Tehno-ekonomska analiza bioplinskih postrojenja u ruralnim područjima

Jankić, Srđan

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:163556

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA BIOPLINSKIH POSTROJENJA U RURALNIM PODRUČJIMA

Diplomski rad

Srđan Jankić

Osijek, 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD 2
2. BIOPLIN KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE 3
2.1. Proizvodnja i upotreba bioplina 3
2.2. Instalirana snaga i proizvedena električna energija u Republici Hrvatskoj 8
3. DIJELOVI BIOPLINSKOG POSTROJENJA 18
3.1. Skladištenje sirovine 21
3.2. Sustav punjenja, grijanja, transporta, armature i cjevovoda 22
3.3. Digestor 23
3.4. Skladište bioplina 24
3.5. Skladištenje digestata 26
3.6. Jedinica za proizvodnju energije 27
4. OSNOVE ENERGETSKE EKONOMIJE 31
4.1. Neto sadašnja vrijednost 31
4.2. Pravi odabir 34
4.3. Vrijeme povrata ulaganja 36
4.4. Aktualizirani trošak proizvodnje električne energije – LCOE 37
5. PROCES I TROŠKOVI REALIZACIJE BIOPLINSKOG POSTROJENJA 40
6. LCOE BIOPLINSKOG POSTROJENJA U RURALNOM PODRUČJU 44
Scenarij 6.1. 44
Scenarij 6.2. 46
Scenarij 6.3. 48
Scenarij 6.4. 50
7. ZAKLJUČAK 53
8. LITERATURA 54
SAŽETAK 58
ABSTRACT 59
ŽIVOTOPIS 60

1. UVOD

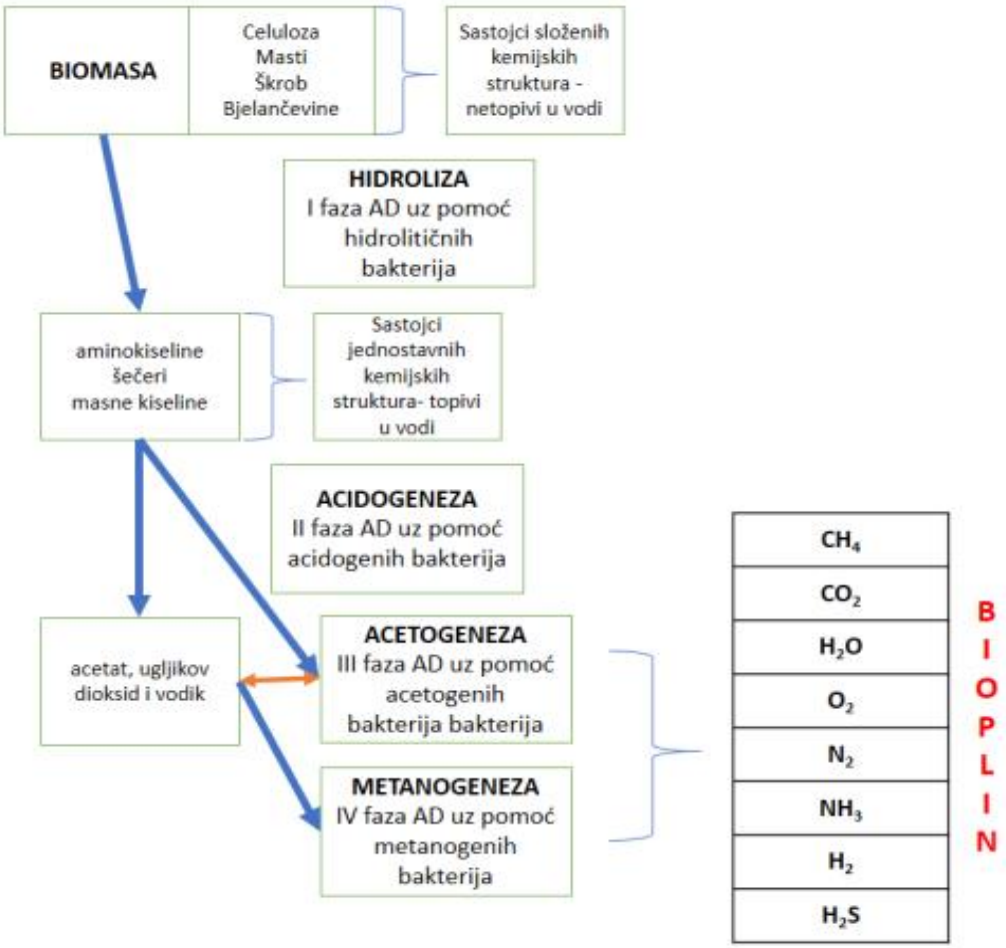
U ovom diplomskom radu analiziran je bioplin kao obnovljivi izvor energije. U poglavlju 2. opisan je postupak dobivanja bioplina, njegova svojstva i upotreba. U drugom dijelu tog poglavlja analizirano je trenutno stanje instalirane i proizvedene energije iz konvencinalnih i obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj s ciljem kako bi se u konačnici moglo zaključiti potiče li Republika Hrvatska proizvodnju i uporabu bioplina ili ne. U trećem poglavlju prikazano je kako bioplinsko postrojenje radi, njegovi glavni dijelovi i što se u njima događa tijekom pogona. U četvrtom poglavlju obrađene su neke od metoda za procjenu ekonomije energije prilikom čega se metoda LCOE- aktualizirani trošak proizvodnje električne energije uzima kao referentna za proračun u daljnjem radu. U petom poglavlju opisan je postupak kako steći status povlaštenog proizvođača u Republici Hrvatskoj, tarifne stavke za isporučenu električnu energiju kao i vrste troškova bioplinskog postrojenja. Glavni dio rada je izvršiti proračun LCOE-a za bioplinsko postrojenje ovisno o omjeru supstrata koji su dostupni i koji se kupuju prilikom čega se uzimaju u obzir različite diskontne stope kao što je prikazano u poglavlju 6. .

2. BIOPLIN KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE

2.1. Proizvodnja i upotreba bioplina

Bioplin se proizvodi procesom anaerobne digestije kojom se razgrađuju organske tvari bez prisutnosti kisika a kao produkti nastaju bioplin i digestat. Postoji mogućnost miješanja različitih sirovina kako bi se dobio bioplin pa se takav proces naziva kodigestija (najčešći način proizvodnje). Anaerobna digestija je složen proces od 4 faze a to su: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza. U svakoj se fazi supstrati razlažu na jednostavnije sve dok ne nastane bioplin. Na slici 2.1. prikazan je shematski prikaz procesa anaerobne digestije. Glavna prednost bioplina je što se za njegovu proizvodnju koristi otpad koji se procesom anaerobne digestije transformira u energiju ili se pretvara u gnojivo (preostala biomasa nakon anaerobne digestije bogata kalijem, fosforom, dušikom i ostalim mikro-nutrijentima tj. digestat). Za proces proizvodnje bioplina mogu se koristiti različite sirovine kao što su na primjer: organski otpadi (kućanstvo, industrija, ugostiteljstvo), stajski gnoj, energetski usjevi ili pak otpadni muljevi iz kanalizacijskih sustava. [1]

Najvažniji sastojak bioplina je metan jer mu on daje energetsku vrijednost, udio metana se mijenja ovisno o sirovini koja se koristi za njegovu proizvodnju. Tablica 2.1. prikazuje prinos bioplina za pojedine vrste supstrata. Metan može izravno sagorjeti kako bi se dobila toplinska ili električna energija. Pročišćavanjem bioplina može se dobiti biogorivo koje se koristi za prijevoz. Prosječna toplinska vrijednost bioplina je oko 21 MJ/m^3 pri udjelu metana s oko 60%. U tablici 2.2. prikazan je prosječan sastav bioplina. Dobiveni bioplin koristi se najčešće za zagrijavanje prostorija i za proizvodnju električne energije. Najekonomičnije je proizvoditi električnu energiju pomoću plinskih turbina a otpadnu toplinu prilikom tog procesa koristiti za grijanje. Električna energija se može predati u mrežu. [1]



Slika 2.1. *Postupak proizvodnje bioplina* [1]

Tablica 2.1. *Prinos bioplina za pojedine vrste supstrata* [2]

Supstrat	Prinos bioplina (m^3/t)
Prirodni goveđi izmet (85-88% vlage)	54
Prirodni svinjski izmet (85% vlage)	62
Svinjski izmet (94% vlage)	25
Ptičji izmet (75% vlage)	103
Ptičji izmet (60% vlage)	90
Kukuruzna silaža	180
Svježa trava	200
Mliječna sirutka	50
Žito, brašno, kruh	538
Ostaci nakon jela od voća i povrća (80% vlage)	108
Šećerna repa (78% vlage)	119
Šećerni sirup	633
Digestirana zrna žitarica (93% vlage)	40
Digestirana zrna šećernog sirupa (90% vlage)	50
Masti (čiste, 0 % vlage)	1300
Klaonički otpad	300
Tehnički glicerin	500
Riblji ostatak	300

Tablica 2.2. *Prosječan sastav bioplina* [1]

Spoj	Kemijski simbol	Udio (Vol.-%)
Metan	CH_4	50-75
Ugljikov dioksid	CO_2	25-45
Vodena para	H_2O	2 (20°C)-7(40°C)
Kisik	O_2	>2
Dušik	N_2	>2
Amonijak	NH_3	>1
Vodik	H_2	>1
Sumporovodik	H_2S	>1

Bioplin je obnovljivi i čisti izvor energije. Proizvodnja bioplina neprestano raste jer se povećava broj bioplinskih postrojenja. Plin koji nastaje biorazgradnjom ne zagađuje okoliš jer prilikom proizvodnje nema sagorijevanja, što znači da nema emisija stakleničkih plinova. Povećanjem bioplinskih postrojenja rezultira smanjenjem emisije metana i dušikovog oksida kao i ugljikovog dioksida (izgaranjem bioplina oslobađa se ugljikov dioksid, ali je on bio prvotno potreban biljkama u procesu fotosinteze koje su se iskoristile za proizvodnju). Proizvodnja bioplina predstavlja vrlo učinkovit oblik energije i važan čimbenik za borbu protiv globalnog zatopljenja. Briga za okoliš utječe na povećanje broja bioplinskih postrojenja, ali jedan od najvažnijih razloga je zapravo što sve manje ima fosilnih goriva kao što su ugljen, nafta i zemni plin. Proces proizvodnje bioplina je prirodan i ne zahtijeva energiju za proces generacije. Sirovine koje se koriste za proizvodnju su obnovljive budući da će životinjskog izmeta, ostataka hrane i usjeva uvijek biti kao i što će usjevi i drveća nastaviti rasti. Nusproizvod bioplina je organsko gnojivo tj. digestat, preostala biomasa nakon anaerobne digestije koja je bogat kalijem, fosforom, dušikom i ostalim mikro-nutrijentima. Digestat može ubrzati rast biljaka i učiniti biljke otpornijima na bolesti dok kemijska gnojiva mogu sadržavati štetne kemikalije. Tehnologija za proizvodnju bioplina je jeftina. Mali biodigestori se mogu koristiti i kod kuće koristeći životinjski izmet i kuhinjski otpad. Izmet jedne krave može pružiti dovoljno energije za napajanje jedne žarulje tijekom 24 sata. Kuhanje na plinskoj peći sprječava da se ukućani izlože dimu. Jedan od nedostataka bioplina je što nakon prerade i kompresije plin još uvijek sadrži određene nečistoće koje mogu postupno uništavati dijelove motora.

