toplotna moć biogasa (50-70 % metana)	5 do 7 kWh/Stm ³	
UG		
1 UG je životinja težine	500 kg	
1 UG proizvede količinu stajnjaka	6,6 do 35 t/god	
1 UG goveda ili svinje zahteva električnu snagu	0,11 do 0,15 kW _e	
1 UG peradi zahteva električnu snagu	0,5 kW _e	
1 ha silaže kukuruza zahteva električnu snagu	2 do 2,5 kW _e	
1 t silaže kukuruza zahteva skladišteni prostor trenč-silosa	1,4 m ³	
1 t tečnog stajnjaka svinja ima prinos biogasa (% metana)	20 Stm ³ (60 %)	
1 t tečnog stajnjaka goveda ima prinos biogasa (% metana)	28 Stm ³ (55 %)	
1 t silaže kukuruza ima prinos biogasa (% metana)	180 Stm ³ (52 %)	
Postrojenja		
Potrebna zapremina fermentora za 100 kW _e	400 do 800 m ³	
Potrebna zapremina horizontalnog fermentora za 100 UG	100 do 150 m ³	
Potrebna zapremina vertikalnog fermentora za 100 UG	200 do 250 m ³	
Električni stepen korisnosti kogenerativnog postrojenja	30 do 40 %	
Termički stepen korisnosti kogenerativnog postrojenja	40 do 60 %	
Ukupni stepen korisnosti kogenerativnog postrojenja	85 %	
Troškovi		
Troškovi investicije za celo biogas postrojenje	150 kW _e	3.500 €/kW _e
	500 kW _e	3.000 €/kW _e
	1.000 kW _e	2.500 €/kW _e
Troškovi investicije za gasni agregat	150 kW _e	680 €/kW _e
	500 kW _e	570 €/kW _e
	1.000 kW _e	400 €/kW _e
Feed-in tarife za postrojenja snage	150 kW _e	16,11 ct/kWh _e
	500 kW _e	15,33 ct/kWh _e
	1.000 kW _e	14,22 ct/kWh _e

Prilog II

Uporedni pregled finansijske ocene za tri biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e

U ovom prilogu prikazani su rezultati finansijske ocene za tri biogas postrojenja. Sa namerom su odabrane snage 150, 500 i 1.000 kW_e, da bi se prikazao uticaj veličine na finansijske efekte kada se razmatra malo, srednje i veliko postrojenje. Postrojenja su posmatrana kao posebne organizacione i finansijske celine, što znači da u finansijskim projekcijama figurišu svi prihodi i rashodi koji su posledica investicije. Godišnji neto dobiti u suštini predstavljaju godišnje neto uštede, ukoliko se neki proizvod realizuje u postojećem privrednom subjektu.

Usvojeno je da je dinamika realizacije 7 meseci i da je vek projekta 20 godina, radni vek kogenerativnog postrojenja 6 godina, radni vek transportnih sredstava i ostale opreme 10 godina, a radni vek građevinskih objekata 20 godina.

Osnovni izvor prihoda je od prodaje električne energije, a pretpostavljeno je da je celokupna proizvedena količina isporučena u javnu električnu mrežu. S obzirom na neizvesnost plasmana toplotne energije, za tri biogas postrojenja su razmatrana scenarija s iskorišćenjem preostale toplotne energije 70 %, 30 % i 0 % (tržišna valorizacija). Računato je da ostatak fermentacije nije oprihodovan ni u jednoj varijanti, zbog neizvesnosti na tržištu i mogućnosti da se on proda drugim licima kao đubrivo ili distribuira na sopstvenim površinama.

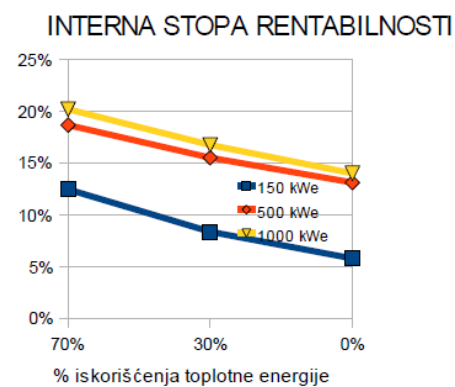
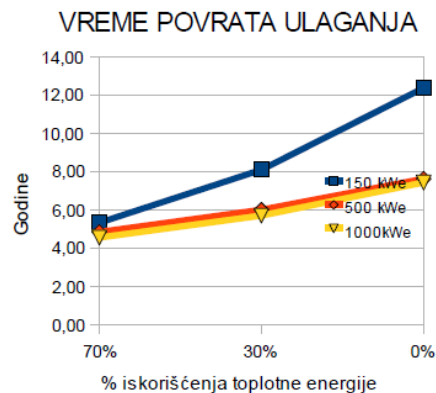
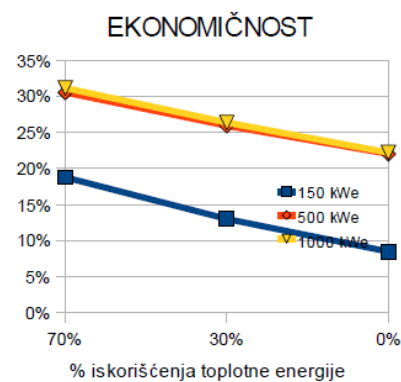
Zbog neizvesnosti izvora finansiranja, sve finansijske projekcije urađene su u tri varijante: finansiranje sopstvenim sredstvima, sa kreditom 50 % i sa kreditom 90 %. Time se finansijski efekti prikazuju u tri tabele. Pretpostavljeni uslovi kredita su čisto komercijalni: rok otplate 6 godina, grejs period 1 godina, kamata 10 % godišnje.

Zbog potrebe za proverom osetljivosti projekta na promenu cena na tržištu, urađena je i senzitivna analiza. Time su analizirane još tri varijante, sa povećanjem vrednosti investicije za 10 %, povećanjem troškova sirovina za 20 % i povećanjem cene električne i toplotne energije za 20 %. Finansijska ocena je na taj način prikazana za četiri varijante (osnovna i tri senzitivne) i tri podvarijante (izvori finansiranja), ukupno u dvanaest tabela.

U nastavku ovog priloga prikazano je dvanaest tabela za finansijske ocene tri primera biogas postrojenja, a na kraju je dat tabelarni pregled koja varijanta investicije zadovoljava sve kriterijume za pozitivnu finansijsku ocenu. Dat je i primer kompletne finansijske analize za postrojenje snage 500 kW_e u varijanti sa svim cenama po projektu, plasman 70 % preostale toplotne energije i izvor finansiranja 50 % iz kredita, sa prikazom rezultata u softverskom alatu koji je korišten. Na kraju, dat je generalni zaključak u vezi efekata investiranja u biogas postrojenja u Vojvodini, odnosno Srbiji.

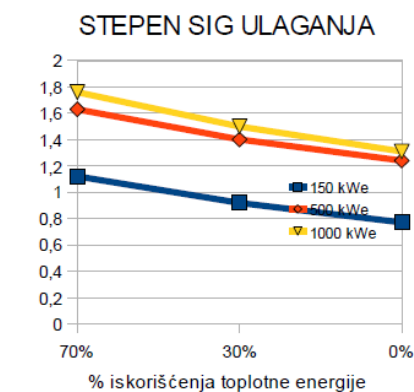
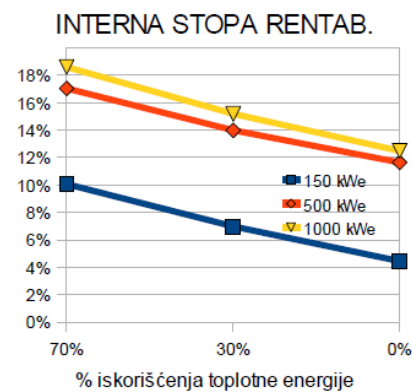
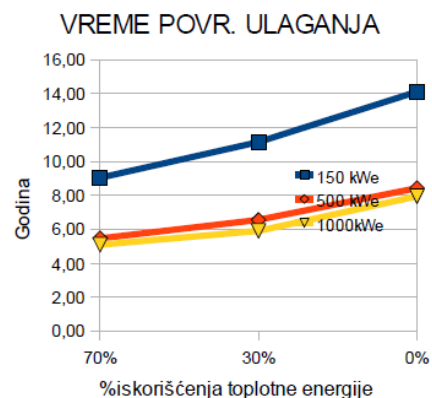
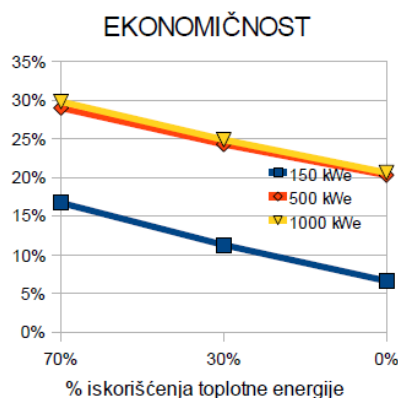
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Osnovna varijanta (sve cene po projektu), podvarijanta bez kredita

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	41.966	18,75%	7,66	81.221	0,16	12,46	
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	27.100	13,00%	9,82	-52.828	-0,10	8,36	
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	16.662	8,46%	12,36	-133.157	-0,26	5,77			
Top.energ.	0%	0	0,04										
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	215.863	30,52%	4,85	924.425	0,61	18,68	
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	170.224	25,89%	6,10	573.161	0,38	15,52	
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	620.067	136.442	22,00%	7,62	316.423	0,21	13,12			
Top.energ.	0%	0	0,04										
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.359.469	423.125	31,12%	4,55	1.942.103	0,73	20,20	
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	331.715	26,36%	5,70	1.247.403	0,47	16,75	
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	262.344	22,20%	7,42	720.197	0,27	14,01			
Top.energ.	0%	0	0,04										



