

# Energetska upotreba biomase

---

**Briševac, Mislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:791821>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FILOZOFSKI FAKULTET ODSJEK ZA POLITEHNIKU

ZAVRŠNI RAD

**ENERGETSKA UPOTREBA  
BIOMASE**

**Mislav Briševac**

Rijeka, 2017.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FILOZOFSKI FAKULTET ODSJEK ZA POLITEHNIKU

ZAVRŠNI RAD

# **ENERGETSKA UPOTREBA BIOMASE**

Mentor:

Prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl. ing.

Student:

Mislav Briševac

Rijeka, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se svojoj mentorici na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog rada.

Mislav Briševac

U Rijeci, 1. lipnja 2017. godine

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

**Pristupnik:** Mislav Briševac

**Naziv zadatka:** Energetska uporaba biomase

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

Pristupnik pri realizaciji zadatka treba dati pregled mogućnosti korištenja različitih izvora biomase (uključujući kanalizacijski mulj iz uređaja za obradu otpadnih voda), njihove prerade u energente za dobivanje električne i toplinske energije, iskazati prednosti i nedostatke pojedinih oblika, opisati prednosti korištenja biomase u odnosu na fosilna goriva i usporediti s drugim obnovljivim izvorima, analizirati stanje i potencijale korištenja biomase u RH, te dati prikaz procesa, ulaznih i izlaznih kapaciteta neke postojeće ili projektirane energane na biomasu.

U diplomskom se radu obavezno treba pridržavati **Uputa o izradi završnog rada.**

Zadatak uručen pristupniku: 1. lipnja 2017.

Rok predaje završnog rada: 3 mjeseca

Datum predaje završnog rada: 4. rujna 2017.

**Predsjednik povjerenstva:**

Doc. dr. sc. Tomislav Senčić, dipl. ing.



**Mentor:**

Doc. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl.ing.



## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
SAŽETAK.....	II
SUMMARY .....	II
1. UVOD .....	1
2. OSNOVNA OBILJEŽJA BIOMASE .....	3
2.1. Što je biomasa.....	3
2.2. Energetske karakteristike biomase .....	3
2.3. Izvori biomase .....	4
2.4. Dobivanje električne energije .....	12
3. USPOREDBA BIOMASE S OSTALIM ENERAGENTIMA .....	14
3.1. Prednosti biomase u odnosu na fosilna goriva .....	14
3.2. Usporedba biomase s drugim obnovljivim izvorima.....	15
3.3. Općeniti nedostaci biomase .....	16
3.4. Udio obnovljivih izvora u Hrvatskoj.....	19
4. STANJE I ENERGETSKI POTENCIJAL BIOMASE U RH .....	20
4.1. Istočna Hrvatska .....	21
4.2. Zapadna Hrvatska.....	22
4.3. Južna Hrvatska .....	22
4.4. Središnja Hrvatska.....	23
4.5. Pregled elektrana na biomasu u Hrvatskoj .....	25
5. ULAZNO IZLAZNI KAPACITETI KOGENERACIJSKOG POSTROJENJA NA BIOMASU .....	26
6. ZAKLJUČAK .....	30
7. POPIS PRILOGA.....	31
7.1. POPIS SLIKA .....	31
7.2. POPIS TABLICA.....	31
8. LITERATURA.....	32

## SAŽETAK

Biomasa se ubraja u nekonvencionalne, obnovljive izvore energije i predstavlja značajan potencijal kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj. Ona predstavlja biorazgradivi dio proizvoda, koji se može ponovno koristiti na način da nije suviše štetan za prirodu i okoliš. Prednost biomase u odnosu na sve ostale obnovljive izvore energije je ta što se može koristiti u svom prirodnom obliku (npr. ogrjevno drvo). Republika Hrvatska svojim raznolikim reljefom i bogatstvom prirodnih resursa obiluje biomasenim potencijalom kojega ovisno o lokalitetu i izvoru treba koristiti na održiv način. Optimalno korištenje biomase doprinosi i razvoju državnih regija i otvaranju novih radnih mjesta u domaćoj industriji, šumarstvu i poljoprivredi; što je od posebnog značaja za Republiku Hrvatsku.