Bioplin je stoga prikladniji za peći, kotlove i svjetiljke. Mnoge države još uvijek nisu spremne ulagati u bioplin jer industrijska postrojenja za bioplin imaju najviše smisla kada sirovina ima u izobilju kao što je to u ruralnim i prigradskim područjima. [3]

2.2. Instalirana snaga i proizvedena električna energija u Republici Hrvatskoj

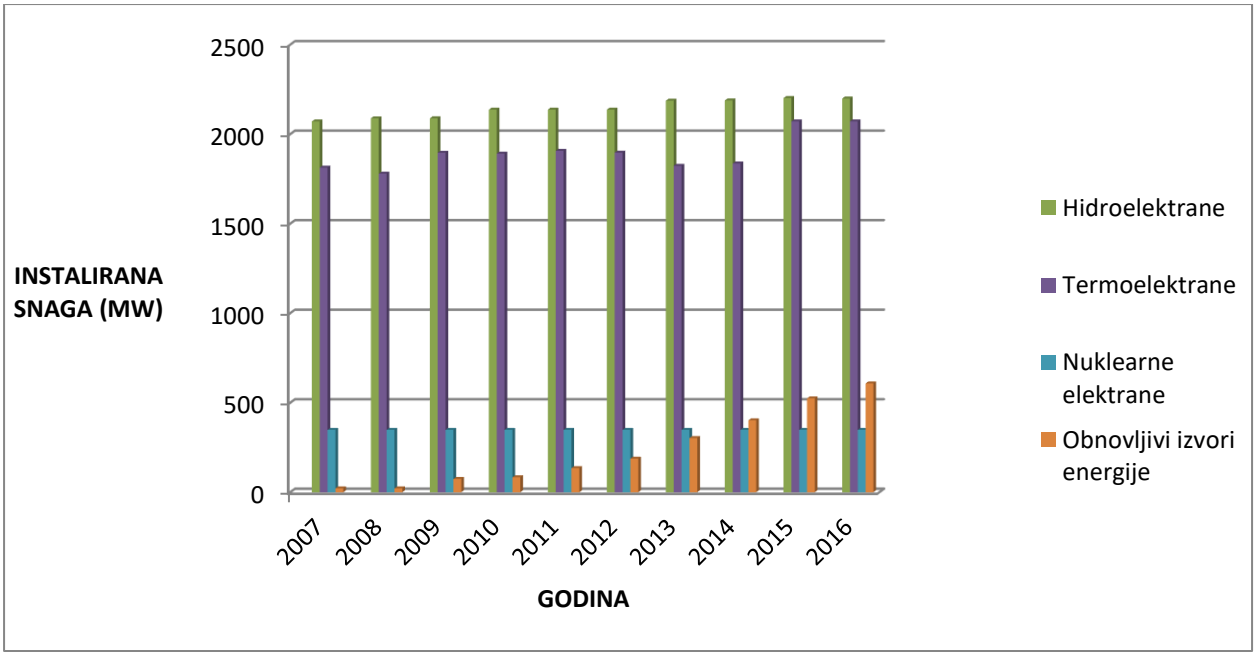
Potencijal proizvodnje energije iz biomase je vrlo velik, potencijal biomase može se povezati s potencijalom bioplina. Na temelju različitih istraživanja zaključeno je da se samo dio tog potencijala koristi. „Europska udruga za biomasu (European Biomass Association- AEBIOM) procjenjuje da se energija proizvedena iz biomase može povećati sa 72 milijuna tona ekvivalenta nafte (Mtoe), iz 2004. godina na 220 Mtoe u 2020. Najveći potencijal za povećanje leži u poljoprivrednoj biomasi. Prema procjenama 20-40 mil. ha zemljišta u EU moglo bi se koristiti za proizvodnju energije bez utjecaja na opskrbu hranom u EU“ [4, str. 13]. Proizvođenjem toplinske i električne energije kogeneracijom moglo bi se ostvariti nekoliko sljedećih pretpostavki:

- smanjenje energetske ovisnosti o drugim državama
- povećanje broja zaposlenih
- Republika Hrvatska bi lakše izvršila svoju obvezu prema EU da zamijeni fosilna goriva s obnovljivim izvorima energije
- manja emisija štetnih plinova te manji udio CO2 u atmosferi [4]

U ovom poglavlju obrađena je analiza instalirane snage i proizvedene električne energije u Republici Hrvatskoj od 2007. do 2016. godine. Navedeni podatci predstavljaju instaliranu i proizvedenu snazi iz konvencionalnih elektrana (hidroelektrane, termoelektrane, nuklearne elektrane) i obnovljivih izvora energije. Najvažniji dio poglavlja je detaljnije analizirati stanje obnovljivih izvora energije te pokazati učinak i razvoj elektrana na bioplin u samom procesu proizvodnje električne energije u Hrvatskoj.

Tablica 2.3. *Instalirana snaga konvencionalnih elektrana u Republici Hrvatskoj uključujući obnovljive izvore u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“*. [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

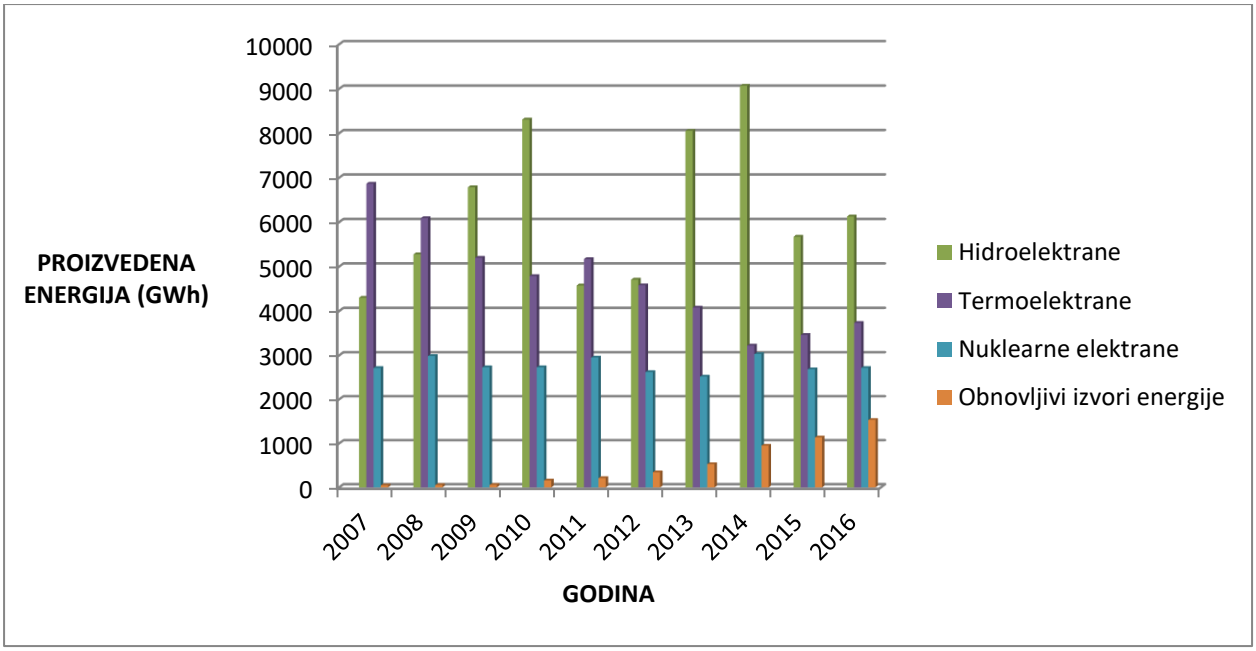
Godina	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**
Hidroelektrne (MW)	**2071**	**2088**	**2088,2**	**2136,6**	**2136,5**	**2136,8**	**2186,7**	**2188,5**	**2201,5**	**2198,7**
Termoelektrane (MW)	**1813**	**1779**	**1896**	**1891**	**1906,1**	**1896,5**	**1823**	**1836**	**2071**	**2071,4**
Nuklearne (MW)	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**	**348**
Obnovljivi izvori energije (MW)	**21**	**21,3**	**73,9**	**83,2**	**134**	**187,6**	**302,6**	**401,7**	**525,9**	**607,4**
Ukupno (MW)	**4253**	**4236**	**4406,1**	**4458,8**	**4525,6**	**4568,9**	**4660,3**	**4774,2**	**5144,4**	**5225,4**



Slika 2.2. *Instalirana snaga konvencionalnih elektrana u Republici Hrvatskoj uključujući obnovljive izvore u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“* [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

Tablica 2.4. *Proizvedena energija konvencionalnih elektrana u Republici Hrvatskoj uključujući obnovljive izvore u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“.* [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

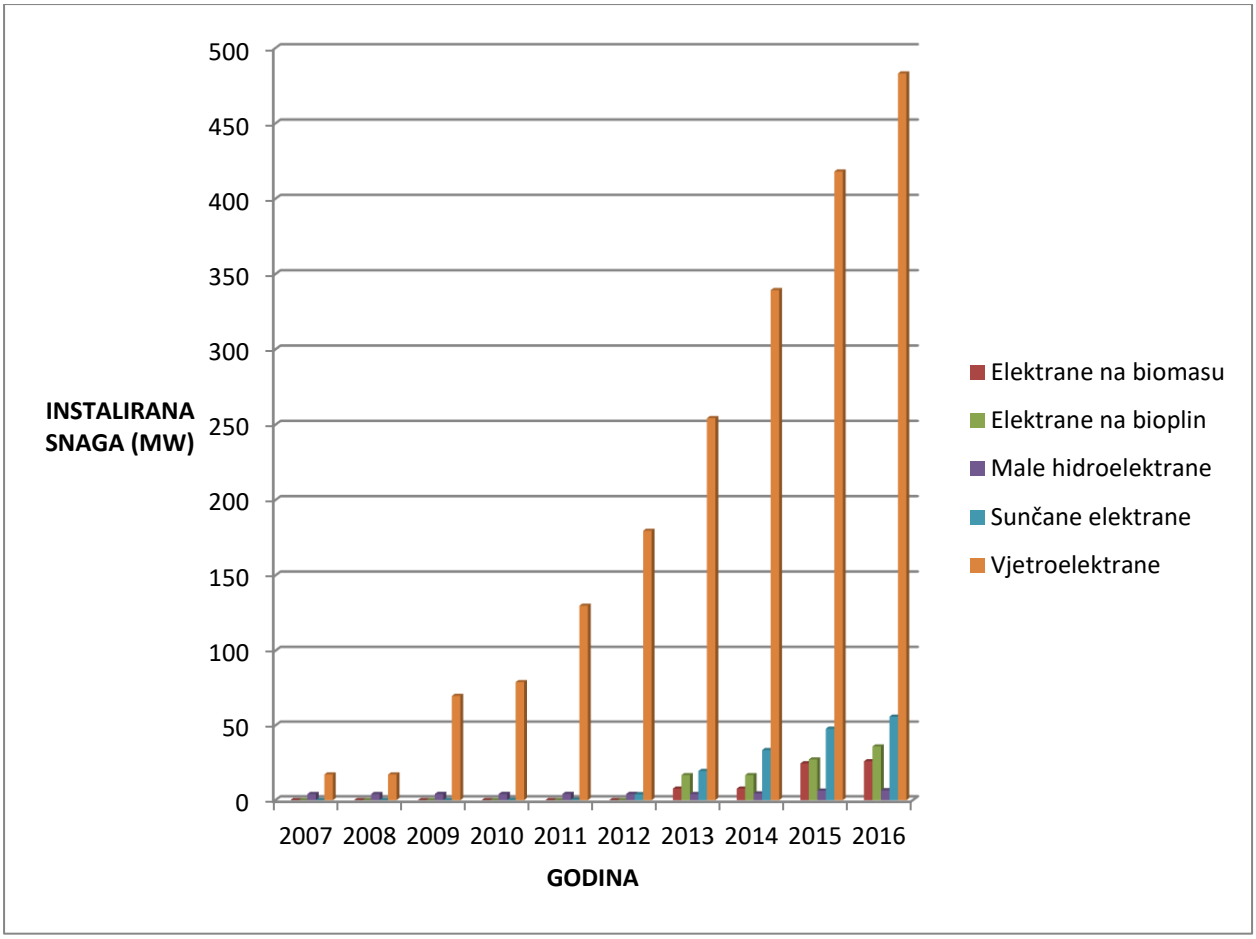
Godina	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**
Hidroelektrane (GWh)	**4300**	**5277**	**6786**	**8308**	**4577**	**4709**	**8054**	**9067,9**	**5672,9**	**6128,3**
Termoelektrane (GWh)	**6865**	**6090**	**5199**	**4788**	**5169**	**4580,2**	**4079,2**	**3224,1**	**3463,2**	**3733,9**
Nuklearne (GWh)	**2714**	**2986**	**2730**	**2730**	**2951**	**2621**	**2518**	**3030,2**	**2684,9**	**2715,4**
Obnovljivi izvori energije (GWh)	**45,5**	**52,6**	**56,8**	**156**	**210,4**	**342,1**	**528,6**	**948,1**	**1135,8**	**1533,3**
Ukupno (GWh)	**13924,5**	**14405,6**	**14771,8**	**15982**	**12907,4**	**12252,3**	**15179,8**	**16270,3**	**12956,8**	**14110,9**