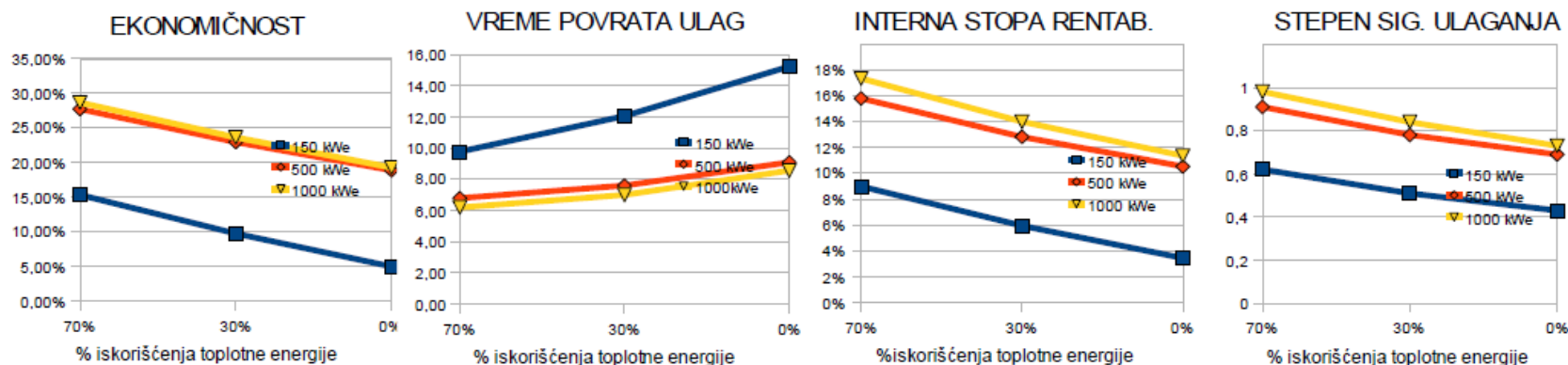
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
 Osnovna varijanta (sve cene po projektu), podvarijanta kredit 50 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	37.343	16,68%	9,04	2.561	0,00	10,07	1,12
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	23.425	11,24%	11,84	-103.211	-0,20	6,99	0,92
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	12.957	6,58%	14,11	-182.972	-0,35	4,46	0,77		
Top.energ.	0%	0,04											
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	205.014	28,99%	5,47	778.329	0,52	17,03	1,63
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	159.573	24,27%	6,55	430.033	0,28	13,98	1,40
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	620.067	125.791	20,29%	8,43	173.296	0,11	11,64	1,24		
Top.energ.	0%	0,04											
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	405.341	29,79%	5,09	1.696.791	0,63	18,59	1,76
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	312.847	24,86%	5,91	993.850	0,37	15,18	1,50
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	243.476	20,61%	7,94	466.644	0,17	12,49	1,31		
Top.energ.	0%	0,04											



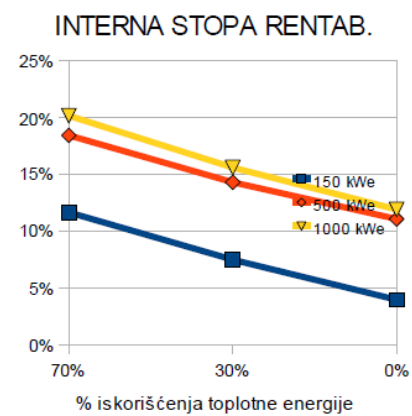
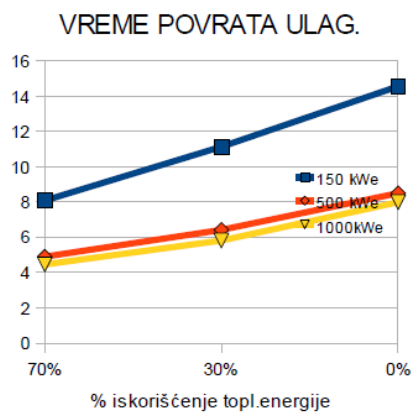
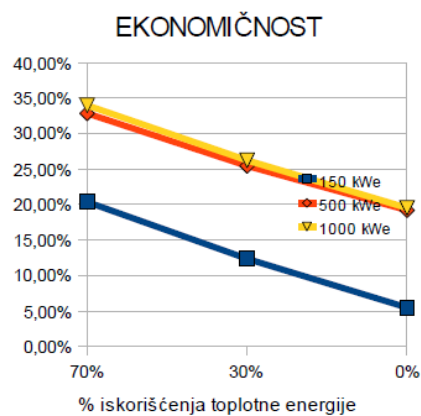
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Osnovna varijanta (sve cene po projektu), podvarijanta kredit 90 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	34.394	15,37%	9,77	-37.085	-0,07	8,99	0,62
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	20.416	9,80%	12,06	-143.725	-0,28	5,95	0,51
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	9.897	5,03%	15,23	-224.174	-0,43	3,46	0,43
		Top.energ.	0%	0	0,04								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	196.335	27,76%	6,79	661.453	0,44	15,79	0,91
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	151.052	22,98%	7,60	315.531	0,21	12,83	0,78
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	117.270	18,91%	9,09	58.794	0,04	10,54	0,69
		Top.energ.	0%	0	0,04								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	390.247	28,68%	6,20	1.493.948	0,56	17,34	0,98
		Toplota	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	297.752	23,66%	7,00	791.007	0,30	13,99	0,84
		Toplota	30%	1.918.980	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	228.381	19,33%	8,56	263.801	0,10	11,36	0,73
		Toplota	0%	0	0,04								



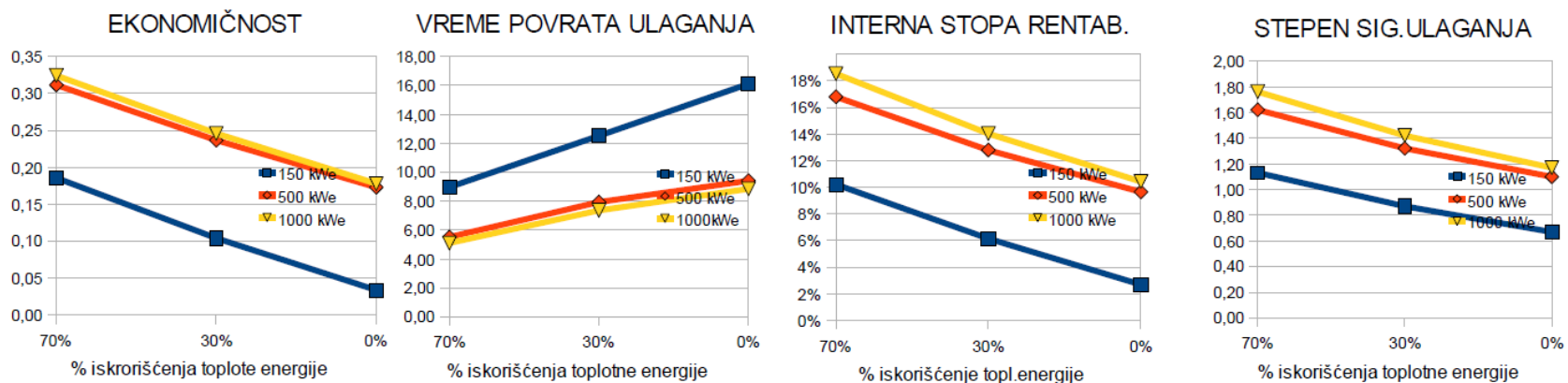
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza investicija + 10 %, podvarijanta bez kredita

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	571.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	45.577	20,36%	8,08	62.528	0,11	11,67	
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	25.709	12,34%	11,13	-88.465	-0,15	7,50	
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	10.783	5,48%	14,55	-201.902	-0,35	3,97			
Top.energ.	0%	0	0,04										
500	1.654.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	232.257	32,84%	4,90	983.670	0,59	18,45	
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	167.270	25,44%	6,42	485.019	0,29	14,32	
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	119.009	19,19%	8,50	118.251	0,07	11,09			
Top.energ.	0%	0	0,04										
1.000	2.929.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	462.096	33,96%	4,46	2.123.189	0,72	20,18	
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	329.961	26,22%	5,82	1.118.987	0,38	15,60	
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	230.859	19,54%	7,99	365.835	0,12	11,91			
Top.energ.	0%	0	0,04										



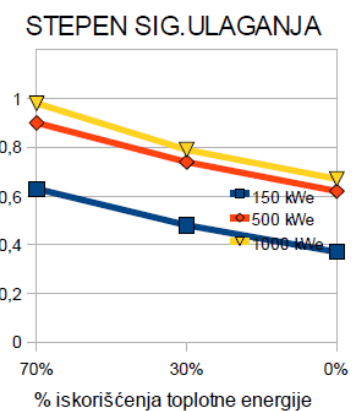
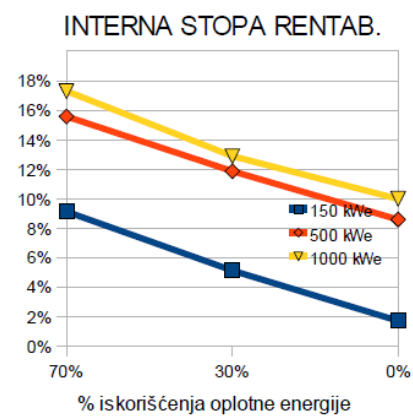
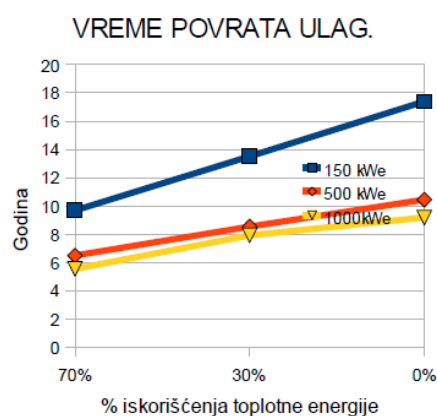
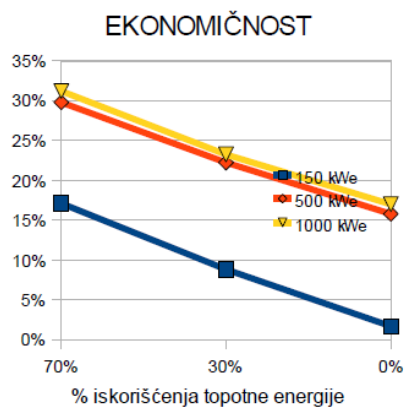
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza investicija + 10 %, podvarijanta kredit 50 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi				Finansijski efekti								
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek	
150	571.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	41.550	18,56%	8,97	8.405	0,01	10,21	1,13	
		Top.energ.	70%	673.750	0,04									
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	21.678	10,40%	12,52	-142.642	-0,25	6,15	0,87	
		Top.energ.	30%	288.750	0,04									
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	6.669	3,39%	16,11	-257.247	-0,45	2,69	0,67	
		Top.energ.	0%	0	0,04									
500	1.654.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	220.374	31,16%	5,52	823.642	0,50	16,8	1,62	
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04									
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	155.603	23,67%	7,94	328.242	0,20	12,8	1,32	
		Top.energ.	30%	934.500	0,04									
		El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	107.343	17,31%	9,42	-38.526	-0,02	9,66	1,10	
		Top.energ.	0%	0	0,04									
1.000	2.929.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	441.436	32,44%	5,10	1.845.560	0,63	18,53	1,76	
		Toplota	70%	4.477.620	0,04									
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	309.301	24,58%	7,36	841.358	0,29	14,04	1,42	
		Toplota	30%	1.918.980	0,04									
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	210.199	17,79%	8,85	88.206	0,03	10,44	1,17	
		Toplota	0%	0	0,04									