Ključne riječi: Biomasa, obnovljivi izvori energije, CO<sub>2</sub> neutralnost, kogeneracijsko postrojenje

## SUMMARY

Biomass makes part of unconventional, renewable sources of energy and constitutes significant energy potential both globally and in the Republic of Croatia. It is a biodegradable part of a product that can be reused in a way that is less harmful for nature and the environment. The advantage of biomass compared to all other renewable energy sources is that it can be used in its natural form (eg firewood). The Republic of Croatia with its diverse relief and wealth of natural resources abounds with biomass potential which depending on the locality and particular source should be used in a sustainable manner. Optimum use of biomass also contributes to development of regions and creating new job opportunities in domestic industrial sectors, forestry and agriculture, that being of particular significance for the Republic of Croatia.

Key words: Biomass, renewable sources of energy, CO<sub>2</sub> neutrality, cogeneration plant

## 1. UVOD

Živeći u današnjem, suvremenom i modernom svijetu, moramo biti svjesni činjenice da razumno, racionalno i adekvatno korištenje energije predstavlja ključni faktor razvoja društva. Cilj suvremenog čovjeka je usmjeriti se na korištenje višestruko korisnih tehnologija koje bi omogućile maksimalno iskorištenje energije u svim energetske procesima. Nije važno ostvariti samo ekonomske uštede, nego isto tako i ekološke te pritom minimalizirati posljedice štetnog utjecaja na okoliš.

Zanimljivo je da je energija biomase u Europi 2012. godine činila 9.25 % ukupne završne potrošnje energije [1]. Za očekivati je da će ta brojka iz godine u godinu biti sve veća, jer zalihe fosilnih goriva nisu neiscrpne i sve više se „pribjegava“ ekološki osvještenim metodama. Taj trend prati i Hrvatsku što se očituje u razdoblju od 2010. do 2015. godine kada je povećan udio električne energije, ogrjevnog drva i biomase te ostalih obnovljivih izvora i tekućih goriva, dok su udjeli ostalih oblika energije smanjeni. [2]

Biomasa se većinom koristi da bi proizvodila toplinsku energiju, električnu energiju ili za sintetiziranje goriva. Njena ekološka vrijednost dolazi do izražaja kada se uspoređuje s klasičnim fosilnim gorivima, npr. ugljenom. Ona ga može potpuno zamjeniti u posebnim ili zajedničkim sustavima za izgaranje.

Zanimljiva je ideja da se biomasa može smatrati kao CO<sub>2</sub> neutralno gorivo. Drveće uzima ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) iz prirode za svoj rast i razvoj, no isto tako prilikom svog sagorijevanja ispušta navedeni plin. Ako se iskorištena područja dovoljno brzo pošumljavaju, novo drveće za svoj rast koristi upravo CO<sub>2</sub> koji je nastao sagorijevanjem biomase. Na taj način u teoriji kružni tok ugljika ostaje u balansu, nema dodatnog ugljika ispuštenog u atmosferu.

U prvom dijelu ovog rada pojasnit će se što je biomasa i njene energetske karakteristike, iznijeti će se pregled mogućnosti korištenja biomase iz različitih izvora, njihove prerade u energente za dobivanje električne i toplinske energije te prednosti i nedostatke pojedinih oblika.

U drugom dijelu rada ukazati će se na prednosti korištenja biomase u odnosu na fosilna goriva te će se usporediti s drugim obnovljivim izvorima. Iznijeti će se pregled stanja i potencijala



korištenja u Republici Hrvatskoj, te ulazno-izlazni kapaciteti jednog kogeneracijskog postrojenja u državi.