Slika 2.3. *Proizvedena energija konvencionalnih elektrana u Republici Hrvatskoj uključujući obnovljive izvore u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“*. [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

Tablica 2.5. Instalirana snaga obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“. [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

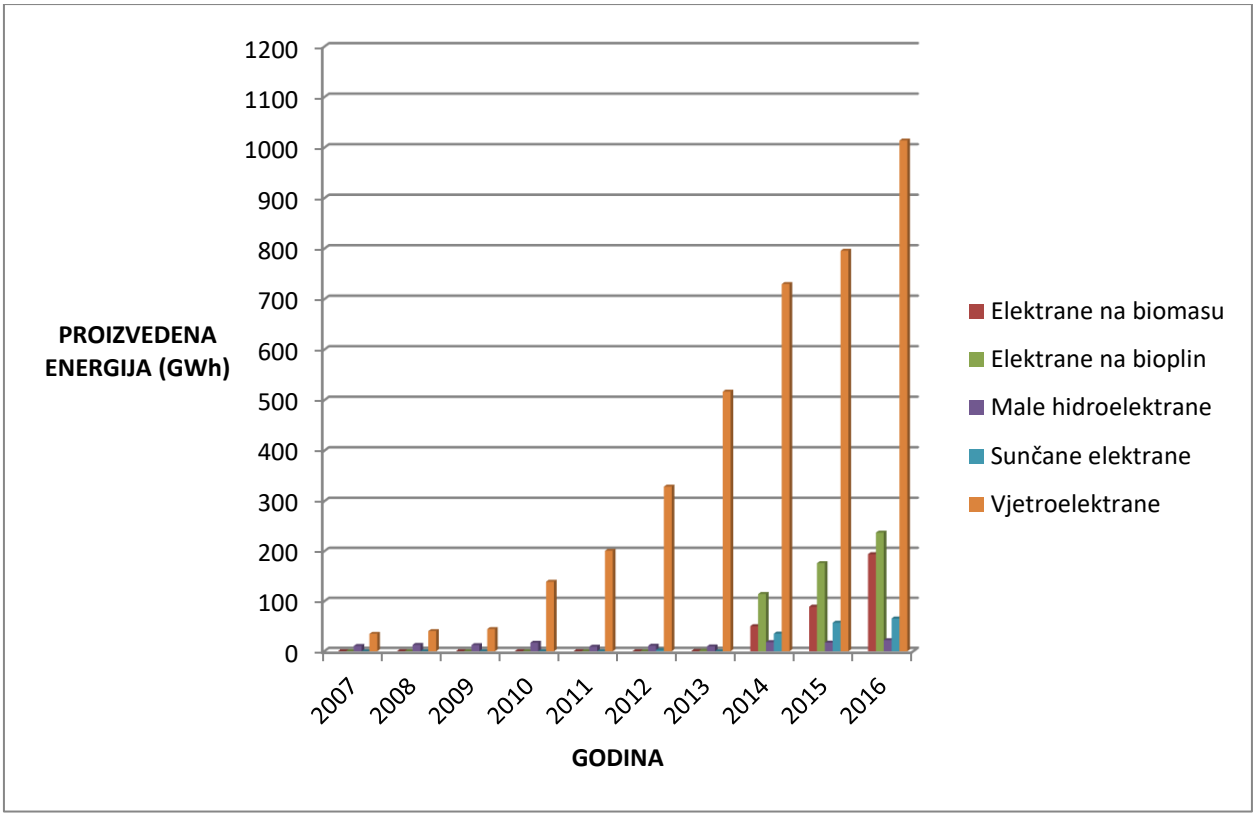
Godina	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**
Biomasa (MW)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**7,7**	**7,7**	**24,6**	**26**
Bioplin (MW)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**16,7**	**16,7**	**27,2**	**35,9**
Male hidro (MW)	**4,083**	**4,083**	**4,113**	**4,113**	**4,113**	**4,113**	**4,1**	**4,5**	**6,3**	**6,6**
Sunčane (MW)	**0,06**	**0,081**	**0,081**	**0,164**	**0,31**	**3,95**	**19,5**	**33,5**	**47,8**	**55,8**
Vjetroelektrane (MW)	**17,15**	**17,15**	**69,75**	**78,95**	**129,8**	**179.55**	**254,3**	**339,3**	**418**	**483,1**
Ukupno (MW)	**21,293**	**21,314**	**73,944**	**83,227**	**134,223**	**187,613**	**302,3**	**401,7**	**523,9**	**607,4**



Slika 2.4. *Instalirana snaga obnovljivih izvora u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“* [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

Tablica 2.6. *Proizvedena energija obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“.* [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

Godina	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**
Bioplin (GWh)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**114,5**	**176,1**	**237,3**
Male hidro (Gwh)	**10,532**	**12,8**	**12,38**	**17,02**	**9,092**	**11,02**	**9,72**	**18,2**	**17,2**	**22,2**
Sunčane (GWh)	**0,055**	**0,055**	**0,055**	**0,043**	**0,137**	**2,343**	**0,11**	**35,2**	**57,1**	**65,5**
Vjetroelektrane (GWh)	**34,91**	**44,32**	**44,32**	**138,96**	**201**	**329**	**517**	**730**	**796**	**1014,2**
Ukupno (GWh)	**45,497**	**56,755**	**56,755**	**156,023**	**210,399**	**342,113**	**528,61**	**948,1**	**1135,8**	**1533,3**



Slika 2.5. *Proizvedena energija obnovljivih izvora u razdoblju od 2007. do 2016. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“.* [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

Izgradnjom bioplinskog postrojenja poboljšavaju se lokalni gospodarski uvjeti u Republici Hrvatskoj kao i mogućnost zapošljavanja u ruralnim područjima što rezultira boljim životnim standardom i doprinosi socijalnom i ekonomskom razvoju. Rezerve neobnovljivih izvora energije polako nestaju a za njihovo stvaranje je potrebno oko 100 milijuna godina uz određene uvjete stoga Republika Hrvatska kao i većina zemalja želi postići energetski neovisnost o drugim državama. Prema iznesenim podatcima može se zaključiti da se u Republici Hrvatskoj povećava broj postrojenja na obnovljive izvore energije. U literaturi pronalazimo podatke do 2016. godine, no bez obzira na manjak podataka vidi se značajan napredak, najviše vjetroelektrana i sunčanih elektrana te elektrana na biomasu i bioplin. U 2013. godini prvi put vidimo instaliranu snagu i proizvedenu električnu energiju elektrana na bioplin i možemo zaključiti da je porast s 0 MW na 35 MW značajan te da Republika Hrvatska potiče proizvodnju i uporabu bioplina, bioplinskih postrojenja te izgradnju distribuiranih izvora energije (iskoristivih za potrebe samih farmi, ali i lokalne zajednice) radi zbrinjavanja otpada iz poljoprivredne proizvodnje, smanjenja emisije stakleničkih plinova, ali i

poticanja razvoja poljoprivrednih gospodarstva. U poglavlju 5. obrađena je analiza isplativost izgradnje jednog takvog postrojenja u ruralnom području.

3. DIJELOVI BIOPLINSKOG POSTROJENJA

Bioplinsko postrojenje nije jednostavno već se sastoji od nekoliko glavnih elemenata. Postoje različiti tipovi postrojenja ovisno o vrsti i količini sirovine koje se koristi prilikom proizvodnje bioplina. U poglavlju broj dva navedene su moguće sirovine, a postoje različite tehnologije i tehnike prerade tih sirovina za njihovu upotrebu. Na slici 3.1. prikazan je proces rada bioplinskog postrojenja. Postoji mokra i suha anaerobna digestija ovisno o sadržaju suhe tvari (više od 15% predstavlja suhu digestiju). „Proces proizvodnje bioplina u poljoprivrednim bioplinskim postrojenjima obično se odvija u četiri faze:

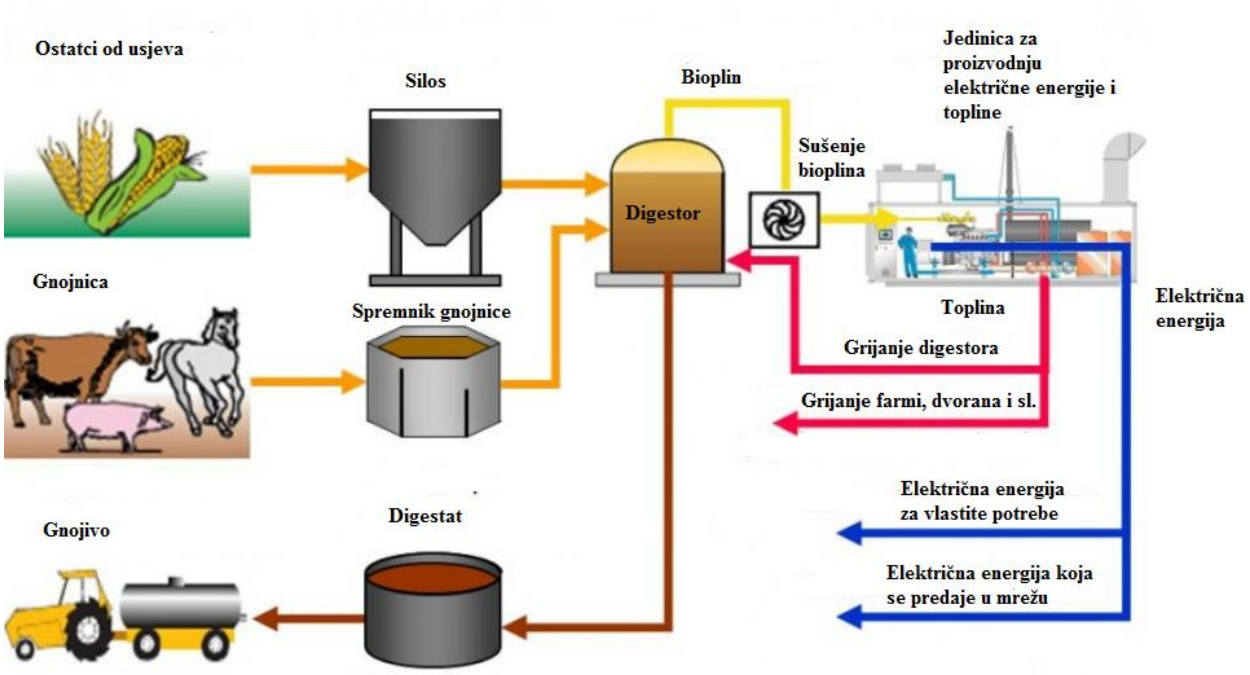
1. Transport, isporuka, skladištenje i prethodna obrada sirovine

2. Proizvodnja bioplina (AD)

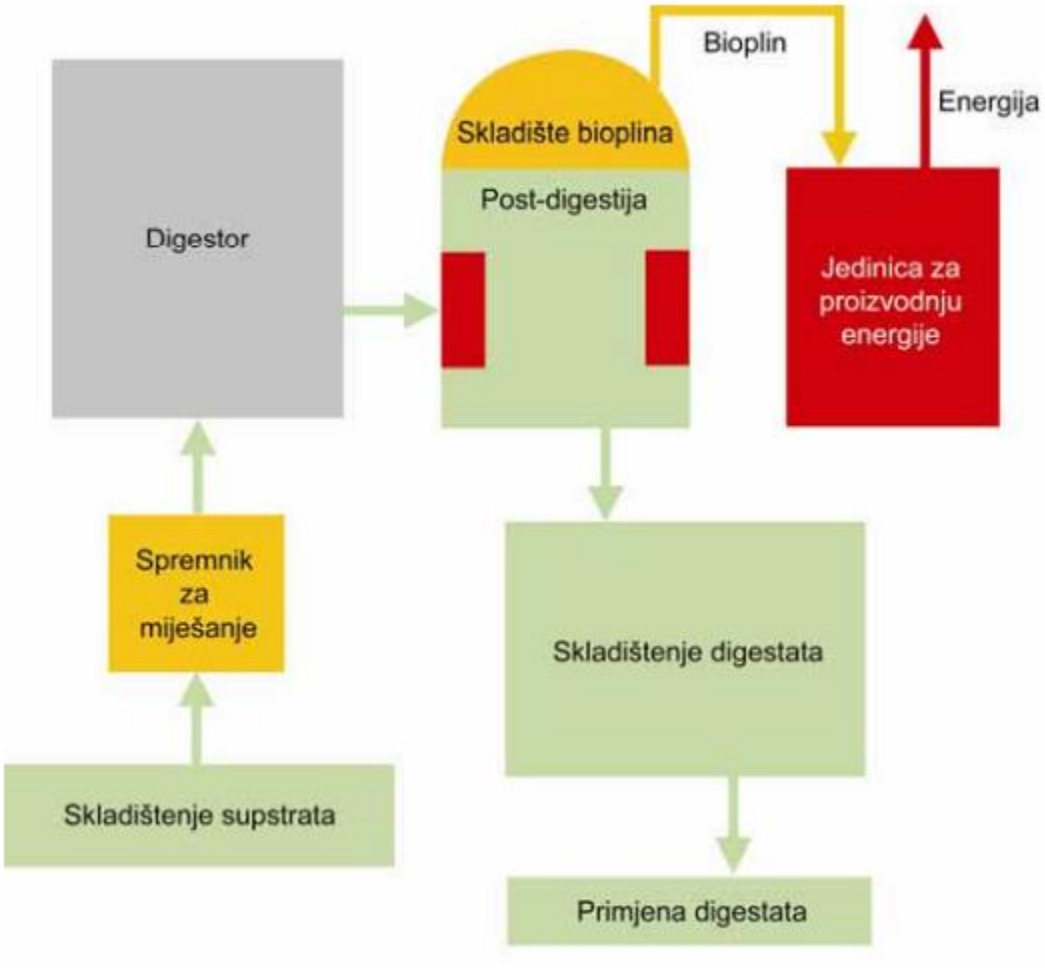
3. Skladištenje digestata, eventualno kondicioniranje i primjena