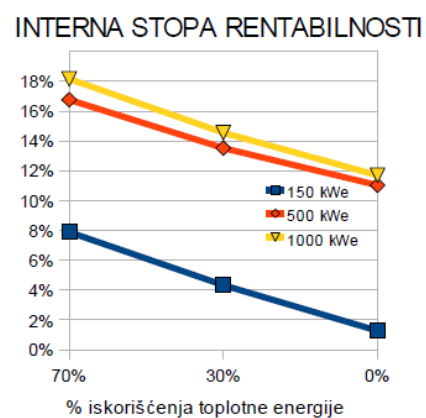
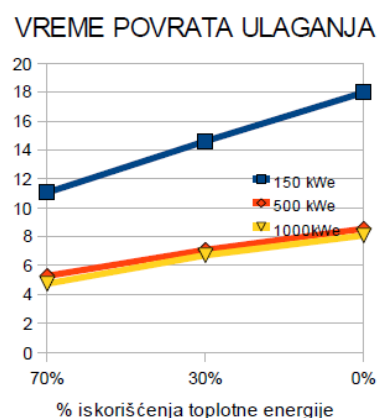
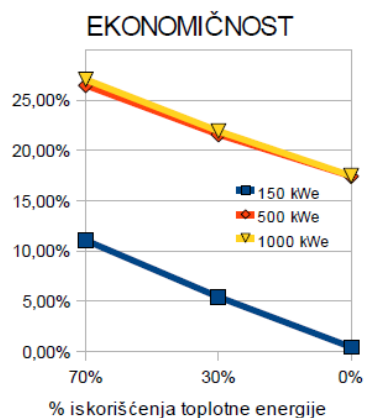
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza investicija + 10 %, podvarijanta kredit 90 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi				Finansijski efekti							
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	571.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	38.319	17,12%	9,69	-35.019	-0,06	9,13	0,63
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	18.357	8,81%	13,51	-187.370	-0,33	5,13	0,48
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	3.289	1,67%	17,39	-302.701	-0,53	1,72	0,37		
Top.energ.	0%	0	0,04										
500	1.654.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	210.868	29,81%	7,08	695.620	0,42	15,57	0,90
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	146.269	22,25%	8,55	202.821	0,12	11,86	0,74
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	97.949	15,80%	10,45	-164.853	-0,10	8,59	0,62		
Top.energ.	0%	0	0,04										
1.000	2.929.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	424.908	31,23%	5,56	1.623.456	0,55	17,29	0,98
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	292.773	23,27%	7,93	619.254	0,21	12,88	0,79
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	225.257	19,06%	9,19	-1.807	0,00	9,99	0,67		
Top.energ.	0%	0	0,04										



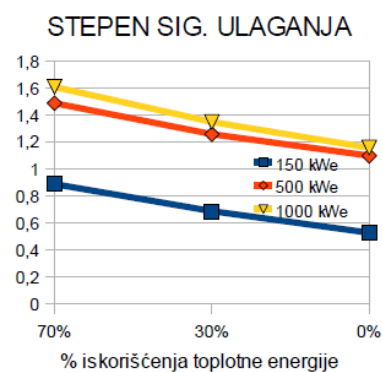
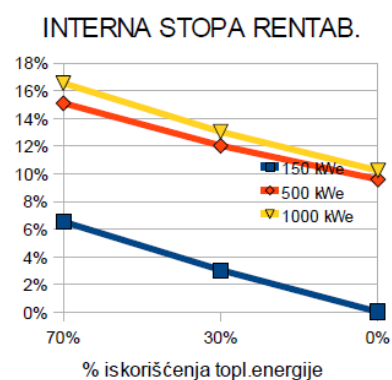
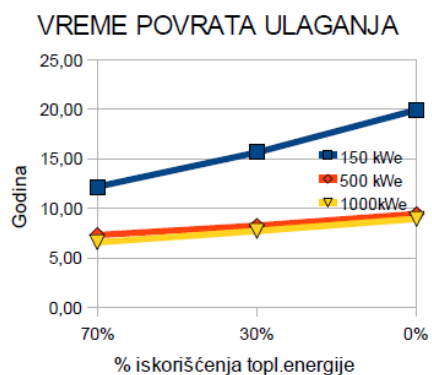
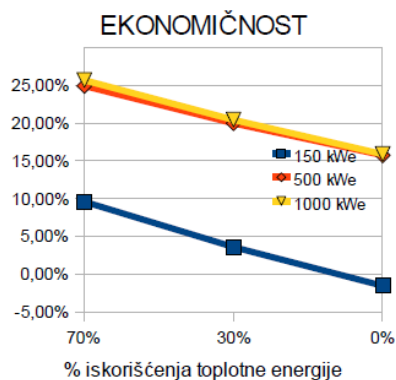
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza sirovine + 20 %, podvarijanta bez kredita

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	25.157	11,04%	11,04	-68.595	-0,13	7,89	
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	11.239	5,39%	14,60	-174.367	-0,33	4,33	
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	801	0,41%	17,97	-253.696	-0,49	1,28	
		Top.energ.	0%	0	0,04								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	181.461	26,50%	5,27	707.995	0,47	16,76	
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	141.919	21,59%	7,07	358.045	0,24	13,52	
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	108.137	17,44%	8,53	101.308	0,07	11,03	
		Top.energ.	0%	0	0,04								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	368.575	27,09%	4,74	1.527.531	0,50	18,16	
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	276.080	21,94%	6,70	824.590	0,31	14,56	
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	206.709	17,49%	8,08	297.384	0,11	11,7	
		Top.energ.	0%	0	0,04								



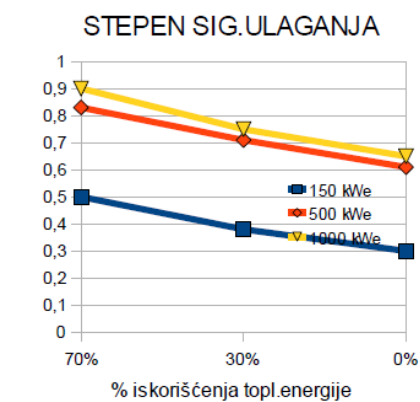
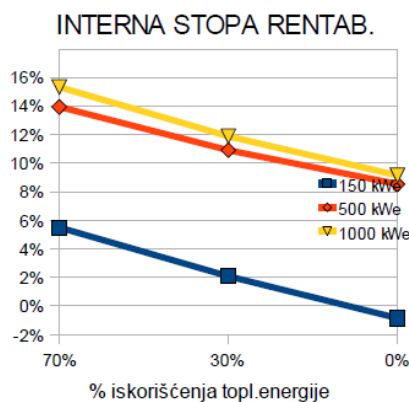
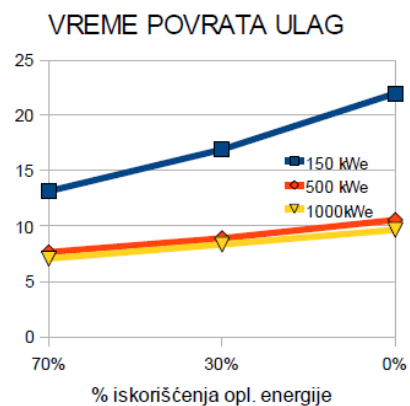
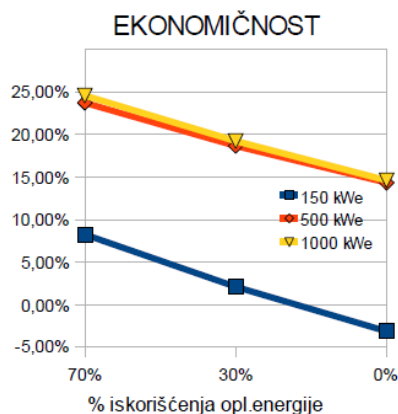
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza sirovine + 20 %, podvarijanta kredit 50 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	21.482	9,60%	12,20	-117.978	-0,23	6,53	0,89
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	7.497	3,60%	15,68	-224.707	-0,43	3,04	0,69
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	-3.056	-1,55%	19,95	-305.540	-0,59	0,03	0,53
		Top.energ.	0%	0	0,04								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	176.287	24,92%	7,33	557.234	0,37	15,10	1,49
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	131.268	19,97%	8,26	214.918	0,14	12,03	1,26
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	97.486	15,72%	9,45	-41.820	-0,03	9,59	1,10
		Top.energ.	0%	0	0,04								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	349.707	25,70%	6,60	1.273.978	0,48	16,55	1,61
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	257.212	20,44%	7,73	57.103	0,21	13,04	1,35
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	187.841	15,90%	8,95	43.830	0,02	10,24	1,16
		Top.energ.	0%	0	0,04								



Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza sirovine + 20 %, podvarijanta kredit 90 %

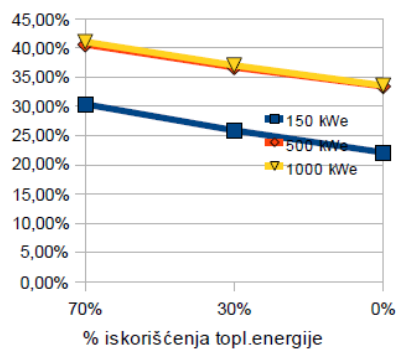
Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi				Finansijski efekti							
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	223.823	18.462	8,25%	13,16	-158.646	-0,30	5,5	0,50
		Top.energ.	70%	673.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	208.423	4.417	2,12%	16,93	-66.137	-0,51	2,07	0,38
		Top.energ.	30%	288.750	0,04								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,161107	196.873	-6.151	-3,12%	22,00	-347.126	-0,67	-0,87	0,30
		Top.energ.	0%	0	0,04								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	707.287	167.952	23,75%	7,63	445.161	0,29	13,95	0,83
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,04								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,153330	657.447	122.747	18,67%	8,90	100.416	0,07	10,92	0,71
		Top.energ.	30%	934.500	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,153330	620.067	88.908	14,34%	10,56	-157.170	0,11	8,53	0,61
		Top.energ.	0%	0	0,04								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.360.669	334.612	24,59%	7,06	1.071.135	0,40	15,34	0,90
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.258.323	242.117	19,24%	8,33	368.194	0,14	11,89	0,75
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,04								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,142220	1.181.564	172.688	14,62%	9,65	-159.885	0,17	9,15	0,65
		Top.energ.	0%	0	0,04								