## **2. OSNOVNA OBILJEŽJA BIOMASE**

### **2.1. Što je biomasa**

Biomasa je, prema članku 3. Zakona o energiji (NN 68/2001), određena kao biorazgradivi dio proizvoda, odnosno ono što se može ponovno preraditi na način da nije suviše štetno za prirodu i okoliš. To bi zapravo bio materijal koji je nastao od živih organizama, ostataka i poljoprivrednih otpadaka, šumarstva i drvne industrije. Isto tako, u biomasu se ubrajaju i dijelovi komunalnog i industrijskog otpada koji se koriste u energetske svrhe.

Može se podijeliti na dva osnovna načina: prema porijeklu – šumska ili drvna biomasa, nedrvna biomasa i biomasa životinjskog porijekla te prema konačnom pojavnom obliku u koju spadaju kruta biomasa, bioplinovi i kapljevita biogoriva (biodizel i alkohol).

Gledajući na biomasu kao gorivo, klasificira se pod obnovljive izvore energije koji imaju široku primjenu i pridonose zaštiti okoliša.

Biomasa je dostupna u nekoliko oblika kao što su: šumski ostaci (drvena kora, grane, grančice, lišće i šume), poljoprivredni ostaci (ljuske zrna riže, slama, slamke žitarica), ostaci od sadnje (kokosov orah, kava i čaj), životinjski otpad (goveđi i kokošji izmet), industrijski otpad (strugotine drveta, piljevina, otpaci nastali u preradi šećerne trske) i kruti komunalni otpad [3].

### **2.2. Energetske karakteristike biomase**

Biomasa može nastati na raznovrsne načine. Za njeno iskorištavanje potrebne su radnje koje se moraju učiniti prije samog procesa iskorištavanja poput sušenja, skupljanja, usitnjavanja, skladištenja i drugih.

Najvažnija značajka svakog goriva je ogrjevna vrijednost. To je toplina koja se oslobađa pri izgaranju goriva s kisikom pri standardnim uvjetima (20 °C i 101 325 Pa – prema NIST-u<sup>1</sup>.) Određuje se mjerenjem u kalorimetru, pri čemu zrak i gorivo moraju doći u prostor za izgaranje s istom temperaturom, a nastali produkti izgaranja moraju biti ohlađeni na istu temperaturu [4].

Razlikujemo gornju i donju ogrjevnu vrijednost. Gornja ogrjevna vrijednost (Hg) je toplina oslobođena pri izgaranju goriva, nakon čega se dodatno iskorištava toplina kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova, odnosno to je najveća moguća energija koja se može dobiti izgaranjem nekog goriva. Mjerenja se obično vrše na temperaturi 25 °C. Donja ogrjevna vrijednost (Hd) je toplina koja je oslobođena procesom izgaranja goriva, bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzacije vodene pare [5].

Ako govorimo o šumskoj biomasi, tj. drvu postoje još dvije vrlo važne energetske značajke. Mokrina (W), kao omjer udjela mase vode i ukupne mase mokrog drva, te udio vlage u drvu (U) kao omjer udjela mase vlage i mase suhog drva.

Biomasa se može iskoristiti neposrednim sagorijevanjem ili konverzijom. Neposrednim sagorijevanjem ugljik, vodik i gorive tvari koji se nalaze u biomasi uz oksidaciju oslobađaju energiju, što znači da iz kemijske energije oksidacijom dobijamo toplinsku energiju. Bitno je da energetska vrijednost biomase koja se oslobađa sagorijevanjem bude veća od energije potrebne za sušenje i ostalu pripremu biomase. Realna energetska vrijednost biomase je 15 MJ/kg uz udio vlage od 10 %. Specifičnost biomase je veliki sadržaj eteričnih ulja (60-70 %), te nizak sadržaj pepela (1-7 %). Za njeno sagorijevanje potrebni su specijalni kotlovi, a pepeo koji nastaje može se iskoristiti kao gnojivo zbog sadržaja kalija [6].