4. Skladištenje bioplina, kondicioniranje i korištenje“ [1, str. 68]

Odabir elemenata postrojenja ovisi o sirovini čije dimenzije ovise o količini tih sirovina (veličina fermentora, skladišta i sl.). Bioplin se može skladištiti , kondicionirati i koristiti za proizvodnju energije i topline dok se digestat najčešće ispumpava u spremnike za skladištenje kako bi se koristio kasnije kao gnojivo za zemljište. Na slici 3.2. pokazani su glavni dijelovi bioplinskog postrojenja. [1]



Slika 3.1. *Proces rada bioplinskog postrojenja* [15]



Slika 3.2. *Glavni dijelovi bioplinskog postrojenja* [1]

3.1. Skladištenje sirovine

Sirovina se skladišti kako bi se mogla upotrijebiti u željenom periodu. Skladište može služiti i kao prostorija za miješanje različitih sirovina koje bi se kasnije primijenile u digestoru. Skladište ovisi o količini sirovine. Najčešća skladišta su bunker silosi (poljoprivredni ostaci) ili spremnici za tekuću sirovinu. Slika 3.3. prikazuje bunker silos. Bunker silosi mogu skladištiti sirovinu čak više od godinu dana dok su obični spremnici za tekuću sirovinu namijenjeni za skladištenje na nekoliko dana. Skladište se projektira na temelju količine sirovine, vremenu dostave te dnevnim potrebama za unos u digestor. Sirovina prije uporabe se može kondicionirati kako bi se poboljšao proces, poboljšala razgradnja i prinos bioplina. [1]



Slika 3.3. *Bunker silos* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]

3.2. Sustav punjenja, grijanja, transporta, armature i cjevovoda

Potrebna sirovina za anaerobnu digestiju puni se u spremnik ovisno o vrsti supstrata i njegovoj pogodnosti za pumpanje. Slika 3.4. prikazuje spremnik sirovine. Sirovine mogu biti tekuće ili krute, te se unose u digestor preko dozirne trake i dozirnog puža koji melje i ubacuje sirovinu. Prilikom punjenja se mora paziti da temperatura procesa bude konstantna jer je to najvažniji uvjet za stabilan rad procesa i visoki prinos bioplina. Sirovine se mogu grijati prilikom transporta do digestora ili u samom digestoru. Pumpe služe za transport tekućeg supstrata iz skladišta u digestor, a postoje dva osnovna tipa pumpi: centrifugalne i volumetričke pumpe. Ukoliko je supstrat krut onda se transport i utovar vrši pomoću traktora ili utovarivača. „Armatura i cjevovodi koji se koriste u sustavu za proizvodnju bioplina moraju biti otporni na koroziju i prikladni za rukovanje s materijalima koji se pojavljuju u toj proizvodnji (bioplin i biomasa). Odabir materijala cijevi ovisi o vrsti materijala kojeg provodi i tlaku, a uključuje PVC, HDPE, čelik ili nehrđajući čelik“. [1]



Slika 3.4. *Spremnik sirovine* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]

3.3. Digestor

Centar bioplinskog postrojenja je digestor ili fermentor. To je nepropusni spremnik u kojemu se odvija proces anaerobne digestije prilikom u kojem nastaje bioplin i digestat. Na slici 3.5. prikazan je digestor. Toplinski su izolirani, mogu biti napravljeni od cigle, čelika, betona ili plastike. Njihov izgled podsjeća na silose te se mogu nalaziti na površini ili ispod površine. Dva osnovna tipa digestora su obročni i kontinuirani tip. Česta izvedba digestora s post-digestorom, smjesa koja je dala energiju pumpa se u post-digestor kako bi se dobilo još više energije iz sirovina. U digestoru se nalaze mješači za miješanje sirovina, najčešće tri do četiri. Ukoliko se sirovina ne bi miješala došlo bi do toga da se sirovina zagusti pa pumpa ne bi mogla izvlačiti gusti sadržaj. Veličina cijelog postrojenja određena je veličinom digestora, većim digestorom se može proizvesti više bioplina što bi rezultiralo većom proizvodnjom električne energije. Digestor je potrebno redovito održavati kako se ne bi nakupljali sedimenti teških tvari kao što je pijesak. Vrijeme retencije (zadržavanja) sirovine u digestoru najčešće je između 40 do 60 dana. Sirovine koje se zadrže duže u spremnicima proizvode više metana. Na digestoru se nalaze najčešće sonde i senzori za zaštitu, ukoliko razina supstrata prijeđe dozvoljenu granicu tada bi sonda isključila sustav. Temperatura digestora je najčešće 40 ° C i održava se konstantnom. [1]



Slika 3.5. *Digestor ili fermentor* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]

3.4. Skladište bioplina

„Kako bi se optimizirao izlaz, proizvodnja bioplina mora se održavati što stabilnijom i što ravnomjernijom. Unutar digestora, bioplin se stvara u fluktuirajućim količinama i ima proizvodne vrhunce“. [1, str. 16] Skladište za bioplin se može nalaziti na vrhu digestora ili može biti odvojeno od digestora. Na slici 3.6. prikazano je skladište bioplina. Odgovarajuće skladište bioplina osigurava željenu opskrbu, manje gubitke te pospješuje učinkovitost bioplinskog postrojenja. Bioplin prilikom napuštanja digestora se može podviti procesu kondicioniranja, desumoprizacije ili sušenja. Ukoliko se dogodi da se proizvede više bioplina nego što se može iskoristiti prilikom proizvodnje električne energije, koristi se baklja kojom se spaljuje višak bioplina. Na slici 3.7. prikazana je baklja za spaljivanje bioplina. [1]



Slika 3.6. *Skladište bioplina* [1]



Slika 3.7. *Baklja za spaljivanje bioplina* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]

3.5. Skladištenje digestata

Supstrat nakon fermentiranja se odvodi iz digestora i naziva se digestat, koji zatim ide prema separatoru kako bi se dobio kruti i tekući separat. Na slici 3.8. prikazan je separator digestata. U digestoru se uz krutu sirovinu i upotrebljava i jedan dio tekućeg separata. Preostali tekući separat se injektira u zemlju pomoću cijevi, najčešće u krugu od 10 km u takozvane „lagune“. Kruti dio služi kao gnojivo ili se suši u sušari. Digestat se također skladišti u skladištima koja se nalaze pored digestora. Digestat u skladištu može ostati čak i nekoliko dana. [1]



Slika 3.8. *Separator digestata* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]

3.6. Jedinica za proizvodnju energije

Potencijal bioplina se najčešće iskorištava za proizvodnju topline i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima ili se predaje u plinsku mrežu a može se koristiti i kao gorivo u transportu. Prilikom proizvodnje toplinske energije bioplin izgara u kotlovima, on može izgarati u samom postrojenju ili kod krajnjih korisnika. Najšire primjenjivana tehnologija korištenja bioplina je zapravo u kogeneracijskim postrojenjima. Proizvođenjem topline i električne energije u takvim postrojenjima je vrlo učinkovito. Prije uporabe bioplina on se suši kako bi se dobio čisti bioplin koji se zatim ugrije na određenu temperaturu jer plinski motori ne mogu raditi ukoliko on ostane neobrađen. Prije samog dolaska bioplina do motora prolazi kroz spremnik s aktivnim ugljenom kako bi odstranio sumpor iz bioplina. Najčešća izvedba kogeneracijskih postrojenja su termoelektrane blokovskog tipa (PTE) s motorima na izgaranje koji su povezani s generatorom. Motor može biti plinski-dizel motor, plinski-dizel motor s pilot paljenjem ili plinski Otto motor. Toplinska energija se može koristiti za grijanje, hlađenje, sušenje te za dodatnu proizvodnju električne energije, dok se električna energija najčešće predaje u mrežu [1]

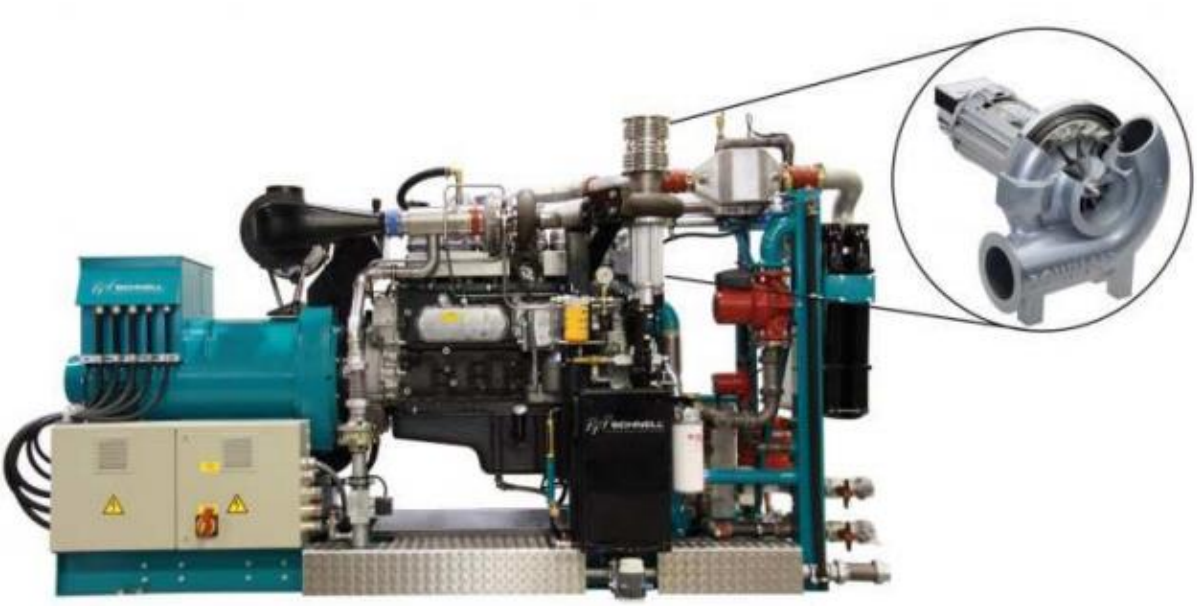
U Europi se bioplin najčešće koristi za proizvodnju električne energije u motorima s unutarnjim izgaranjem, tj. plinskim motorima. Svi se plinski motori smatraju kogeneracijskim jedinicama jer se uz pretvorbu energije proizvodi i toplina. Postoji nekoliko vrsta plinskih motora koji se dijele na motore s pilot ubrizgavanjem i Otto motore. Kapacitet plinskih motora ima raspon između 10 kW_{el} i 5 MW_{el}. Neki od proizvođača plinskih motora su: GE Energy (Jenbacher), Wärtsilä, Kawasaki, Rolls-Royce i MTU. [16]