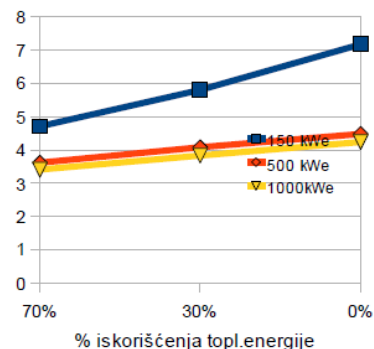
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza prodajne cene + 20 %, podvarijanta bez kredita

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	268.587	81.474	30,33%	4,71	359.401	0,69	19,69	
		Top.energ.	70%	673.750	0,048								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,193328								
		Top.energ.	30%	288.750	0,048								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	848.744	344.058	40,54%	3,62	1.901.312	1,26	26,82	
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,048								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,183996								
		Top.energ.	30%	934.500	0,048								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.632.802	670.151	41,04%	3,41	3.819.444	1,43	28,85	
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664								
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.509.988	559.157	37,03%	3,83	2.975.914	1,11	25,06	
		Top.energ.	0%	0	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664								
		Top.energ.	0%	0	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.417.877	475.912	33,57%	4,24	2.343.267	0,88	22,11	
		Top.energ.	0%	0	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664								
		Top.energ.	0%	0	0,048								

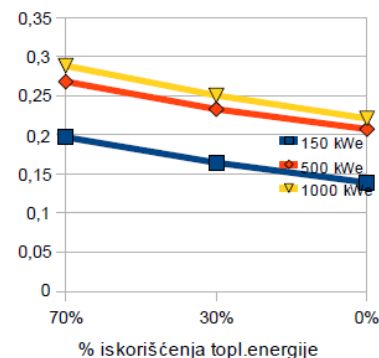
EKONOMIČNOST



VREME POVRATA ULAGANJA

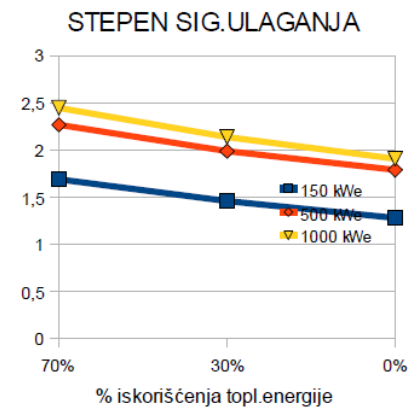
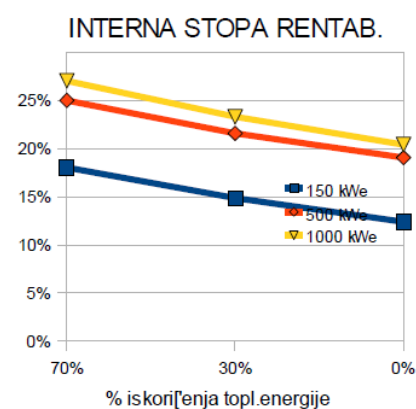
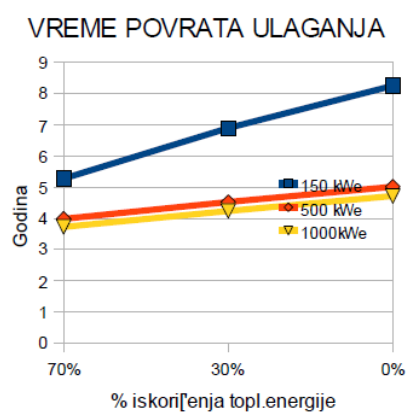
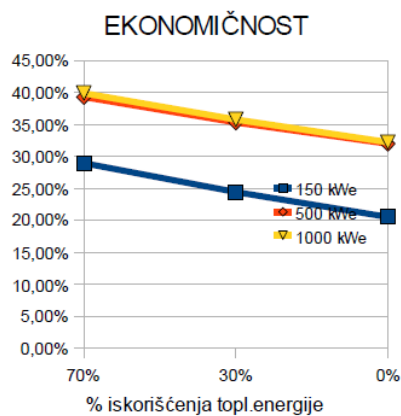


INTERNA STOPA RENTAB.



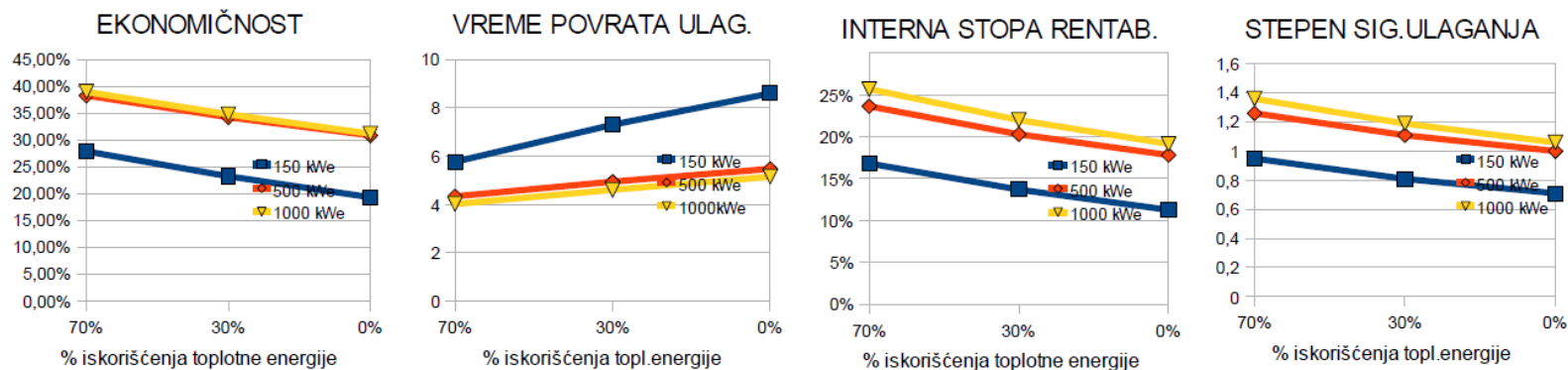
Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza prodajne cene + 20 %, podvarijanta kredit 50 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	268.587	77.799	28,97%	5,28	310.017	0,60	18,04	1,69
		Top.energ.	70%	673.750	0,048								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	250.107	61.097	24,43%	6,90	183.091	0,35	14,88	1,46
		Top.energ.	30%	288.750	0,048								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	236.247	48.571	20,56%	8,26	87.896	0,17	12,40	1,28
		Top.energ.	0%	0	0,048								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	848.744	333.210	39,26%	3,99	1.755.216	1,16	25,02	2,27
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,048								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	788.936	278.407	35,29%	4,53	1.333.143	0,88	21,60	1,99
		Top.energ.	30%	934.500	0,048								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	744.080	237.868	31,97%	5,02	1.025.058	0,68	19,08	1,79
		Top.energ.	0%	0	0,048								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.632.802	651.282	39,89%	3,73	3.565.890	1,33	27,06	2,45
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.509.988	540.289	35,78%	4,24	2.722.360	1,02	23,32	2,14
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.417.877	457.043	32,23%	4,72	2.089.713	0,78	20,43	1,91
		Top.energ.	0%	0	0,048								



Finansijski efekti investicija za biogas postrojenja snage 150, 500 i 1.000 kW_e:
Senzitivna analiza prodajne cene + 20 %, podvarijanta kredit 90 %

Instalirana snaga (kW _e)	Vrednost investicije (€)	Proizvodi i godišnji prihodi					Finansijski efekti						
		Vrsta proizvoda	Iskorišćenje kapaciteta	God. količ. (kWh)	Jed.cena (€)	God. prihod prosek (€)	Neto dobit prosek (€)	Ekonomičnost	Vreme povr. (god)	NPV (€)	RNPV (€)	IRR (%)	DSCR prosek
150	521.000	El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	268.587	74.859	27,87%	5,76	270.511	0,52	16,81	0,95
		Top.energ.	70%	673.750	0,048								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	250.107	58.157	23,25%	7,29	143.584	0,28	13,71	0,81
		Top.energ.	30%	288.750	0,048								
		El.energ.	100%	1.222.000	0,193328	236.247	45.631	19,32%	8,59	48.389	0,09	11,28	0,71
		Top.energ.	0%	0	0,048								
500	1.510.000	El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	848.744	324.531	38,24%	4,33	1.638.340	1,08	23,64	1,26
		Top.energ.	70%	2.180.500	0,048								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	788.936	269.886	34,21%	4,94	1.218.641	0,81	20,31	1,11
		Top.energ.	30%	934.500	0,048								
		El.energ.	100%	4.044.000	0,183996	744.080	229.347	30,82%	5,47	910.556	0,60	17,83	1,00
		Top.energ.	0%	0	0,048								
1.000	2.675.000	El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.632.802	636.188	38,96%	4,02	3.363.047	1,26	25,69	1,36
		Top.energ.	70%	4.477.620	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.509.988	525.194	34,78%	4,60	2.519.517	0,94	22,00	1,19
		Top.energ.	30%	1.918.980	0,048								
		El.energ.	100%	8.308.000	0,170664	1.417.877	441.948	31,17%	5,15	1.886.870	0,71	19,15	1,06
		Top.energ.	0%	0	0,048								



Pregled finansijske ocene investicija za tri biogas postrojenja snaga 150, 500 i 1000 kW_e

Kapacitet postrojenja	Iskorišćenje toplotne energije	Investicija, troškovi i prodajne cene po projektu			Investicija+10 %, troškovi i prodajne cene po projektu			Investicija i prodajne cene po projektu, sirovine +20 %			Investicija i troškovi po projektu, prodajne cene +20 %		
		Bez kredita	Kredit 50 %	Kredit 90 %	Bez kredita	Kredit 50 %	Kredit 90 %	Bez kredita	Kredit 50 %	Kredit 90 %	Bez kredita	Kredit 50 %	Kredit 90 %
150 kW _e	70%	12,46	10,07	8,99	11,67	10,21	9,13	7,89	6,53	5,50	19,69	18,04	16,81
	30%	8,36	6,99	5,95	7,50	6,15	5,13	4,33	3,04	2,07	16,45	14,88	13,71
	0%	5,77	4,46	3,46	3,97	2,69	1,72	1,28	0,03	-0,87	13,91	12,40	11,28
500 kW _e	70%	18,68	17,03	15,79	18,45	16,80	15,57	16,76	15,10	13,95	26,82	25,02	23,64
	30%	15,52	13,98	12,83	14,32	12,80	11,86	13,52	12,03	10,92	23,30	21,60	20,31
	0%	13,12	11,64	10,54	11,09	9,66	8,59	11,03	9,59	8,53	20,73	19,08	17,83
1000 kW _e	70%	20,20	18,59	17,34	20,18	18,53	17,29	18,16	16,55	15,34	28,85	27,06	25,69
	30%	16,75	15,18	13,99	15,60	14,04	12,88	14,56	13,04	11,89	25,06	23,32	22,00
	0%	14,01	12,49	11,36	11,91	10,44	9,99	11,70	10,24	9,15	22,11	20,43	19,05

Kriterijumi za pozitivnu finansijsku ocenu: Ekonomičnost (prihodi / rashodi) > 15 %; Vreme povrata ulaganja < 10 godina; NPV > 0; IRR > 15 %; DSCR > 1.