### **2.3. Izvori biomase**

Puno je mogućih izvora iz kojih se energija biomase može dobiti, no oni se svrstavaju u pet glavnih skupina: iz drvene mase, smeća, raznih otpada i otpadnih plinova te alkoholnih goriva. Zasiurno najrašireniji i najčešće korišteni oblik je dobivanje iz drvnih masa koje su nastale kao sporedni proizvod, ili drvnog otpada koji se više ne može koristiti. To i nije čudno jer je

---

<sup>1</sup> NIST (eng.) National Institute of Standards and Technology – Nacionalni institut za standarde i tehnologiju  
SAD

čovjek još u prapovijesno doba u pećinama i prvim nastambama koristio drvo za ogrjev i pripremu hrane, te je ono bilo primaran izvor energije do razvitka i upotrebe fosilnih goriva, kada se stanje znatno promijenilo. U prilog činjenici govori i podatak kako je u svijetu nešto manje od 4 milijarde hektara pokriveno šumama (30 % suhozemnih površina Zemlje), te je stoga šumska biomasa jedan od najvećih obnovljivih izvora energije.

### **2.3.1. Šumska biomasa**

Postoje četiri različita oblika u kojima se šumska biomasa manifestira a to su: cjepanice, sječka, briketi i peleti. Samo su cjepanice proizvod koji ne zahtjeva daljnu obradu, dok ostala 3 oblika nastaju od drvnog ostatka i zahtijevaju obradu. Cjepanice dobijemo tako da režemo i cijepamo drvenu sirovinu, i u slučaju vlage stavimo na sušenje. Najčešće se koriste u pećima, kaminima, kotlovima za centralno grijanje obiteljskih kuća i manjih zgrada.

Duljina cjepanica iznosi do 1 m, a ložišta su najčešće prilagođena za duljine 25,33 i 50 cm. Za primjenu cjepanica u ložištima važno je da budu od zdravog i suhog drva. Udio vlage u cjepanicama smije iznositi najviše do 20 %, što se ostvaruje sušenjem na vanjskom zraku u trajanju od dvije godine. Ako su svi ti uvjeti zadovoljeni, ostvaruje se izgaranje s udjelom pepela manjim od 0,5 %. Najveće prednosti izvora topline koji koriste cjepanice su razmjerno niski troškovi goriva i razmjerno velik stupanj djelovanja, oko 90 %. Energija koja se dobije izgaranjem 3 kg cjepanica ekvivalentna je onoj iz jedne litre loživog ulja [5].

Briketi i peleti se mogu dobiti na način da se prešaju usitnjeni komadi od piljevine, bruševine, blanjevine i kore u geometrijski pravilne oblike. Pri tome su briketi valjkastog oblika i kružnog poprečnog presjeka, što se vidi na slici 1. Briketiranje se obavlja pomoću strojeva hidrauličnog ili mehaničkog pogona, pri čemu se materijal tlači u cilindar kružnog promjera. Briketi moraju biti proizvedeni samo iz čistog drva i kore, a ne smiju biti prisutna ljepila, umjetni materijali, lakovi i druga zaštitna sredstva. Važno je za naglasiti da imaju mnogo veći energetske potencijal i mnogo bolje izgaraju nego cjepanice, poput kojih se, najčešće koriste u ložištima s ručnim punjenjem, pećima, kaminima i kotlovima.

Udio pepela pri njihovom izgaranju uglavnom ne prelazi 0,5 %. Ogrjevna vrijednost briketa u prosjeku iznosi 18,5 MJ/kg, što je gotovo jednako kao za brikete smeđeg ugljena. Uz to,

energija koja se dobije izgaranjem 2 kg briketa ekvivalentna je onoj iz jedne litre loživog ulja [5].



Slika 1. Briketi [7]

Peleti su također valjkastog oblika ili poput tableta, te su manjih dimenzija i promjera od briketa što vidimo na slici 2. Peleti manjih dimenzija se obično koriste za sustave grijanja kućanstava i manjih objekata, dok se za one s nešto višim dimenzijama griju veći objekti i energetska postrojenja. Za njihovu proizvodnju preša se piljevina i strugotina od hrasta, graba, bukve, jasena ili drugih koji imaju veliku ogrjevnu vrijednost. Pri tome se od oko 7 m<sup>3</sup> sirovine dobije otprilike 1 m<sup>3</sup> peleta.