U plinskim motorima energija se pretvara u iskoristivu i neiskoristivu energiju. Prosječna vrijednost koja se može iskoristiti je otprilike 90% energije (10% gubici, 35% mehanička (električna) energija, 55% toplinska energija). Električni kapacitet plinskih Otto motora je između 100 kW_{el} i 1 MW_{el} te se mogu koristiti za bioplin s udjelom metana iznad 45%. Električni stupanj djelovanja je između 34 i 40 posto dok je vijek trajanja oko 60 000 sati koji se može produžiti mogućim remontom. Primjer plinskog motora prikazan je na slici 3.9. Plinski motori s pilot ubrizgavanjem rade na principu dizelskog motora. Za njihov rad potrebno je oko 10% dizelskog goriva (paljenje). Ovi motori imaju instalirani kapacitet koji može dosegnuti 340 kW_{el} , a njihova električna učinkovitost je u rasponu od 30 do 40%. Prosječni vijek je oko 35 000 sati nakon čega se

obično zamijeni. Primjer plinskog motora s pilot ubrizgavanjem možemo vidjeti na slici 3.10. Tablica 3.1. prikazuje usporedne karakteristike plinskih motora. [16]



Slika 3.9. *Plinski Otto motor Jembacher J 420 GS u bioplinskom postrojenju Klisa* [fotografirano 23.8.2018. u Osijeku]



Slika 3.10. *Plinski motor s pilot ubrizgavanjem* [16]

Tablica 3.1. *Usporedne karakteristike plinskih motora* [16]

	Plinski Otto motori	**Plinski motori s pilot ubrizgavanjem**
Instalirani kapacitet	Može biti veći od 1 MW, <100 kw se rijetko nalaze	>340 kW
Sadržaj metana	>45%	Također prikladno za bioplin s veoma niskim sadržajem CH_4
Električna učinkovitost	34-42%	30-44%
Životni vijek	60 000 sati	35 000 sati
Dodatno gorivo	nema	1-5% nafte za paljenje
Prikladnost	Za velika bioplinska postrojenja	Za mala bioplinska postrojenja
Prednosti	+posebno projektirano za plinove + dobre vrijednosti emisija ispušnih plinova + mala potreba za održavanjem + ukupna učinkovitost veća nego kod plinskih motora s pilot ubrizgavanjem	+ niži investicijski troškovi + veća električna učinkovitost nego kod plinskih Otto motora + niži zahtjevi u pogledu kvalitete plina
Nedostaci	- investicijski troškovi su nešto viši nego kod plinskih motora s pilot ubrizgavanjem - viši troškovi uslijed općenito niže proizvodnje - manja električna učinkovitost nego kod plinskih motora s pilot ubrizgavanjem	- veće potrebe za održavanjem - ukupna učinkovitost manja nego kod plinskih Otto motora - potrebno je dodatno gorivo - više vrijednosti emisija ispušnih plinova (NOx)

4. OSNOVE ENERGETSKE EKONOMIJE

Za procjenu ekonomije energije koristi se nekoliko metoda od kojih su najčešće „neto sadašnja vrijednost“, „pravi odabir“, „vrijeme povrata ulaganja“ i „LCOE“ . Ove metode su usredotočene na izravne troškove energije, odnosno koliko će investitor ukupno uložiti u projekt. Na primjer, vjetroturbina proizvodi snagu samo kada ima dovoljno vjetra, ukoliko ne bi bilo vjetra potreban je zamjenski izvor napajanja koji će nadomjestiti energiju vjetra. Tada se stvaraju neizravni troškovi. Zbroj izravnih i neizravnih troškova daju ukupan trošak energije. [17]

4.1. Neto sadašnja vrijednost

Ulaganje u energetske projekte karakterizira nepovratnost troškova ulaganja. Ulaganje u vjetroturbine ili solarne panele predstavlja primjer nepovratnih ulaganja jer se oni koriste do trenutka kada više nisu u stanju proizvoditi energiju. Postoji nekoliko metoda za procjenu očekivanih ekonomskih ishoda. Najčešća je metoda „neto sadašnja vrijednost”. To je metoda kojom se određuje hoće li financijski ishod projekta biti pozitivan ili negativan. Ova metoda se sastoji od početnog ulaganja, prihoda i troškova tijekom vremena koji zajedno tvore novčane tokove odnosno ovisnost novca i rizika o vremenu. Izraz za izračun neto sadašnje vrijednost je dan izrazom 4-1.

$$V_{NSV} = -I + \sum_{t=0}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t} \qquad 4\text{-}1$$

U izrazu 4-1, I označava početno ulaganje, t je vrijeme novca, T predstavlja trajanje projekta. Diskontna stopa r je faktor prilagodbe budućih novčanih tokova za rizik i vremensku vrijednost novca. C_t je neto novčani tijek. Novčani tok u određenoj godini jednak je očekivanim prihodima u toj godini umanjeni za očekivane troškove. Prihodi i troškovi se moraju procijeniti na što bolji način kako bi se mogao imati optimalan uvid u financijsku aktivnost ulaganja. [17]

Primjer 1: Slučaj za jednostavnu elektranu

100 jedinica je uloženo na početku 0. Elektrana proizvodi energiju u periodu 1 i 2. Prihod od prodaje u prvom razdoblju je 80 a u drugom 90. Troškovi iznose 15 za oba razdoblja. Novčani tokovi su 80-15=65 za prvo razdoblje te 90-15=75 za drugo razdoblje. Investitor pretpostavlja diskontnu stopu od 7%.

$$V_{NSV} = -100 + \frac{65}{(1+0.07)^1} + \frac{75}{(1+0.07)^2} = 26.25 \qquad 4\text{-}2$$

Ključni faktor iz izraza 4-1 je diskontna stopa koja je potrebna prilikom transformacije budućih novčanih tokova kako bi se dobila njihova sadašnja vrijednost. Krivim odabirom diskontne stope može doći do promjene način rangiranja različitih izvora energije ovisno o trošku kojim proizvodi energiju između projekata. [17]

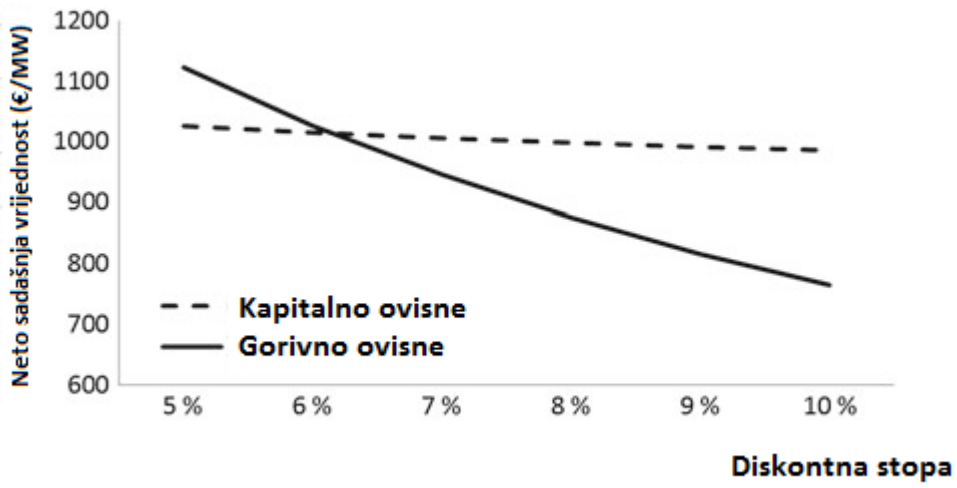
Primjer 2: Slučaj za dvije tehnologije

Prva tehnologija je kapitalno ovisna (vjetroelektrana, solarna elektrana), što znači da je većina troškova nastaje u vremenu dok elektrana još nije počela proizvoditi električnu energiju. U slučaju druge tehnologije, većina troškova vezana je uz životni vijek elektrane a oni se najviše odnose na gorivo (elektrana na plin, elektrana na ugljen). Prva tehnologija ima kapitalne troškove 900, operativni troškovi iznose 10 za svaku godinu rada elektrane koja je 20 godina u pogonu. Druga tehnologija ima kapitalne troškove 200, troškovi goriva i operativni troškovi iznose 60 za sljedećih 30 godina. Potreba je jedna godina za izgradnju elektrane. Diskontna stopa iznosi 5% .

$$V_{NSV} = 900 + \sum_{t=1}^{20} \frac{10}{(1.05)^t} = 1025 \qquad 4\text{-}2$$

$$V_{NSV} = 200 + \sum_{t=1}^{30} \frac{60}{(1.05)^t} = 1122 \qquad 4\text{-}3$$

Slika 4.1. prikazuje kako diskontna stopa utječe na neto sadašnju vrijednost oba projekta. Kapitalno ovisne tehnologije su manje osjetljive na varijacije diskontne stope za razliku od ostalih tehnologija. [17]



Slika 4.1. *Utjecaj različitih diskontnih stopa na neto sadašnju vrijednost* [17]

4.2. Pravi odabir

Nepovratnost ulaganja u energetske projekte vezane uz nesigurnost budućih vrijednosti tih projekata dovodi do mogućnosti odabira ulaganja ovisno o vremenu. Investitori se suočavaju s odlukom o ulaganju, on može odabrati želi li uložiti odmah ili čekati i uložiti kasnije. Čekanje nekada može pomoći investitoru smanjiti nesigurnost vezanu uz troškove i prihode. Stoga čekanje ima vrijednost poznatu kao "pravi odabir" koja pada na nulu čim ulaganje bude napravljeno, jer investitor ne može uzeti u obzir nove informacije koje bi potencijalno dovele investitora da mijenja svoju odluku. Vrijednost pravog odabira dodaje se neto sadašnjoj vrijednosti na temelju koje investitor odlučuje hoće li uložiti ili ne. [17]

Primjer 1.

Pomoću ovog primjera se može vidjeti što pruža čekanje. Projekt vjetra ima početni trošak od 2000. Investitor odlučuje hoće li uložiti ili ne. U tijeku je donošenje zakona o postavljanju konačne cijene za svaki kWh proizveden iz vjetroelektrana za budućih dvadeset godina. Ukoliko je ovaj zakon proveden on bi iznosio 500 jedinica, a ako se ne bi proveo onda ostaje 100 kao i inače. Investitor procjenjuje da postoji vjerojatnost 50% da će zakon biti proveden. Diskontna stopa je 10%.

Neto sadašnja vrijednost ukoliko je zakon proveden :

$$V_{NSV} = -2000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{500}{(1.1)^t} = 2557 \qquad 4\text{-}4$$

Neto sadašnja vrijednost ukoliko zakon nije proveden :

$$V_{NSV} = -2000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{100}{(1.1)^t} = -1148 \qquad 4\text{-}5$$

Neto sadašnja vrijednost s pretpostavkom da će isplata biti aritmetička sredina 500 i 100.

$$V_{NSV} = -2000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{300}{(1.1)^t} = 554 \qquad 4\text{-}6$$

Na temelju neto sadašnjih vrijednosti, investitor bi mogao uložiti iako bi mogao izgubiti 1148 jedinica uz vjerojatnost od 50%. Investitor ima mogućnost čekanja kako bi saznao hoće li zakon biti proveden ili ne. Neto sadašnja vrijednost može biti modificirana tako da joj se doda vrijednost čekanja još jedne godine

$$V_{NSV} = (0.5)\left[\frac{-2000}{1.1} + \sum_{t=2}^{21} \frac{500}{(1.1)^t}\right] = 1026 \qquad 4\text{-}7$$

Izraz 4-7 integrira 50% vjerojatnosti da će se zakon provesti u jednoj godini. Ukoliko investitor odluči čekati, projekt će generirati isplatu samo od 2. godine i do kraja 21. godine. Kada se zakon ne bi proveo onda je puno bolje čekati još jednu godinu. Vrijednost čekanja iznosi 1026-554=472, što znači da bi investitor bio spreman platiti 472 jedinice kako bi saznao hoće li se provesti zakon ili ne, to je vrijednost pravog odabira. Postoji još nekoliko elemenata koje bi potiču investitore na čekanje kao što je npr. pojava nove vjetroturbine koja bi bila jeftinija i učinkovitija. [17]

4.3. Vrijeme povrata ulaganja

Vrijeme povrata ulaganja je vrijeme izraženo u godinama koje je potrebno da bi se godišnjim neto akumuliranim sredstvima uvećanim za amortizaciju otplatili iznosi koji su uloženi ili potrošeni prilikom investiranja u projekt. Kraće razdoblje povrata smanjuje rizik ulaganja. Vrijeme trajanja projekta mora biti duže od razdoblja povrata. Nedostatak ove metode je što se ne uzima u obzir dinamika novčanih tokova, visine kamatnih stopa u vremenu razdoblja povrata te računanje na temelju nominalnih vrijednosti. Zbog ovih razloga ova metoda nije pouzdana. [17]