Napomena: Zelena polja označavaju scenarija koja ispunjavaju **SVE** kriterijume

U poljima su upisane vrednosti Interne stope rentabilnosti u %, jer je ovaj racio najrestriktivniji

Primer kompletne finansijske analize za postrojenje 500 kW_e: ulazni podaci (investicija, prihodi, rashodi), efekti investicije sa ocenom

BIZNIS PLAN exp®	FINANSIJSKA ANALIZA	BIOGAS KOGENERACIJA struja + toplota + đubrivo	SNAGA 500 kW _e	INVESTITOR	
			CENE SADAŠNJE	MATIČNI BROJ	
			KREDIT 50%	DATUM	
			TOPL EN 70%	KURS EUR	105

PROJEKTNI ZADATAK Izgradnja kogeneracionog biogasnog postrojenja za iskorišćenje stajnjaka i silaže u cilju proizvodnje struje i toplotne energije. **Snaga postrojenja 500 kW_e**

PODATKE U ZELENA POLJA UNOSI INVESTITOR, A U ŽUTA POLJA PROJEKTANTI SA LICENCOM. UNESENI PODACI SU DATI SAMO KAO PRIMER. ZA KONKRETAN PROJEKAT TREBA UNETI REALNE PODATKE !

ULAZ (GODIŠNJA KOLIČINA)

Stajnjak	39.400	tona/god
Silaža kukuruza	5.800	tona/god

IZLAZ (GODIŠNJA KOLIČINA)

Struja za ED	4.044.000	kWh
Topla energija	2.180.500	kWh (ekvivalent)
Đubrivo	-	tona

IZVORI FINANSIRANJA ZA NOVA ULAG. EUR		
Sopstv.sredstva	50%	755.000
Saulagači	0%	0
Donacija	0%	0
Kredit	50%	755.000
UKUPNO		1.510.000

VREDNOST INVESTICIJE (Cene sa PDV)

	Uloženo	Nova ulaganja	Ukupno
Nemat.ulag.(projekti, ...)	0	50.000	50.000
Plac	0	20.000	20.000
Infrastruktura	0	20.000	20.000
Građevine i silos	0	250.000	250.000
Fermentor	0	550.000	550.000
Kogenerac.postrojenje	0	350.000	350.000
Ostala tehnol.oprema	0	100.000	100.000
Priklj.na mrežu	0	50.000	50.000
Transp.sredstva	0	50.000	50.000
Obrtna sredstva	0	70.000	70.000
UKUPNO	0	1.510.000	1.510.000

AMORTIZACIJA

Osn.sredstvo	Vek trajanja	Stopa	Iznos
Plac	20	5%	1.000
Infrastruktura	20	5%	1.000
Građevine i silos	20	5%	12.500
Fermentor	20	5%	27.500
Kogenerac.postr.	6	17%	58.333
Ostala tehnol.opr	10	10%	10.000
Priklj.na mrežu	20	5%	2.500
Transp.sredstva	10	10%	5.000
UKUPNO			117.833

USLOVI KREDITA

Rok otplate	6	God
Kamata	10,00%	Godišnje
Grejs period	1	God
Metod	jednake otplate glavnice	

DINAMIKA REALIZACIJE

6	meseci
---	--------

POREZ NA DOBIT

10,00%

VEK PROJEKTA (OPREME)

20	Godina
----	--------

Koeficijent obrta obrtnih sredstava	12
-------------------------------------	----

GODIŠNJI POSLOVNI RASHODI U GODINAMA PUNOG KAPACITETA

		Broj	Bruto/č/m (EUR)	God.iznos
Fiksni poslovni rashodi	Plate uposlenih			0
	Menadžment	0		
	Radnici	2	600	14.400
	Ukupno plate			14.400
	Održavanje	Investicija x	4,00%	55.600
	Osiguranje	Investicija x	1,00%	13.900
	Por.nez.od rez.	Investicija x	0,40%	5.560
	Neproiz. usluge	Knjigovodstvo,		0
	Ost.fiksni rashodi	Sanitarni materijal, kancelarijski,		4.800
	UKUPNO FIKSNI RASHODI			94.260
Varijabilni poslovni rashodi	Stajnjak	Jed.cena	0,0	0
	Silaža kukuruza	Jed.cena	27,0	156.600
		Jed.cena		0
		Jed.cena		0
		Jed.cena		0
	Transport			90.400
	Ostali varijabilni rashodi			10.000
UKUPNO VARIJABILNI RASHODI			257.000	
UKUPNO POSLOVNI RASHODI			351.260	

UKOLIKO JE INVESTICIJA ISPLATIVA, a radi se o izgradnji ili rekonstrukciji pogona, potrebno je obezbediti dozvolu za gradnju. Za dobijanje dozvole potrebno je podneti zahtev odgovarajućem opštinskom, odnosno republičkom organu i priložiti dokaz o vlasništvu nad zemljištem, odnosno objektom, odnosno ugovor o zakupu, odnosno koncesiju + tehnički opis investicije, a pre gradnje, odnosno rekonstrukcije i glavni projekat koji mora da uradi projektant sa licencom + overu glavnog projekta koju mora uraditi drugi projektant sa licencom. Ukoliko se planira korišćenje energenata iz mreže (gas, struja) potrebna je i prethodna saglasnost distributera i pp policije.

GODIŠNJI POSLOVNI PRIHODI U GODINAMA PUNOG KAPACITETA

Proizvod/usluga	Jedinica mere	Jedinična cena	God.količina	Ukupno
Struja za ED	kWh	0,153330	4.044.000	620.067
Topla energija	kWh	0,04	2.180.500	87.220
Đubrivo	tona		-	0
0	0		0	0
0	0		0	0
UKUPNO				707.287

U prvoj godini plan je da se ostvari	100%	projektovanog kapaciteta
U drugoj godini plan je	100%	projektovanog kapaciteta

Upisati % ako se proizvodnja postepeno povećava, ako ne, upisati 100

EFEKTI I OCENA INVESTICIJE

Investicija je prihvatljiva za realizaciju, ako su SVI parametri DA.

PARAMETAR	IZNOS PO PRORAČUNU	TREBA	ODGOVARA
Poslovni prihod	707.287 EUR/god		
Pros.neto dobit	205.014 EUR/god		
Ekonomičnost	28,99%	> 15%	DA
Vreme povrata	5,47 God	< 20	DA
NPV	778.329 EUR	> 0	DA
RNPV	0,52	> 0	DA
IRR projekta	17,03%	> 10%	DA
DSCR prosek	1,63	> 1	DA

Primer kompletne finansijske analize za postrojenje 500 kW_e: finansijske projekcije (bilans uspeha, finansijski i ekonomski tokovi)

GODINE NISU KALENDARSKE, VEĆ SE RAČUNAJU OD DANA ZATVARANJA FINANSIJSKE KONSTRUKCIJE (POČETKA RADOVA NA REALIZACIJI INVESTICIJE)

BILANS USPEHA

Ukoliko deo opreme ima kraći vek trajanja od veka projekta, u godini zamene tog dela a opreme, prema važećim propisima, stiče pravo na poreski kredit u visini od 20% ulaganja, ali ne više od 50% ukupne poreske obaveze.
Neiskorišćeni deo poreskog kredita se može preneti u narednih 10 godina pod istim uslovima.

EUR

Godina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Poslovni prihodi	353.643	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287	707.287
Poslovni rashodi	175.630	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260	351.260
Poslovni rezultat (1-2)	178.013	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027
Amortizacija	58.917	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833	117.833
Kamata na kredit	0	79.015	61.930	44.846	27.762	10.678	0	0	0	0	0
Dobit pre poreza	119.097	159.178	176.263	193.347	210.431	227.516	238.193	238.193	238.193	238.193	238.193
Porez na dobit 10,00%	5.955 +		8.813	9.667	10.522	11.376	11.910	11.910	11.910	11.910	11.910
Neto dobit	113.142	159.178	167.450	183.680	199.910	216.140	226.284	226.284	226.284	226.284	226.284

FINANSIJSKI TOK

Ukoliko deo opreme ima kraći vek trajanja od veka projekta, u godini zamene tog dela opreme u polje "Zamena dela opreme" za tu godinu treba upisati vrednost tog dela opreme

EUR

Neto posl.prihivi	178.013	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027
Zamena dela opreme							350.000				150.000
Anuiteti kredita	0	249.857	232.773	215.689	198.605	181.520	0	0	0	0	0
Porez	5.955 +		8.813	9.667	10.522	11.376	11.910	11.910	11.910	11.910	11.910
Neto prilivi	172.058	106.169	114.440	130.670	146.900	163.130	-5.883	344.117	344.117	344.117	344.117
Finans.tok projekta	-1.510.000	172.058	278.228	392.688	523.338	670.239	833.369	827.488	1.171.603	1.515.720	1.859.836

EKONOMSKI TOK

EUR

Neto posl.prihivi	178.013	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	356.027	6.027	356.027	356.027	356.027
Kamate kredita	0	79.015	61.930	44.846	27.762	10.678	0	0	0	0	0
Porez	5.955 +		8.813	9.667	10.522	11.376	11.910	11.910	11.910	11.910	11.910
Ek.tok projekta	-1.510.000	172.058	277.012	285.283	301.513	317.743	333.973	-5.883	344.117	344.117	344.117
Ekon.tok ako.kapit.	-755.000	172.058	277.012	285.283	301.513	317.743	333.973	-5.883	344.117	344.117	344.117

Primer kompletne finansijske analize za postrojenje 500 kW_e: plan otplate kredita

EUR

Iznos kredita	755.000
Kamatna stopa	10,00%
Rok otplate	6
Grejs period	1
Otplata	Kvartalna
Metod	Jednake otplate