Slika 2. Peleti [8]

Udio vlage u peletima iznosi najviše 8 %, zbog čega sirovinu prije proizvodnje treba osušiti. Pri proizvodnji peleta se drvnj sirovini nerijetko dodaju prirodna vezivna sredstva kao što je kukuruzni škrob koji olakšava proces prešanja i vezivanje drvnih čestica, ali i poboljšava energetske i uporabne značajke gotovog proizvoda. Osnovna prednost primjene peleta su, osim velike ogrjevne vrijednosti, njihov oblik i dimenzije zahvaljujući čemu se razmjerno jednostavno prevoze i skladište te posve automatizirano dovode do ložišta. Ogrjevna vrijednost peleta iznosi 4,9–5,4 kW h/kg, dok je energija koja se dobije izgaranjem 2 kg peleta ekvivalentna onoj iz jedne litre loživog ulja [5].

Sječka su komadići drvne biomase raznih dimenzija i oblika koji nastaju sječenjem i usitnjavanjem drvne sirovine. Najčešće se koristi u ložištima s toplinskim učinkom većim od 50 kW, što znači i u kotlovima za centralno grijanje obiteljskih kuća, stambenih, javnih i poslovnih zgrada, hotela, domova i ugostiteljskih objekata, ali i u industrijskim energanama i termoenergetskim postrojenjima. Za primjenu sječke u ložištima važno je da ima što manji udio vlage i da komadići imaju što ravnornjarnije dimenzije. No, treba napomenuti da kupovna sječka uglavnom ima udio vlage oko 40 %, te je potrebno njezino sušenje u trajanju više tjedana kako bi se taj postotak prepолоvio [5].

Nedostatci ovog tipa biomase su sljedeći: ogrjevno drvno se da transportirati na male udaljenosti, jer transport na preveliku udaljenost bi utrošio više energije što bi povuklo pitanje isplativosti zahvata. To je bitno ograničavajuće svojstvo biomase. Javljaju se i utrošci energije za sječju drvnu mase, za naknadno pošumljavanje i uzgoj šume. Pridodajući im troškove transporta te sušenje i pripremu drveta za korištenje, projekt može postati energetski neracionalan.

Dodajmo da stupanj vlage u drvetu snižava ogrjevnu moć goriva, jer se dio energije utroši za isparavanje vode iz goriva. Zbog toga moramo biomasu dobro osušiti te čuvati u natkrivenom prostoru.

### 2.3.2. *Otpad*

Zanimljivo je da je energija biomase i otpada zamijenila vodenu energiju na prvom mjestu obnovljivih izvora energije u Europskoj uniji. Ako prema Eurostatu<sup>2</sup>, 9.9.2012, usporedimo podatke korištenja iz 2000. godine s onima iz 2010., količina korištenja biomase i otpada se gotovo udvostručila (povećanje s 59 232 ktoe na 112 725 ktoe<sup>3</sup>) [9].

U kategoriju otpadi spadaju i biorazgradive frakcije proizvoda, šuma i bioloških ostataka poljoprivredne proizvodnje, šumarstva i povezane industrije, uključujući ribarstvo i akvakulturu, kao i biorazgradive frakcije industrijskog i komunalnog otpada te bioplina [9].

Energija se iz smeća, tj. komunalnog otpada najčešće dobiva u spalionicama, gdje se organski materijal pretvara u toplinsku energiju. Spaljivanje smeća rezultira proizvodnjom topline koja putem vodene pare okreće turbine koje su spojene na generator te na taj način u postrojenju dobivamo željenu energiju. Moguća je i prerada u električnu energiju, od dobivanja zapaljivog gorivog proizvoda kao što su npr. metan, metanol ili etanol. Za naglasiti je da se većina energije iz biomase pretvara u toplinsku energiju, a manje u električnu. Postoje još i kogeneracijska postrojenja, gdje se istovremeno proizvode i toplinska i električna energije. U takvim postrojenjima koristimo otpadnu toplinu nastalu proizvodnjom električne energije u termoenergetskim postrojenjima te ju najčešće rabimo za grijanje građevina ili cijelih naselja, što ovisi o samoj veličini cijelog projekta. Obično bi se ta toplina pri klasičnoj proizvodnji električne energije odbacivala u okoliš, dok je u navedenim postrojenjima vrlo korisna.