Razdoblje povrata računa se na sljedeći način:

$$VRIJEME\ POVRATA\ ULAGANJA = \frac{IZNOS\ ULAGANJA\ U\ PROGRAM}{PROCIJENJENI\ NETO\ NOVČANI\ TOK} \qquad 4\text{-}8$$

4.4. Aktualizirani trošak proizvodnje električne energije – LCOE

LCOE predstavlja model pomoću kojeg se računaju prosječni troškovi proizvodnje jednog kilovatsata (kWh) električne energije izraženih u neto sadašnjoj vrijednosti kroz životni vijek elektrane. Kako bi se odredio potrebni su parametri kao što su životni vijek elektrane, troškovi za rad i održavanje, cijena goriva, ukupno proizvedena energije a može sadržavati još neke troškove kao što su troškovi emisije CO_2 i troškovi dekomisije (specifično za nuklearne elektrane). Izračunava se pomoću izraza 4-9. [18]

$$c = LCOE = \frac{\sum_{k=-j}^{n} I_k(1+i)^{-k} + \sum_{k=1}^{n} TP_k(1+i)^{-k} + \sum_{k=1}^{n} TG_k(1+i)^{-k} + \sum_{k=1}^{n} TE_k(1+i)^{-k} + \sum_{k=1}^{n} TD_k(1+i)^{-k}}{\sum_{k=1}^{n} W_K(1+i)^{-k}} [n.j./kWh] \qquad 4\text{-}9$$

gdje je:

c- srednja aktualizirana cijena proizvedenog kWh (n.j./kWh),

I_k- investicija izvršena u k-toj godini (n.j.),

TP_k- troškovi pogona (rada i održavanja) (n.j.),

TGk – nabavni troškovi za gorivo u k-toj godini (n.j.),

TEk – (eksterni) troškovi emisije (CO2) u k-toj godini (n.j.),

TDk – troškovi dekomisije postrojenja u k-toj godini (n.j.),

Wk – energija proizvedena u k-toj godini (kWh),

i – diskontna stopa (ili stopa aktualizacije) konstanta u promatranom razdoblju,

j – godine protekle između početka davanja i puštanja postrojenja u pogon,

n – životni vijek

Aktualizirani trošak proizvodnje električne energije ovisi o vrijednostima slijedećih čimbenika.

1. Specifični trošak investicije (trošak postrojenja po jedinici snage)

$$I_{spec} = \frac{\sum_{k=-j}^{n} I_t (1+i)^k}{P_{inst}} (n.j./kW) \qquad 4\text{-}10$$

gdje je P_{inst}- instalirana električna snaga postrojenja (kW)

2. Jedinični godišnji trošak pogona tp_k za proizvodnju jednog kWh ili MWh el.energije (n.j./kWh ili n.j./MWh)

3. Jedinični trošak goriva tg_k koji ovisi o nabavnoj cijeni goriva (n.j./kg, n.j./l, n.j./Nm^3)

$$TG_k = sgtg_k W_k \qquad 4\text{-}11$$

4. Specifični trošak goriva sg (koji ovisi o učinkovitosti postrojenja I ogrijevnoj moći) (kg/kWh, l/kWh, Nm^3/kWh)

5. Diskontna stopa (aktualizacije) koja ovisi o gospodarskoj situaciji

6. Korisni životni vijek postrojenja za koje je postrojenje građeno

7. Godišnji broj ekvivalentnih sati rada postrojenja, tj. trajanje iskorištenja instalirane snage ili factor iskorištenja vršne snage

8. Cijena emisije CO_2(stakleničkih plinova) po toni i jedinična količina emisije pri proizvodnji 1 kWh el.en. [19]

Nešto jednostavniji izraz 4-12 za izračun LCOE koji će se nadalje koristiti u 6 poglavlju.

$$LCOE = \frac{Io + \sum_{k=1}^{n} \frac{A_k}{(1+i)^k}}{\sum_{k=1}^{n} \frac{M_k}{(1+i)^k}} \qquad 4\text{-}12$$

A_k=Ukupni troškovi u k-toj godini (Eur)

M_k= Ukupna energija proizvedena u k-toj godini (kWh)

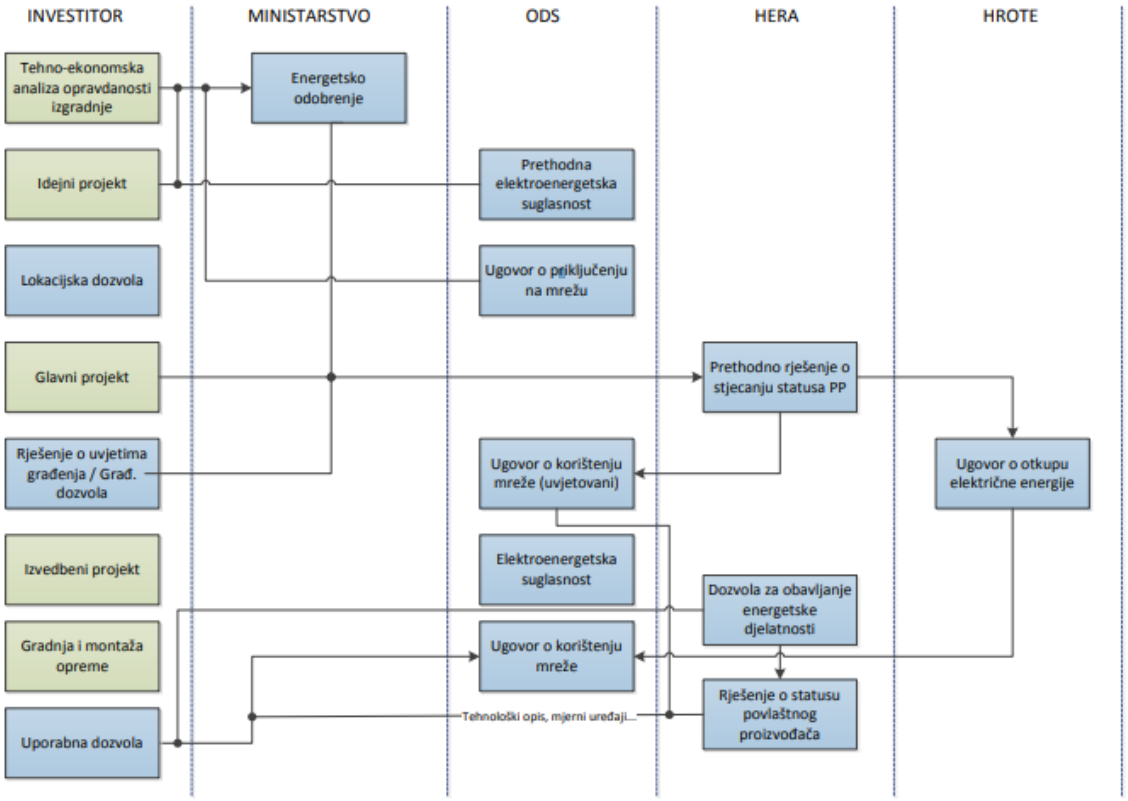
i= diskontna stopa

I_0=početna investicija (Eur)

n=životni vijek [20]

5. PROCES I TROŠKOVI REALIZACIJE BIOPLINSKOG POSTROJENJA

„Povlašteni proizvođač je energetski subjekt koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša“. [21] Kako bi se stekao status povlaštenog proizvođača mora se poštovati pravilnik u kojem je propisan način na koji se može prodavati električna energija proizvedena u bioplinskoj elektrani po cijeni iz Tarifnog sustava. Slika 5.1. prikazuje postupak planiranja, projektiranja, realizacije i slijed zakonodavnog okvira. [21] Tablica 5.2. prikazuje Tarifne stavke i visine tarifnih stavki u Hrvatskoj.



Slika 5.1. *Postupak stjecanja statusa povlaštenog proizvođača u Hrvatskoj* [23]

Tablica 5.2. *Tarifne stavke i visine tarifnih stavki u Hrvatskoj za 2007. 2012. i 2013. godinu izražene u kn/kWh za isporučenu električnu energiju iz bioplina* [22]

Godina	Veličina postrojenja	Visina tarifne stavke
2007	Postrojenja instalirane snage do 1MW	1,20 kn
	Postrojenja instalirane snage veće od 1MW	1,04 kn
2012	Postrojenja instalirane snage do 1 MW	1,42 kn za <300 kW, 1,20 kn za > 300 kW
	Postrojenja instalirane snage veće 1 MW	1,20 kn za <2MW, 1,12 kn za 2 do 5 MW
2013	Postrojenja instalirane snage do 5MW	1,23 kn za <300 kW, 1,26 od 300 kW do 2 MW, 1,18 za veće od 2 MW

Kako bi se dobilo energetsko odobrenje potrebno je obaviti analizu opravdanosti izgradnje postrojenja i priključka na elektroenergetsku mrežu s tehno-ekonomskim podacima. Nakon što se stekne energetsko odobrenje moguć je upis u Registar projekata i postrojenja za korištenje OIE i kogeneracije te povlaštenih proizvođača. Pod idejni projekt podrazumijevaju se svi nacrti i dokumenti kojima se daju osnovna oblikovno-funkcionalna i tehnička rješenja građevine te sam geografski smještaj građevine. On sadržava priključnu snagu elektrane, kategoriju potrošnje, rok priključenja, nazivnu snagu i karakteristike trošila unutar postrojenja, predvidivu godišnju potrošnju. Lokacijska dozvola prilaže se zahtjevu za dobivanje energetskog odobrenja. Energetska suglasnost izdaje se na zahtjev proizvođača prije izvođenja samog projekta u kojem se nalazi da se elektrane do 500 kW priključuju na niskonaponsku mrežu, elektrane ukupne snage veće od 500 kW do 10 MW mogu priključiti na srednjenaponsku mrežu. Ugovor o priključenju na mrežu izdaje Operator distribucijskog sustava kojeg proizvođač mora potpisati. „Glavni projekt je skup međusobno usklađenih projekata kojima se daje tehničko rješenje građevine i dokazuje ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu, kao i drugih zahtjeva prema Zakonu o prostornom uređenju i gradnji i posebnih propisa te tehničkih specifikacija". [23, str. 17]. Rješenje o status povlaštenog proizvođača podnosi se hrvatskoj regulatornoj agenciji, nakon kojeg nositelj projekta mora izgraditi svoje

postrojenje u roku od dvije godine te podnijeti zahtjev za izdavanje rješenja o status povlaštenog proizvođača. Operator tržišta sklapa ugovore o otkupu električne energije po poticajnim cijenama. Ugovor o korištenju mreže zaključuju operator distribucijskog sustava i proizvođač prema uvjetima za opskrbu električnom energijom. "Prema odredbama Zakona o prostornom uređenju i gradnji, ako postoji potreba ispitivanja ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu pokusnim radom, investitor je obvezan početak pokusnog rada prijaviti nadležnom upravnom tijelu, te tijelima i/ili osobama koje izdaju potvrde sukladno posebnim propisima. Ovo ispitivanje investitor je dužan povjeriti osobi koja ispunjava uvjete za obavljanje tih djelatnosti". [23, str. 19] Na koncu se dobiva uporabna dozvola kojom je utvrđen da je tehničkim pregledom građevina izgrađena prema glavnom projektu i rješenju za građenje. [23]

Postoje 3 kategorije troškova s kojim se investitori suočavaju a to su troškovi izgradnje, operativni troškovi i kapitalni troškovi.

Troškovi izgradnje

Obuhvaćaju sve troškove i izgubljene prihode koji su potrebni za izgradnju postrojenja, npr. troškovi zemljišta, iskopavanje, izgradnja digestora i cjevovoda, troškovi za sustav iskorištavanja plina i sustava za skladištenje žitarice. Pod troškove proizvodnje spadaju i troškovi za mjesečne plaće i materijal. Troškovi proizvodnje ovise o nekoliko čimbenika a to su troškovi nabave, modelu postrojenja, veličini i dimenzioniranju bioplinskog postrojenja, iznosu i cijeni materijala te o vremenskom djelovanju postrojenja. Prosječni trošak proizvodnje iznosi između 50-75 USD po m^3 bioplina, 35-40% od tog troška odlazi na izgradnju digestora. Specifični trošak proizvodnje plina je obično manji kod velikih nego kod malih bioplinskih postrojenja. Trošak distribucije plina (cjevovodi) povećavaju se s veličinom postrojenja. Troškovi za rad mogu biti manji ako se bioplinsko postrojenje gradi za vrijeme slabijeg gospodarskog djelovanja

Troškovi pogona i održavanja

Obuhvaćaju sve troškove vezane za nabavu i transport supstrata, vodoopskrbu za čišćenje i miješanje supstrata, hranjenje stoke i pogon postrojenja, nadzor, održavanje i popravak postrojenja,

skladištenje i uklanjanje mulja, distribucija i iskorištenje plina te troškovi uprave. Operativni troškovi jednako su važni kao i troškovi izgradnje. Velika postrojenja imaju visoku potrošnju vode stoga u slučaju suše postrojenje treba biti unaprijed temeljito isplanirano.