Datum prispeća	Ostatak duga	Kamata	Otplata	Anuitet
Kredit	755.000	-	-	-
I God	I Kvartal	773.875	0	0
	II Kvartal	793.222	0	0
	III Kvartal	813.052	0	0
	IV Kvartal	833.379	0	0
II God	I Kvartal	854.213	21.355	42.711
	II Kvartal	811.503	20.288	42.711
	III Kvartal	768.792	19.220	42.711
	IV Kvartal	726.081	18.152	42.711
III God	I Kvartal	683.371	17.084	42.711
	II Kvartal	640.660	16.016	42.711
	III Kvartal	597.949	14.949	42.711
	IV Kvartal	555.239	13.881	42.711
IV God	I Kvartal	512.528	12.813	42.711
	II Kvartal	469.817	11.745	42.711
	III Kvartal	427.107	10.678	42.711
	IV Kvartal	384.396	9.610	42.711
V God	I Kvartal	341.685	8.542	42.711
	II Kvartal	298.975	7.474	42.711
	III Kvartal	256.264	6.407	42.711
	IV Kvartal	213.553	5.339	42.711
VI God	I Kvartal	170.843	4.271	42.711
	II Kvartal	128.132	3.203	42.711
	III Kvartal	85.421	2.136	42.711
	IV Kvartal	42.711	1.068	42.711
VII God	I Kvartal	0	0	0
	II Kvartal	0	0	0
	III Kvartal	0	0	0
	IV Kvartal	0	0	0
VIII God	I Kvartal	0	0	0
	II Kvartal	0	0	0
	III Kvartal	0	0	0
	IV Kvartal	0	0	0
IX God	I Kvartal	0	0	0
	II Kvartal	0	0	0
	III Kvartal	0	0	0
	IV Kvartal	0	0	0
X God	I Kvartal	0	0	0
	II Kvartal	0	0	0
	III Kvartal	0	0	0
	IV Kvartal	0	0	0
UKUPNO		224.231	854.213	1.078.444

Generalni zaključak

Specifična vrednost investicije ($\text{€}/\text{kW}_e$) opada sa porastom instaliranog električnog kapaciteta biogas postrojenja, ali tada opada i visina *feed-in* tarife za isporučenu električnu energiju koja predstavlja osnovni i najveći izvor prihoda. Ipak, biogas postrojenja većih snaga postižu bolje finansijske efekte.

Finansijski efekti investiranja u biogas postrojenja najviše su osetljivi na stepen iskorišćenja toplotne energije, a zatim na porast cene investicije i povećanje cena sirovina. Kada je iskorišćenje preostale toplotne energije minimalno 50 %, parametri (racija) finansijske ocene generalno su veoma dobri i atraktivni za ulaganje privatnog kapitala, odnosno javno/privatno partnerstvo.

Mala postrojenja (oko 150 kW_e i manje), nisu atraktivna za ulaganje po sadašnjim visinama investicija i *feed-in* tarifa. S obzirom na tendencije porasta cena energije, realno je očekivati da se povećaju *feed-in* tarife, čime bi i mala postrojenja bila finansijski isplativija. Ovome bi značajno doprinelo i uvođenje posebnih bonusa, koji se dodaju na osnovnu visinu *feed-in* tarife. To bi posebno bilo značajno za mala biogas postrojenja koja bi koristila samo stajnjak kao supstrat za proizvodnju biogasa.

Povoljniji uslovi kredita takođe bi doprineli boljim finansijskim efektima investicija. S obzirom na globalnu i regionalnu težnju za većim korišćenjem obnovljivih izvora energije, realno je očekivati ponudu povoljnijih kredita.

Prilog III
Dokumentacija za priključenje na elektrodistributivnu mrežu



ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ



Elektrovojvodina d.o.o.

НОВИ САД

Нови Сад, Булевар ослобођења 100
Дирекција за планирање и инвестиције, тел: +381 21 524727

Број: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

**ЗА ИЗДАВАЊЕ МИШЉЕЊА ОПЕРАТОРА ДИСТРИБУТИВНОГ СИСТЕМА
О УСЛОВИМА И МОГУЋНОСТИМА ПРИКЉУЧЕЊА НА ДИСТРИБУТИВНИ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ ОБЈЕКТА ЗА
ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ**

Мишљење се прибавља у сврху: _____

Подаци о странци:

Пословно име: _____

(Пословно име из регистра привредних субјеката)

Карактеристични број подносиоца захтева: _____
(број решења о упису у регистар привредних субјеката)

Име и презиме: _____
(за прав. лица навести име одговорног лица)

Место: _____ Улица и број: _____

Матични број: _____

ПИБ: _____

Рачун: _____

Тел. бр: _____

Подаци о објекту:

Намена објекта: Основна: _____

Остале: _____

Место: _____ Улица и број: _____

Катастарска парцела: _____ Катастарска општина: _____

Електроенергетски подаци:

Укупна назначена снага електране: _____ kVA

Број генератора у електрани: _____ ком.

Максимална снага са којом се предаје енергија у дистрибутивни електроенергетски систем:

_____ kW

Максимална снага са којом се преузима енергија из дистрибутивног електроенергетског система:

_____ kW

Граничне вредности фактора снаге електране приликом предаје енергије у дистрибутивни електроенергетски систем:

cos φ: _____ индуктивно, _____ капацитивно

Граничне вредности фактора снаге електране приликом преузимања енергије из дистрибутивног електроенергетског система:

cos φ: _____ индуктивно, _____ капацитивно

Начин рада електране:

1. Острвски рад генератора за резервно напајање сопствених потрошача.
2. Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом без предаје енергије у дистрибутивни електроенергетски систем, произведена електрична енергија се користи искључиво за напајање сопствене потрошње.
3. Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом са предајом енергије у дистрибутивни електроенергетски систем у целости (изузев сопствене потрошње електране).
4. Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом где се део енергије предаје у дистрибутивни електроенергетски систем а део користи за напајање сопствених потрошача.
5. Комбиновани рад (острвски - паралелни рад), односи се на електране опремљене за обе врсте рада.

Коришћена примарна енергија:

- а) вода б) ветар в) сунце г) гас
д) биомаса њ) отпадне материје е) горивне ћелије ж) _____

Произвођачи и ознаке генератора предвиђених за уградњу: _____

Подаци о производној јединици (генератору) са највећом назначеном снагом у електрани:

Врста генератора:

- а) синхрони б) асинхрони в) инвертор г) фотогени са инвертором

Технички подаци за генератор:

- Привидна снага $S_{ng} =$ _____ kVA
- Активна снага $P_{ng} =$ _____ kW
- Фактор снаге _____
- Назначени напон $U_{ng} =$ _____ kV
- Назначена струја $I_{ng} =$ _____ A
- Полазна струја $I_p =$ _____ A
- Моторни залет: а) предвиђен б) није предвиђен

<p>Само за електране на ветар:</p> <ul style="list-style-type: none">• Максимална привидна снага у трајању од 60 s: $S =$ _____ kVA• Коефицијент фликера генератора $Cf1 =$ _____• Струје виших хармоника (посебан прилог)
--

Подаци о производној јединици (генератору) са највећом полазном струјом у електрани:

Врста генератора:

а) синхрони

б) асинхрони

в) инвертор

г) фотогени са инвертором

Технички подаци за генератор:

- Привидна снага $S_{ng} =$ _____ kVA
- Активна снага $P_{ng} =$ _____ kW
- Фактор снаге _____
- Назначени напон $U_{ng} =$ _____ kV
- Назначена струја $I_{ng} =$ _____ A
- Полазна струја $I_p =$ _____ A
- Моторни залет: а) предвиђен б) није предвиђен

Само за електране на ветар:

- Максимална привидна снага у трајању од 60 s: $S =$ _____ kVA
- Коефицијент фликера генератора $Cf1 =$ _____
- Струје виших хармоника (посебан прилог)

Остали подаци:

Коефицијент фликера електране $C_{fMEL} =$ _____

Планиран датум прикључења електране на дистрибутивну ЕЕ мрежу _____ год.

Уз захтев се прилаже следећа документација:

1. Доказ о идентитету подносиоца захтева - фотокопија личне карте (пасоша) или оверено судско овлашћење о заступању са фотокопијом личне карте (пасоша) подносиоца захтева и извод из регистра привредних субјеката у оригиналу или овереној фотокопији са следећим подацима: Пословно име и седиште; адреса; број решења о упису у судски регистар; законски заступник; број рачуна, назив и седиште банке; матични број.
2. Ситуациони план у размери 1:500 (1:1000) нацртан на копији плана катастарске парцеле, са изводом из катастра подземних инсталација, на којој ће се градити објекат, не старије од 6 месеци (оригинал или оверена фотокопија).
3. Копију плана ширег подручја у одговарајућој размери, са изводом из катастра подземних инсталација, због одређивања трасе за градњу прикључног вода и осталих објеката неопходних за прикључење предметног објекта, не старије од 6 месеци (оригинал или оверена фотокопија).
4. Опис и могућности регулације електране.
5. _____
6. _____

(приложено заокружити)



ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ



Elektrovojvodina d.o.o.

НОВИ САД

Нови Сад, Булевар ослобођења 100
Дирекција за планирање и инвестиције, тел: +381 21 524727

Број: _____

Датум: _____

На основу члана 52. Закона о енергетици ("Службени гласник РС", бр. 84/2004) и члана 5. Уредбе о условима испоруке електричне енергије ("Службени гласник РС", бр.107/2005), подносим

ЗАХТЕВ
ЗА ИЗДАВАЊЕ ОДОБРЕЊА ЗА ПРИКЉУЧЕЊЕ
НА ДИСТРИБУТИВНИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ
ОБЈЕКТА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Подаци о странци:

Пословно име: _____

(Пословно име из регистра привредних субјеката)

Карактеристични број подносиоца захтева: _____
(број решења о упису у регистар привредних субјеката)

Име и презиме: _____
(за прав. лица навести име одговорног лица)

Место: _____ Улица и број: _____

Матични број: _____

ПИБ: _____

Рачун: _____ Тел. бр: _____

Подаци о објекту:

Намена објекта: Основна: _____

Остале: _____

Место: _____ Улица и број: _____

Катастарска парцела: _____ Катастарска општина: _____

Карактер прикључка:

а) Стални б) Привремен у трајању од _____ од дана прикључења

Електроенергетски подаци:

Укупна назначена снага електране: _____ kVA

Број генератора у електрани: _____ ком.