Velike količine pepela nastale spaljivanjem otpada mogu predstavljati i određene nedostatke. Pepeo sadrži toksine i teške metale te se onaj dio koji se ne iskorištava u daljnoj preradi odlaže na sigurna odlagališta. Posebno nepovoljan utjecaj na zdravlje čovjeka imaju dioksini i furani, nastali spaljivanjem čvrstog otpada koji sadrži klor i aromatične spojeve. Isto tako, spaljivanjem se u atmosferu otpuštaju onečišćujuće tvari kao što su: CO<sub>2</sub>, čestice prašine i teški metali. Ovaj se nedostatak eventualno može ublažiti ugradnjom filtera za pročišćavanje dimnih plinova [10].

Približno trećinu kućnog otpada čini biološko organski otpad, kao što su trava, lišće, cvijeće, ostaci povrća i voća i slično, a svrstavaju se u kategoriju biootpada. Mogući način prerade izdvojenih ostataka je kompostiranje. To je prirodan proces razgradnje biomase uz pomoć

<sup>2</sup> Eurostat – statistički ured Europskih zajednica

<sup>3</sup> toe – tona ekvivalentne nafte, zajednička jedinica za lakše mjerenje energije

živih organizama. Smatra se najstarijim i najprirodnijim načinom recikliranja otpada. Produkti kompostiranja su ugljikov dioksid, voda, toplina i kompost. Neke od prednosti kompostiranja su: poboljšavanje kvalitete tla, zadržavanje vode i popunjavanje udubina u tlu, sprječavanje erozije tla te hranjenje biljaka na efikasan način i smanjenje potrebe za umjetnim gnojivima. Procesom kompostiranja nastaje zrnati, tamnosmeđi kompost koji služi kao organsko gnojivo [10]. Zanimljivo je da grad Osijek odvojeno prikuplja biootpad, prerađuje ga i dobiva privoklasno gnojivo.

### **2.3.3. *Otpadne vode i kanalizacijski mulj***

Zbog zaštite okoliša i temeljnih čimbenika razvoja određenih područja, gospodarenje i upravljanje vodama je vrlo važna djelatnost. Otpadne vode mogu načiniti ozbiljnu štetu nekom području, stoga je važno njihovo adekvatno zbrinjavanje. U Republici Hrvatskoj je manje od polovice građana priključeno na javnu kanalizacijsku mrežu, a veliki problem predstavlja činjenica što je samo jedna četvrtina građana priključena na uređaje s odgovarajućim stupnjem pročišćavanja [11]. Direktiva 91/271/EEZ o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda određuje obvezu odgovarajućega pročišćavanja komunalnih otpadnih voda za sve aglomeracije veće od 2000 ES<sup>4</sup> u kratkim rokovima. Za veća mjesta vrijede stroža pravila tj. veći postotci suspendiranih tvari koje se moraju izdvojiti [12].

U centraliziranim sustavima odvodnje se otpadne vode sakupljaju određenim sustavom a onda je iz njih potrebno izdvojiti otpadne tvari i u okoliš ispustiti pročišćenu vodu. U tom procesu pročišćavanja dobiva se dodatna vrsta otpada koji se naziva kanalizacijski mulj. Po metru kubičnom otpadne vode, obično se izdvoji 0,5 kg takvog mulja.