Troškovi kapitala

Sastoje se od otkupa i kamata za kapital preuzet za izgradnju i financiranje troškova izgradnje. [25]

Prema tablici 5.4. pokazani su prosječne vrijednosti troškova proizvodnje električne energije za bioplin.

Tablica 5.3. *Prosječna vrijednost troškova proizvodnje električne energije iz bioplina* [25]

Prosječne vrijednost troškova za tehnologiju bioplina	
Instalirana snaga [MW]	25
Investicijski troškovi [EUR/kW]	2692,5
Troškovi održavanja i pogona [EUR/MWh]	11,10
Troškovi goriva [EUR/MWh]	13,20
Vanjski troškovi [CO_2 emisije] [EUR/MWh]	0,00
Učinkovitost pretvorbe goriva u el.ener. [%]	29
Faktor iskorištenja instalirane snage [%]	87
Trajanje izgradnje i puštanja u pogon [god]	2
Očekivani životni vijek [god]	25
Troškovi proizvodnje el. energije [EUR/MWh] (diskontna stopa 5%)	49,01
Otkup cijene u HR [EUR/MWh] (tarifni sustav za poticanje proizvodnje iz OI i kogeneracije	114,50- 165,50

6. LCOE BIOPLINSKOG POSTROJENJA U RURALNOM PODRUČJU

Proračun se odnosi na proizvoljno odabrano postrojenje veličine 2 MW koje je u pogonu 8000 sati godišnje, ukupno proizvedene energije od 16 000 MWh. Ogrjevna vrijednost bioplina iznosi 21 MJ /m^3, učinkovitost elektrane iznosi 40% prilikom koje se dobiva podatak da je za 1 MWh električne energije potrebno 429 m^3 bioplina. Prosječan životni vijek postrojenja iznosi 25 godina. Za troškove izgradnje uzeti su podaci iz tablice 5.3. dok su troškovi rada i održavanja 2,5% od ukupnih troškova izgradnje. Troškovi goriva se mijenjaju ovisno o dostupnim sredstvima u ruralnom području. Količina kukuruzne silaže i goveđeg izmeta izračunat je prema tablici 2.1. dok se točan broj krava dobije ako se uzme u obzir da jedna krava dnevno u prosjeku daje oko 50 kg izmeta. Proračun je izvršen za diskontne stope od 3%, 5% i 7%. Slika 6.1. prikazuje kako se LCOE mijenja ovisno o omjeru silaže i goveđeg izmeta za diskontne stope 3%, 5% i 7%.

Scenarij 6.1.

Bioplinsko postrojenje za dobivanje bioplina koristi 90% kukuruzne silaže i 10% goveđeg izmeta. Za 10% goveđeg izmeta potrebno je imati farmu sa 763 krave. Tablica 6.1. prikazuje LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.1. . Tablica 6.2. prikazuje vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.1. .

Tablica 6.1. LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.1.

Ukupno potrebno bioplina	6 864 000 m^3		
Proizvodnja bioplina iz kukuruzne silaže	6 177 600 m^3 (34 320 t)		
Proizvodnja bioplina iz goveđeg izmeta	686 400 m^3		
Troškovi održavanja i pogona	134 625 EUR		
Troškovi goriva	960 960 EUR		
Početna Investicija	5 385 000 EUR		
Troškovi goriva (kukuruzna silaža)	28 EUR/t		
Životni vijek postrojenja	25 god		
Diskontna stopa	3%	5%	7%
LCOE	0,088 EUR/kWh	0,092 EUR/kWh	0,097 EUR/kWh

Tablica 6.2. Vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.1.

Vrijeme povrata ulaganja				
Godina	Troškovi	Prihod	Ukupno	Kumulativno
0	-6 480 585 EUR	0,00 EUR	-6 480 585 EUR	-6 480 585 EUR
1	-1 095 585 EUR	2 688 000 EUR	1 592 416 EUR	-4 888 169 EUR
2	-1 095 585 EUR	2 688 000 EUR	1 592 416 EUR	-3 295 753 EUR
3	-1 095 585 EUR	2 688 000 EUR	1 592 416 EUR	-1 703 337 EUR
4	-1 095 585 EUR	2 688 000 EUR	1 592 416 EUR	-110 921 EUR
5	**-1 095 585 EUR**	**2 688 000 EUR**	**1 592 416 EUR**	**1 481 495 EUR**
6	-1 095 585 EUR	2 688 000 EUR	1 592 416 EUR	3 073 911 EUR

Scenarij 6.2.

Bioplinsko postrojenje za dobivanje bioplina koristi 80% kukuruzne silaže i 20% goveđeg izmeta. Za 20% goveđeg izmeta potrebno je imati farmu sa 1525 krava. Tablica 6.3. prikazuje LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.2. . Tablica 6.4. prikazuje vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.2. .

Tablica 6.3. LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.2.

Ukupno potrebno bioplina	6 864 000 m^3		
Proizvodnja bioplina iz kukuruzne silaže	5 491 200 m^3 (30 506,67 t)		
Proizvodnja bioplina iz goveđeg izmeta	1 372 800 m^3		
Troškovi održavanja i pogona	134 625 EUR		
Troškovi goriva	854 186,67 EUR		
Početna Investicija	5 385 000 EUR		
Troškovi goriva (kukuruzna silaža)	28 EUR/t		
Životni vijek postrojenja	25 god		
Diskontna stopa	3%	5%	7%
LCOE	0,081 EUR/kWh	0,086 EUR/kWh	0,091 EUR/kWh

Tablica 6.4. Vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.2.

Vrijeme povrata ulaganja				
Godina	Troškovi	Prihod	Ukupno	Kumulativno
0	-6 373 812 EUR	0,00 EUR	-6 373 812 EUR	-6 373 812 EUR
1	-988 812 EUR	2 688 000 EUR	1 699 188 EUR	-4 674 625 EUR
2	-988 812 EUR	2 688 000 EUR	1 699 188 EUR	-2 975 436 EUR
3	-988 812 EUR	2 688 000 EUR	1 699 188 EUR	-1 276 248 EUR
4	**-988 812 EUR**	**2 688 000 EUR**	**1 699 188 EUR**	**422 940 EUR**
5	-988 812 EUR	2 688 000 EUR	1 699 188 EUR	2 122 128 EUR
6	-988 812 EUR	2 688 000 EUR	1 699 188 EUR	3 821 316 EUR

Scenarij 6.3.

Bioplinsko postrojenje za dobivanje bioplina koristi 70% kukuruzne silaže i 30% goveđeg izmeta. Za 30% goveđeg izmeta potrebno je imati farmu sa 2288 krava. Tablica 6.5. prikazuje LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.3. . Tablica 6.6. prikazuje vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.3. .

Tablica 6.5. LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.3.

Ukupno potrebno bioplina	6 864 000 m^3		
Proizvodnja bioplina iz kukuruzne silaže	4 804 800 m^3 (26 693,33 t)		
Proizvodnja bioplina iz goveđeg izmeta	2 059 200 m^3		
Troškovi održavanja i pogona	134 625 EUR		
Troškovi goriva	747 413,33 EUR		
Početna Investicija	5 385 000 EUR		
Troškovi goriva (kukuruzna silaža)	28 EUR/t		
Diskontna stopa	3%	5%	7%
LCOE	0,074 EUR/kWh	0,079 EUR/kWh	0,084 EUR/kWh

Tablica 6.6. Vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.3.

Vrijeme povrata ulaganja				
Godina	Troškovi	Prihod	Ukupno	Kumulativno
0	-6 267 038 EUR	0,00 EUR	-6 267 038 EUR	-6 267 038 EUR
1	-882 038 EUR	2 688 000 EUR	1 805 962 EUR	-4 461 076 EUR
2	-882 038 EUR	2 688 000 EUR	1 805 962 EUR	-2 655 114 EUR
3	-882 038 EUR	2 688 000 EUR	1 805 962 EUR	-849 152 EUR
4	**-882 038 EUR**	**2 688 000 EUR**	**1 805 962 EUR**	**956 810 EUR**
5	-882 038 EUR	2 688 000 EUR	1 805 962 EUR	2 762 772 EUR
6	-882 038 EUR	2 688 000 EUR	1 805 962 EUR	4 568 734 EUR

Scenarij 6.4.

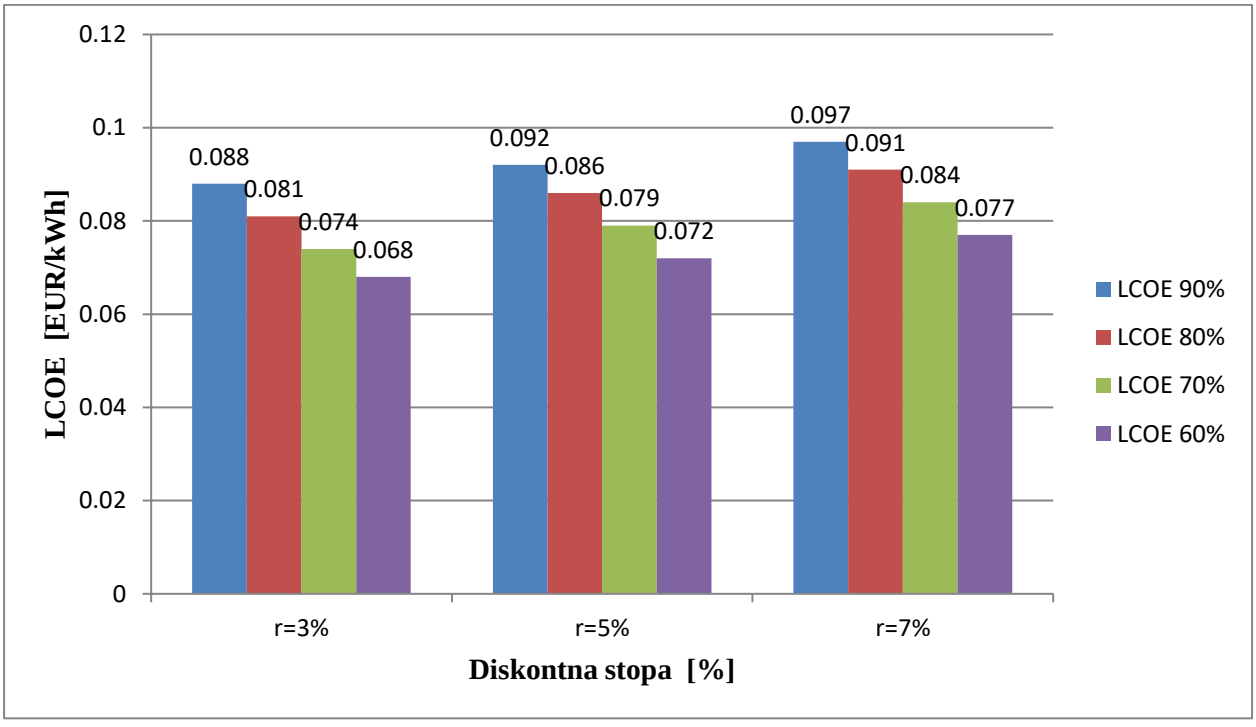
Bioplinsko postrojenje za dobivanje bioplina koristi 60% kukuruzne silaže i 40% goveđeg izmeta. Za 30% goveđeg izmeta potrebno je imati farmu sa 3050 krava. Tablica 6.7. prikazuje LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.4. . Tablica 6.8. prikazuje vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.4. .

Tablica 6.7. LCOE bioplinskog postrojenja za scenarij 6.4.