Максимална снага електране прилоком предаје енергије у дистрибутивни електроенергетски систем:

_____ kW

Максимална снага електране прилоком преузимања енергије из дистрибутивног електроенергетског система:

_____ kW

Планирана годишња производња електричне енергије коју електрана предаје

у дистрибутивни електроенергетски систем: _____ kWh

Планирана годишња потрошња електричне енергије коју електрана преузима

из дистрибутивног електроенергетског система: _____ kWh

Планирана вршна снага и енергија по месецима коју електрана предаје у дистрибутивни електроенергетски систем:

месец	јан.	феб.	март	апр.	мај	јун	јул	авг.	сеп.	окт.	нов.	дец.
Снага (kW)												
Енергија (kWh)												

Планирана вршна снага и енергија по месецима коју електрана преузима из дистрибутивног електроенергетског система:

месец	јан.	феб.	март	апр.	мај	јун	јул	авг.	сеп.	окт.	нов.	дец.
Снага (kW)												
Енергија (kWh)												

Граничне вредности фактора снаге електране прилоком предаје енергије у дистрибутивни електроенергетски систем:

cos φ: _____ индуктивно, _____ капацитивно

Граничне вредности фактора снаге електране прилоком преузимања енергије из дистрибутивног електроенергетског система:

cos φ: _____ индуктивно, _____ капацитивно

Начин рада електране:

- Острвски рад генератора за резервно напајање сопствених потрошача.
- Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом без предаје енергије у дистрибутивни електроенергетски систем, произведена електрична енергија се користи искључиво за напајање сопствене потрошње.
- Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом са предајом енергије у дистрибутивни електроенергетски систем у целости (изузев сопствене потрошње електране).
- Паралелан рад са дистрибутивним електроенергетским системом где се део енергије предаје у дистрибутивни електроенергетски систем а део користи за напајање сопствених потрошача.
- Комбиновани рад (острвски - паралелни рад), односи се на електране опремљене за обе врсте рада.

Коришћена примарна енергија:

- а) вода б) ветар в) сунце г) гас
д) биомаса њ) отпадне материје е) горивне ћелије

Остали подаци:

Подаци о максималној снази када електрана преузима енергију из дистрибутивног електроенергетског система:

1. Снага сопствене потрошње електране _____ kW
2. Укупна снага других потрошача који су прикључени на електрану _____ kW

Укупна снага када електрана преузима енергију из дистрибутивног електроенергетског система _____ kW

Коефицијент фликера електране $C_{fMEL} =$ _____

Планиран датум прикључења електране на дистрибутивну ЕЕ мрежу _____ год.

Уз захтев се прилаже следећа документација:

7. Доказ о идентитету подносиоца захтева - фотокопија личне карте (пасоша) или оверено судско овлашћење о заступању са фотокопијом личне карте (пасоша) подносиоца захтева и извод из регистра привредних субјеката у оригиналу или овереној фотокопији са следећим подацима: Пословно име и седиште; адреса; број решења о упису у судски регистар; законски заступник; број рачуна, назив и седиште банке; матични број.
8. Енергетска дозвола (за објекте снаге веће од 1 MW).
9. Лиценца - дозвола за обављање енергетске делатности производње електричне енергије (за објекте снаге веће од 1 MW).
10. Одобрење за изградњу или реконструкцију објекта (оригинал или оверена фотокопија) са графичким прилогом из извода урбанистичког плана или акта о урбанистичким условима.
11. Ситуациони план у размери 1:500 (1:1000) са уцртаним положајем објекта који ће се градити, нацртан на копији плана катастарске парцеле, са изводом из катастра подземних инсталација, на којој ће се градити објекат, не старије од 6 месеци (оригинал или оверена фотокопија).
12. Копију плана ширег подручја у одговарајућој размери, са изводом из катастра подземних инсталација, због одређивања трасе за градњу прикључног вода и осталих објеката неопходних за прикључење предметног објекта, не старије од 6 месеци (оригинал или оверена фотокопија).
13. Документа о регулисању имовинско - правних односа (доказ о праву својине на објекту или праву коришћења објекта извод из листа непокретности или извод из земљишних књига не старији од 6 месеци; уговор - доказ о праву градње на парцели над којом подносилац захтева нема право власништва ни коришћења земљишта, ...).
14. Појединачни подаци за сваки генератор и блок трансформатор на посебном обрасцу.
15. Опис врсте и начина рада погонске машине и генератора, као и начина прикључења на дистрибутивну ЕЕ мрежу.
16. Опис и могућности регулације електране.
17. Технички извештај, једнополна шема електроенергетског постројења електране.
18. Опис уређаја заштите.
19. Прорачун и вредности струја кратких спојева на прагу електране.

20. _____
Име подносиоца захтева
21. _____
22. _____
и потпис :

(приложено заокружити)

Датум: _____ Место: _____

Адреса:

Prilog IV Firme u oblasti biogasa u Srbiji

U ovom prilogu su po abecednom redu navedene firme koje se bave bilo kojom delatnošću u oblasti biogasa, a do završetka studije su dostavile svoje podatke.



Building Systems Development

Building Systems Development –BSD nudi sledeće usluge:

1. Konsalting i izrada studija izvodljivosti za biogas postrojenja za i druga postrojenja za kogeneraciju.
2. Projektovanje i nabavka opreme.
3. Kompletno izvođenje postrojenja, ključ u ruke.
4. Priprema i realizacija CDM (*Clean Development Mechanism*) projekata.

BSD može da obezbedi i finansijsku podršku, ali bi investitor morao da ima 15 % ili više vlastitih sredstava. Postoji mogućnost da se pri realizaciji projekta angažuje vlastita ili lokalna operativa, uz instruktazu i nadzor.

U okviru BSD deluje i gospodin Erwin Wiemken iz Nemačke, koji je vodio projektovanje, izgradnju i puštanje u rad preko četrdeset biogas postrojenja. Osim toga, osnovana je i firma KoGea Energy Solutions d.o.o, koja je oficijalni partner i distributer nemačke firme za proizvodnju kogenerativnih postrojenja *MTU Onsite Energy GmbH*.

Firma saraduje sa kompanijama iz Švajcarske, Nemačke i Rusije, koje imaju tehnološki razvijen *know-how* sa najvišim standardima u projektovanju biogas postrojenja.

Kontakt:

Zora Božić, dipl. inž. maš.

Adresa: Gogoljeva 19, 21000 Novi Sad

Tel/fax: 021/474-67-21, 021/527-630, 021/661-80-05

Mob: 063/755-81-30, 064/345-45-82

Internet: <http://www.energy-bsd.com/>

E-mail: info@energy-bsd.com



Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je jedna od najvećih visokoškolskih ustanova u Srbiji. Pokriva širok spektar tehničkih disciplina.

U okviru Departmana za inženjerstvo zaštite životne sredine deluje Katedra za inženjerstvo biosistema. Pored obrazovanja u oblasti obnovljivih izvora energije članovi Katedre radili su na brojnim nacionalnim i internacionalnim projektima.

U oblasti biogasa ostvarena je stalna kooperacija sa partnerima u Nemačkoj, Rumuniji, Mađarskoj i Sloveniji.

Članovi Katedre i drugi saradnici kvalifikovani su za konsultantske usluge i izradu prethodnih studija izvodljivosti za biogas postrojenja.

Kontakt:

Adresa: Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad

Tel: 021/485 2369; 021/485 2430

Fax: 021/455 672

Internet: www.ftn.uns.ac.rs; www.izzs.uns.ac.rs

E-mail: MilanMartinov@uns.ac.rs; DjordjeDjatkov@uns.ac.rs

Jovan Krstić, dipl. ing.

Adresa: Veselina Masleše 72, 21000 Novi Sad

Tel: 021/677 5455

E-mail: jovankrstic120@gmail.com

Delatnost

Projektovanje i izvođenje radova iz oblasti grejanja i klimatizacije, modernizacija postojećih i izgradnja novih termoenergetskih postrojenja, obnovljivi izvori energije.

Tehno-ekonomske analize opravdanosti ulaganja u:

- Razvoj proizvoda i kapaciteta (www.finasistent.rs).
- Uštedu energije za grejanje prostora i sanitarne vode (izolacija građevina, zamena/rekonstrukcija energetske opreme energetski efikasnijom opremom, zamena energenata jeftinijim i ekološki čistijim, upotreba obnovljivih izvora energije – biomasa, solarna energija, geotermalna energija).
- Proizvodnju energije/energenata za sopstvene potrebe i tržište, električne energije iz energije sunca, vodenih tokova i vetra, biogasa iz ostataka poljoprivredne proizvodnje i životinjskih farmi, briketa biomase.

Zaštita intelektualne svojine

Izrada tehničke dokumentacije za prijavu patenta, žiga i modela /dizajna.

Reference

- Trideset studija opravdanosti ulaganja u braunfild/grinfild investicije za domaće i strane investitore.
- Preko dve stotine biznis planova/fizibiliti studija za *start-up* firme i aktuelna privredna društva u postupku investiranja i apliciranja za kredit/podsticajna sredstva.
- Preko tri stotine tehničkih dokumentacija za zaštitu intelektualne svojine.



"PRO-ING" AD

Delatnost firme je projektovanje, izvođenje i nadzor stambenih, poslovnih i industrijskih građevinskih objekata, kao i sistema za prečišćavanje otpadnih voda sa produkcijom biogasa.

"Pro-ing" AD zapošljava licencirani stručni kadar iz građevinske, elektro, mašinske i hidro struke.

Referentni objekti sa produkcijom biogasa:

- Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u fabrici "ALLTECH-SERBIA" u Senti
- Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u Subotici.

Kontakt:

Adresa: Bulevar Mihajla Pupina 3/II, 21000 Novi Sad

Tel: 021/489 4200

Fax: 021/420 163

Internet: www.pro-ing.rs

E-mail: office@pro-ing.rs



climate of innovation **Viessmann d.o.o. Beograd**

Viessmann Group se na tržištu biogas-tehnologija pojavljuje kao kompetentan partner u skladu sa svojim principom „sve iz jedne ruke“. Kupcima je na raspolaganju stručni tim iz oblasti konsaltinga, projektovanja, procesne tehnike, mikrobiologije i izgradnje biogas postrojenja. U okviru *Viessmann Group* deluju nekoliko firmi prema posebnim oblastima za proizvodnju i korišćenje biogasa. Poseduju brojne reference koje mogu da se provere na internet stranici firme:

www.viessmann.com/com/en/products/Biogas-plants.html



VISSMANN Group

Od 1995. godine firma *Schmack* biogas je merilo za biogas postrojenja sa visokom efikasnošću, a sada deluje u okviru *Viessmann Group*. Ova firma je kompetentna za sve usluge za biogas postrojenja sa mokrom fermentacijom. U obzir dolaze veličine biogas postrojenja u opsegu od 185 kWe do 20 MWe.



VISSMANN Group

BIOFerm je specijalista za biogas u *Viessmann* grupi. Preduzeće je osnovano 2001, a od 2007. je deo *Viessmann Group*. *BIOFerm GmbH* nudi planski koncept razvoja i implementacije projekata za biogas postrojenja na bazi suve fermentacije.



VISSMANN Group

Carbotech je jedna od vodećih firmi za isporuku kompletnih postrojenja za prečišćavanje biogasa do kvaliteta zemnog gasa (biometana). *Carbotech* biogas postrojenja su godinama u mnogim evropskim zemljama u radu. Ona su pouzdana i visoko efikasna.