Adekvatno zbrinjavanje otpadnih voda (prvenstveno sanitarnih i industrijskih) podrazumijeva sakupljanje, transport i pročišćavanje otpadnih voda, ali istovremeno i pravilno zbrinjavanje otpadnih tvari koje nastaju pročišćavanjem. Prema zakonskoj regulativi u Hrvatskoj mulj sa uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) tretira se kao opasni otpad koji je na odgovarajući način potrebno dodatno obraditi i odložiti u okoliš. Treba istaknuti da se u

---

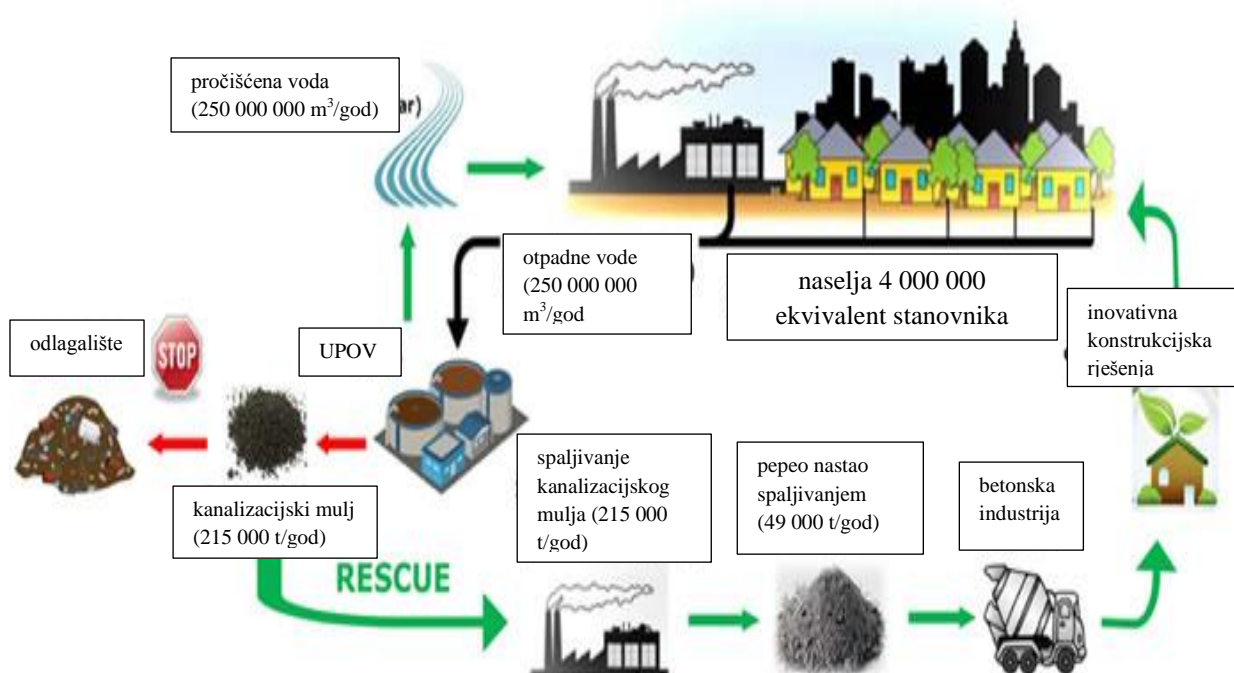
<sup>4</sup> Ekvivalent stanovnika - predstavlja biorazgradivo organsko opterećenje koje ima petodnevnu biokemijsku potrošnju kisika (BPK5) od 60 g kisika dnevno



slučaju izgradnje UPOV-a, kod kojeg nije riješeno konačno odlaganje mulja, smatra da njegova izgradnja nije završena te da nisu poduzete sve potrebne mjere zaštite okoliša [11].

Nakon što se mulj sakupi, potrebno je odabrati odgovarajući način daljne obrade. Uzimajući u obzir troškove i zaštitu okoliša, pojedine studije donose zaključak kako je termička obrada optimalno rješenje na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda većih kapaciteta. Takvom obradom mulj se spali te se dobiva produkt (pepeo) koji ima znatno manju masu, čak i do 85%. Osim mase smanjuje se i volumen, te ukupan volumen otpadnih tvari. Uništavaju se neugodni mirisi i neke toksične komponente.