Ukupno potrebno bioplina	6 864 000 m^3		
Proizvodnja bioplina iz kukuruzne silaže	4 118 400 m^3 (22 880 t)		
Proizvodnja bioplina iz goveđeg izmeta	2 745 600 m^3		
Troškovi održavanja i pogona	134 625 EUR		
Troškovi goriva	640 640 EUR		
Početna Investicija	5 385 000 EUR		
Troškovi goriva (kukuruzna silaža)	28 EUR/t		
Životni vijek postrojenja	25 god		
Diskontna stopa	3%	5%	7%
LCOE	0,068 EUR/kWh	0,072 EUR/kWh	0,077 EUR/kWh

Tablica 6.8. Vrijeme povrata ulaganja za scenarij 6.4.

Vrijeme povrata ulaganja				
Godina	Troškovi	Prihod	Ukupno	Kumulativno
0	-6 160 265 EUR	0,00 EUR	-6 160 265 EUR	-6 160 265 EUR
1	-775 265 EUR	2 688 000 EUR	1 912 735 EUR	-4 247 530 EUR
2	-775 265 EUR	2 688 000 EUR	1 912 735 EUR	-2 334 795 EUR
3	-775 265 EUR	2 688 000 EUR	1 912 735 EUR	-422 060 EUR
4	**-775 265 EUR**	**2 688 000 EUR**	**1 912 735 EUR**	**1 490 675 EUR**
5	-775 265 EUR	2 688 000 EUR	1 912 735 EUR	3 403 410 EUR
6	-775 265 EUR	2 688 000 EUR	1 912 735 EUR	5 316 145 EUR



Slika 6.1 Aktualizirani trošak proizvodnje električne energije ovisno o diskontnoj stopi i trošku za gorivo

Ovo poglavlje uzima u obzir najčešće korištene sirovine. Raspon LCOE-a najviše ovisi o cijeni sirovina. Najbolji slučaj, odnosno najmanji LCOE biti će upravo kada investitor proizvodi i iskorištava sve potrebne sirovine. Najbolji primjer za opisivanje LCOE-a bi bio kada bi zamislili jednog vlasnika koji prije izgradnje postrojenja posjeduje farmu krava, svinja ili pilića te za njihovo hranjenje koristi stočnu hranu, koju također uzgaja. Vlasnik bi tada imao zatvoreni proces te bi LCOE bio manji a zarada veća. Prema primjeru postrojenja od 2 MW iz ovog poglavlja, LCOE ima raspon od 0,068-0.097 EUR/kWh što približno odgovara LCOE-u u drugim zemljama u Europi. Kako bi se bolje shvatio LCOE, raspon 0,068-0-097 EUR/kWh najbolje je pretvoriti u HRK/kWh, dobije se raspon 0.51-0,73 HRK/kWh (1 EUR ~7,5 HRK). Prodavanjem električne energije HEP-u po tarifnoj cijeni od 1,26 HRK/kWh profitira se za 0.53-0.75 HRK/kWh što znači da bi se izgrađeno postrojenje isplatilo za 4 do 5 godina te nadalje imao samo profit.

7. ZAKLJUČAK

Bioplin spada u skupinu obnovljivih izvora energije. Njegovom proizvodnjom smanjuje se emisija stakleničkih plinova i omogućava se zbrinjavanje organskog otpada. U Republici Hrvatskoj najčešće se proizvodi u kogeneracijskim postrojenjima gdje se upotrebljava proizvodnju električne energije i topline, električna energija se prodaje HEP-u dok se toplina iskorištava za vlastite potrebe. Izgradnja takvog postrojenja nije jednostavna već se mora uzeti u obzir mnogo čimbenika kako bi se moglo znati hoće li se izgradnja isplatiti ili ne. Prema analizi aktualiziranog troška proizvodnje električne energije bioplinskog postrojenja od može se zaključiti da se postrojenje isplati graditi ukoliko investitor posjeduje određeni dio sirovina potreban za proizvodnju bioplina, međutim postrojenje može biti isplativo čak i kad bi se sve sirovine nabavljale, ali po povoljnim cijenama. Republika Hrvatska se suočava sa smanjenjem poljoprivredne proizvodnje što utječe na broj bioplinskih postrojenja. Ukoliko bi se potaknule gospodarske aktivnosti u Republici Hrvatskoj može se očekivati i povećanje broja bioplinskih postrojenja te bi bioplin mogao predstavljati jedan od glavnih stupova za zadovoljavanje energetske politike.

8. LITERATURA

[1] Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Kottner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R.: Priručnik za bioplin, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.

[2] Biogas, Zorg biogas, dostupno na: http://www.zorg-biogas.com/biogas-plants/biogas-out?lang=en [13.9.2018.]

[3] Advantages and Disadvantages of Biogas, Homebiogas, dostupno na: https://homebiogas.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-biogas/ [6.9.2018.]

[4] D. Zemljak, Diplomski rad: Analiza mogućnosti bioplinskog postrojenja bioplinara organica kalnik 1 d.o.o., Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet, Varaždin, 2017, dostupno na: https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A242/datastream/PDF/view [6.9.2018.]

[5] Energija u Hrvatskoj 2007., Godišnji energetski pregled, dostupno na: http://www.mzoip.hr/doc/energija_u_hrvatskoj_za_2007_godinu.pdf [10.7.2018.]

[6] B. Vuk, M. Karan, S. Vukman, R. Fabek, S. Živković, S. Antešević Maričić, M. Maričević, T. Baričević, D. Maljković, B. Kulišić, H. Božić, Ž. Hrs Borković, V. Krstulović, D. Novosel, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2008., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2009., dostupno na: https://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/EUH08_za%20web.pdf [6.9.2018.]

[7] B. Vuk, M. Karan, S. Vukman, R. Fabek, S. Živković, S. Antešević Maričić, M. Maričević, T. Baričević, D. Maljković, B. Kulišić, H. Božić, Ž. Hrs Borković, V. Krstulović, D. Novosel, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2009., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2010., dostupno na: https://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Energija%20u%20Hrvatskoj%202009.pdf [6.9.2018.]

[8] B. Vuk, S. Vukman, M. Karan, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, Ž. Hrs Borković, V. Krstulović, D. Novosel, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2010., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstvo, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2011., dostupno na: http://www.mzoip.hr/doc/energija_u_hrvatskoj_za_2010_godinu.pdf [13.9.2018.]

[9] B. Vuk, S. Vukman, M. Karan, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2011., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2012., dostupno na: https://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/ENERGIJA%20U%20HRVATSKOJ%202011.pdf [6.9.2018.]

[10] B. Vuk, M. Karan, I. Grgurev, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, I. Novko, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2012., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2013., dostupno na: https://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Energija2012_web%20(1).pdf [6.9.2018.]

[11] B. Vuk, J. Brajković, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, V. Kos Grabar, B. Židov, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2013., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2014., dostupno na: http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf [6.6.2018.]

[12] Energija u Hrvatskoj 2014., Godišnji energetski pregled, dostupno na: http://www.mzoip.hr/doc/energija_u_hrvatskoj_za_2014_godinu.pdf [10.7.2018.]

[13] B. Vuk, M. Karan, R. Fabek, D. Golja, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, V. Bukarica, Energija u Hrvatskoj 2015., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva Repulike Hrvatske, Zagreb, 2016., dostupno na: http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2016/12/Energija2015.pdf [8.9.2018.]

[14] B. Vuk, R. Fabek, D. Golja, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, M. Karan, P. Ramljak, Energija u Hrvatskoj 2016., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Repulike Hrvatske, Zagreb, 2017., dostupno na: http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2018/06/EUH2016.pdf [8.9.2018.]

[15] Dairies and Livestock Farms, Western Branch Diesel, Portsmouth, dostupno na: http://www.westernbranchdiesel.com/continuous-gas-power/dairies-livestock-farms/ [8.9.2018.]

[16] D. Rutz, Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja, WIP Renewable Energies, München, 2012, dostupno na: http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/downloads/2013/09/HR_BiogasHeat_final.pdf [8.9.2018.]

[17] P. A. Narbel, J. P. Hansen, J.R. Lien, Energy tehnologies and economics, Springer, 2014.

[18] B. Afework, G. Lyndon, J. Hanania, J. Donev, Levelized cost of energy, Energy Education, Calgary, 2018., dostupno na: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Levelized_cost_of_energy [8.9.2018.]

[19] IEA/NEA, Projected Costs of Generating Electricity, OECD, Paris, 2005., dostupno na: https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf [13.9.2018.]

[20] C. Kost, J. N. Mayer, J. Thomsen, N. Hartmann, C. Senkpiel, S. Philipps, S. Nold, S. Lude, N. Saad, T. Schlegl, Fraunhofer Institute For Solar Energy Systems Ise, Freiburg, 2013., dostupno na: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_technologies.pdf [8.9.2018.]

[21] Povlašteni proizvođač, HROTE, Zagreb, dostupno na: https://www.hrote.hr/povlasteni-proizvodjac [8.9.2018.]

[22] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, Narodne novine, 2013., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_11_133_2888.html [8.9.2018.]

[23] D. Šljivac, M. Vukobratović, M. Stojkov, B. Nakomčić, Z. Klaić, P. Marić, Tehničke i ekonomske karakteristike bioplinske elektrane i utjecaj na elektroenergetsku mrežu, Plin 2013., 1849-0638, 11-30 str., Osijek, 2013., dostupno na: https://www.sfsb.hr/uploads/docs/plin/Plin-2013-zbornik.pdf [8.9.2018.]

[24] Costs of a Biogas Plant, Energypedia, 2015., dostupno na: https://energypedia.info/wiki/Costs_of_a_Biogas_Plant#Overview [8.9.2018.]

[25] IEA/NEA, Projected Costs of Generating Electricity, OECD, Paris, 2010., dostupno na: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/projected_costs.pdf [8.9.2018.]

SAŽETAK

Rezerve konvencionalnih izvora energije se smanjuju stoga Republika Hrvatska potiče izgradnju OIE kako bi se postigla energetska neovisnost o drugim državama. Bioplin je jedan od obnovljivih izvora energije koji se proizvodi procesom anaerobne digestije. Za njegovu proizvodnju moguće je koristiti različite sirovine kao su organski otpad, stajski gnoj ili ostatci poslije žetve. Bioplin se najčešće koristi za proizvodnju električne energije, topline ili kao gorivo za vozila. Električna energija i toplina se proizvode u kogeneracijskim postrojenjima gdje se proizvedena električna energija predaje u mrežu po cijeni iz tarifnog sustava. Izgradnja takvog postrojenja povlači za sobom mnoge troškove, ali ako je trošak proizvodnje kW električne energije manji nego cijena po kojoj se prodaje električna energija onda se takvo postrojenje isplati izgraditi. Republika Hrvatska se trenutno suočava s gospodarskom krizom stoga bioplinskih postrojenja nema puno,no ukoliko bi se taj problem uspio riješiti tada bi se moglo očekivati i povećanje broja bioplinskih postrojenja.

Ključne riječi: obnovljivi izvor energije, bioplin, kogeneracijsko postrojenje, električna energija, tarifni sustav

ABSTRACT

Reserves of conventional energy sources are decreasing, so the Republic of Croatia encourages the construction of an OIE to achieve energy independence from other states. Biogas is one of the renewable energy sources produced by the anaerobic digestion process. For its production it is possible to use various raw materials such as organic waste, animal manure or residues after harvest. Biogas is most commonly used for producing electricity, heat or as fuel for vehicles. Electricity and heat are produced in cogeneration plants where the produced electricity is delivered to the grid at the price of the tariff system. The construction of such facilities entails a lot of costs, but if the cost of producing kW of electricity is lower than the price at which electricity is sold, then such a plant is worthwhile to build. The Republic of Croatia is currently facing economic crisis, so there is not much to do with biogas plants, but if this problem were resolved then biogas plants could be expected to increase.

Key words: renewable energy source, biogas, cogeneration plant, electricity, tariff system

ŽIVOTOPIS

Srđan Jankić rođen je u Somboru 7.11.1994. godine. Pohađao je Osnovnu školu Siniše Glavaševića u Borovu Naselju, zatim se u četvrtom razredu prebacio u Osnovnu školu Dragutina Tadijanovića u Vukovaru. U osnovnoj školi išao na natjecanje iz biologije i matematike. Nakon završetka osnovne škole, 2009. godine upisuje opću Gimnaziju u Vukovaru. 2013. godine, završetkom gimnazije i povodom rezultata državne mature, upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija. Preddiplomski sveučilišni studij završava 2016. godine te upisuje Diplomski studij smjer Energetika.