Kontakt:

Bojan Grujički, dipl. ing, direktor
Adresa: Tabanovačka 3, 11010 Beograd, Srbija
Tel: 011/30 97 877, 011/30 97 077
Fax: 011/30 97 886
Mob: 063/68 50 68
Internet: www.viessmann.rs
E-mail: gub@viessmann.com



Green Organic

YU Kapital je firma osnovana 2003, a krajem 2009. počela je da se bavi energetikom i obnovljivim izvorima energije, a vrlo aktivno planiranjem i izgradnjom biogas postrojenja.

U oblasti biogas pružaju usluge:

- Izgradnja biogas postrojenja po sistemu „ključ u ruke“, nudeći fleksibilna individualna rešenja za svako postrojenje po najnovijoj tehnologiji iz Nemačke,
- ukoliko je neophodno, obezbeđuje se i finansiranje projekata,
- izrada finansijske konstrukcije i tehnološkog projekta,
- pomoć u dobijanju neophodnih saglasnosti i dozvola,
- nadziranje izgradnje postrojenja,
- osnivanje partnerskih odnosa sa klijentima.

Većina opreme je od prohroma. Partner iz Nemačke izgradio je 280 biogas postrojenja i specijalizovan je za organski otpad. Među najboljima su u otpadu iz klanica i otpadu iz šećerana. Poseduju sopstveno postrojenje snage 7,5 MW, a grade još jedno snage 5 MW. U trenutku izrade studije, u toku je bila izgradnja tri biogas postrojenja.

Kontakt:

Marko Krajnčić, direktor

Adresa: Dobračina 29, 11000 Beograd

Tel: 011/30 37 321

Fax:011/26 28 908

Mob: 065/280 21 60

Internet: www.yukapital.com; www.biogassrbija.com

E-mail: office@yukapital.com

Prilog V

JAVNI KONKURS FONDA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE



др Ивана Рибара 91 11070 Београд
тел/факс: 011/21 69 368; 22 77 442



На основу члана 18. став 3. Закона о Фонду за заштиту животне средине („Службени гласник РС“, бр. 72/09) и члана 13. став 2. тачка 14) Статута Фонда за заштиту животне средине („Службени гласник РС“, бр.37/05) и члана 6. Правилника о начину и условима додељивања кредита Фонда за заштиту животне средине, Фонд за заштиту животне средине објављује

JAVNI KONKURS ЗА ДОДЕЛУ КРЕДИТА ФОНДА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

1. Предмет конкурса

Предмет конкурса је додела кредита за улагања у пројекте којима је сврха:

- подстицање управљања отпадом и емисијама (од гасова, отпадних вода итд.) у циљу заштите животне средине;
- подстицање поступања са отпадом и искориштавања вредних својстава отпада;
- подстицање коришћења обновљивих извора енергије (сунца, ветра, биомасе, геотермалне енергије, итд.).

Средства су намењена за улагања у опрему и уређаје који служе остваривању циљева конкурса. Средства се не могу користити за друге намене.

Фонд за заштиту животне средине (у даљем тексту: Фонд) ће по овом конкурсу доделити средства до укупног износа од **200.000.000,00 динара**.

Конкурс је отворен до расподеле средстава из претходног става а најдуже до 31.12.2010. године.

Пренос средстава корисницима и отплата кредита обавља се преко Фонда за развој Републике Србије (у даљем тексту: Фонд за развој).

2. Корисници средстава

Корисници средстава су правна лица (привредна друштва у приватном власништву, акционарска друштва са већинским приватним власништвом, приватизована предузећа са отплаћеним друштвеним капиталом) и предузетници који имају седиште, односно пребивалиште на територији Републике Србије, који у претходне две године нису пословали са губитком и испуњавају услове конкурса.

3. Конкурсна документација

- попуњен и оверен образац Захтев за одобрење кредита (www.sepf.gov.rs),
- инвестициони програм по методологији Фонда за развој (датум израде програма не може бити старији од 6 месеци)-,
- одлука надлежног органа о усвајању инвестиционог програма,
- решење о упису у регистар привредних субјеката код Агенције за привредне регистре,
- статут или акт о оснивању,
- решење о утврђивању пореског идентификационог броја (ПИБ),
- обавештење о разврставању привредног друштва,
- ОД образац оверен од стране Пореске управе, за последњи обрачунати месец,
- изјава о повезаним лицима на приложеном обрасцу,
- финансијски извештај за претходне две године – биланс стања, биланс успеха статистички анекс (уколико је предузеће разврстано као мало). Уколико је предузеће разврстано као средње или велико неопходно је доставити још и извештај о токовима готовине, извештај о променама на капиталу и напомене уз финансијски извештај,
- оригинал потврду банке о оствареном промету по текућим рачунима за претходну и текућу годину, посебно по годинама, динарски и девизни,

- понуде или профактуре испоручиоца опреме,
- документација за обезбеђење кредита – један од инструмената под а), б) или в)

а) писмо о намерама издавања гаранција, односно авалирања менице од стране пословне банке, или

б) докази о власништву на непокретности, и то:

1. извод из земљишних књига са власничким и теретним листом не старији од 30 дана са уверењем катастра да непокретност није у режиму новог катастра; или извод из новог катастра не старији од 30 дана са потврдом суда да на имовини нема терета; или тапија са поседовним листом, потврдом суда да на имовини нема терета и уверењем катастра да непокретност није у режиму новог катастра, и

2. оригинал копије плана из катастра,
3. процена тржишне вредности непокретности урађена од стране судског вештака са решењем о упису у регистар сталних судских вештака, или овлашћене агенције, фотографије понуђених непокретности оверене од стране судског вештака,

4. фотокопије личних карти свих власника непокретности,
5. одлука органа управљања о стављању хипотеке на некретнину,
6. решење о региистрацији привредног субјекта из регистра привредних субјеката код Агенције за привредне регистре, статут или акт о оснивању и ОП образац уколико је залогодавац друго правно лице,

в) уговорно јемство (или приступање дугу) правног лица – за износе кредита до 3.000.000 динара:

- финансијски извештај за претходне две године – биланс стања, биланс успеха статистички анекс (уколико је предузеће разврстано као мало). Уколико је предузеће разврстано као средње или велико неопходно је доставити још и извештај о токовима готовине, извештај о променама на капиталу и напомене уз финансијски извештај,
- оригинал потврду банке о оствареном промету по текућим рачунима за претходну и текућу годину, посебно по годинама, динарски и девизни,
- решење о регистрацији код Агенције за привредне регистре,
- оснивачки акт и/или Статут јемца после 2006. године,
- изјава о спремности давања јемства оверена од стране овлашћеног лица јемца,

- доказе о уплати накнаде за коришћење услуга Кредитног бироа и то 1.200,00 динара (правна лица), односно 500,00 динара (јемац) – наведене уплате је потребно извршити на рачун Фонда за развој број: 840-2724-07 уз позив на број 7123 за извештај Кредитног бироа

- сагласност корисника-јемца за повлачење извештаја од кредитног бироа,

4. Кредит се одобрава под следећим условима:

- највиши износа кредита је 40.000.000,00 динара,
- каматна стопа је 3% на годишњем нивоу, обрачун се врши комфорном методом, уз примену валутне клаузуле,
- рок отплате је до 5 година, са одложеним роком отплате до 1 године у коме се обрачунава интеркаларна камата у износу од 3% и приписује главном дугу,
- тромесечна отплата кредита (ануитети)

Одлука о висини одобрених средстава доноси се у складу са оценом инвестиционог програма коју врши Фонд за развој а која обухвата оцену финансијског стања и кредитне способности, оцену инструмената обезбеђења и економску оцену пројекта, а према Програму рада Фонда за развој за 2010. годину.

Приликом првог пуштања кредита у течај плаћа се провизија Фонду за развој у износу 1% вредности одобреног кредита.

5. Инструменти обезбеђења

- сопствене менице са авалом пословне банке или гаранција банке, или
- хипотека првог реда на непокретностима (грађевинским објектима и грађевинском земљишту) – однос између прихваћене тржишне вредности

непокретности и износа одобреног кредита утврђује се у складу са Програмом Фонда за развој, и то:

- 80% процене вредности стамбеног објекта,
- 70% тржишне вредности пословних зграда и пословног простора,
- 50% тржишне вредности пословног простора производних хала,
- 70% тржишне вредности земљишта са наводњавањем,
- 50% тржишне вредности земљишта без наводњавања; или
- залога на опреми (80% вредности нове опреме и 50% процене вредности опреме старије од две године)
- уговорно јемство (или приступање дугу) правног лица за корисника кредита са одговарајућим инструментима обезбеђења јемца, односно приступиоца дуга – за износе кредита до 3.000.000 динара, и
- остали инструменти обезбеђења у складу са Програмом рада Фонда за развој за 2010. годину, прихватљиви за Фонд за развој.

У случају недовољног бонитета инвеститора може се прихватити више различитих инструмената обезбеђења.

Корисници кредита дужни су да снесу све трошкове у вези са инструментима обезбеђења.

Поред наведених инструмената обезбеђења подносилац захтева доставља и одговарајући број бланко сопствених меница, што се регулише Уговором.

6. Реализација додељених средстава

Управни одбор Фонда доноси одлуку о додели кредита. Одлуке се доносе месечно. На основу наведене одлуке Фонд и Фонд за развој са корисником средстава закључују уговор којим се регулишу међусобна права и обавезе. За сваку годину се закључује посебан уговор.

7. Достављање пријава

Пријаве се подnose на обрасцима „Захтев за одобрење кредита“

Пријаве се обавезно подnose и у писаној и у електронској форми.

Пријаве у писаној форми са пратећом документацијом из тачке 3. Конкурса достављају се у два примерка на адресу:

Фонд за заштиту животне средине, Београд, др Ивана Рибара 91,

са назнаком: „Пријава за доделу кредита Фонда за заштиту животне средине“ - не отварати.

Пријаве у електронској форми шаљу се на адресу zajmovifond@sepf.gov.rs

Непотпуне и неблаговремене пријаве, као и пријаве уз које није достављена документација неопходна за оцену пријаве неће се разматрати.

Достављена документација се не враћа подносиоцу пријаве.

Позив ће бити објављен у „Службеном гласнику РС“, дневном листу „ПОЛИТИКА“ и на интернет страни Фонда: www.sepf.gov.rs

Контакт особа: Биљана Блажевић Зец (тел: 011/2169-368, 011/22-77-442; е-маил: biljana.blazevic-zec@sepf.gov.rs)

Број: 401-00-188/2010-01

У Београду, 24.03.2010. године.

ПРЕДСЕДНИК
УПРАВНОГ ОДБОРА

др Оливер Дулић, с.р.