Dobiveni pepeo mogao bi se koristiti u proizvodnji energije, no zbog svog kemijskog sastava i karakteristika najčešće se koristi u građevini, kao npr. za proizvodnju cementa, betona, keramika ili dr. Na slici 3. je shema osmišljenog ciklusa otpadne vode i mulja.



Slika 3. Mogući ciklus otpadne vode i kanalizacijskog mulja [11]

S obzirom da se Hrvatska ulaskom u Europsku Uniju obvezala na priključivanje 4 milijuna građana na kanalizacijsku mrežu, izračunato je godišno prikupljanje od 215 000 tona mulja. Ta brojka će zahtijevati veliko i odgovorno upravljanje muljom što trenutno nije slučaj.

Činjenica je nažalost da se sa sigurnošću ne zna gdje završava značajni dio mulja. Dio se odlaže na odlagalištima krutog otpada, a manji dio se koristi u poljoprivredi.

#### **2.3.4. Izvori biogoriva i bioplina**

Biomasa može biti relativno jednostavno konvertirana u upotrebljive izvore energije poput metana ili goriva za transport poput etanola i biodizela. Postoje razne tehnologije iskorištavanja energije iz biomase: direktno za grijanje, pretvorba topline u električnu energiju, pretvorba u neki drugi oblik goriva poput tekućih biogoriva ili zapaljivog bioplina [9]. Za te postupke koriste se termičke i kemijske pretvorbe, kao što su izgaranje, piroliza, rasplinjavanje i ukapljivanje (proces pretvaranja plina u tekućinu). Da bi smo dobili gorivo iz biomase, potrebno je taj izvor pretvoriti u tekućinu, najčešće metanol ili etanol. Kao izvor najviše se koriste se uljana repica, kukuruz, suncokret, ječam, žito i drvo. Uljana repica prevladava u proizvodnji biodizela, a on je alternativa običnom dizelskom gorivu koji se dobije iz fosilnih goriva. Na slici 4 vidimo kako izgleda sintetizirani biodizel.



Slika 4. Biodizel [13]

Bioetanol predstavlja alternativu benzinu, a najveći izvor iz kojeg se dobiva je šećerna trska te ostale biljke bogate škrobom i šećerom.

U slučaju da želimo dobiti bioplin, potrebna je tu biomasu raspliniti. Anaerobnom digestijom kao plinoviti produkt stvara se metan koji se koristi kao pogonsko gorivo, a može se i

pročistiti u svrhu dobivanja čistog plina. Izvori iz kojih se bioplin dobiva su životinjski izmet i kanalizacijski otpad.

U tablici 1. prikazane su neke karakteristike bioplina te karakteristike njegovih komponenata posebno.

Parametar	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	bioplin
energetska vrijednost MJ/m <sup>3</sup>	35,8	-	10.8	22.8	21.5
granice zapaljivosti, vol.% u zraku	5-15	-	4-80	4-45	6-12
temperatura paljenja, °C	650-750	-	585	-	650-750
kritična temperatura, °C	-82.5	31.0	-	100.0	-82.5
gustoća u norm. uvjetima, kg/m <sup>3</sup>	0.72	1.98	0.09	1.54	1.2
gustoća u odnosu prema zraku, kg/m <sup>3</sup>	0.55	2.5	0.07	1.2	0.83
kritični tlak, bar	47	75	13	89	75-89

Tablica 1. Karakteristike bioplina i njegovih komponenata [14]

Kalorična vrijednost bioplina kao energenta ovisi o udjelu metana, kojeg najčešće ima oko 70%. Tablica 2. prikazuje energetska vrijednost za određeni postotak metana u bioplinu.

Postotak metana u bioplinu (%)	56	62	66	70	72	78	84
Energetska vrijednost (MJ/m <sup>3</sup> )	20	22,1	24	25	26	28	30

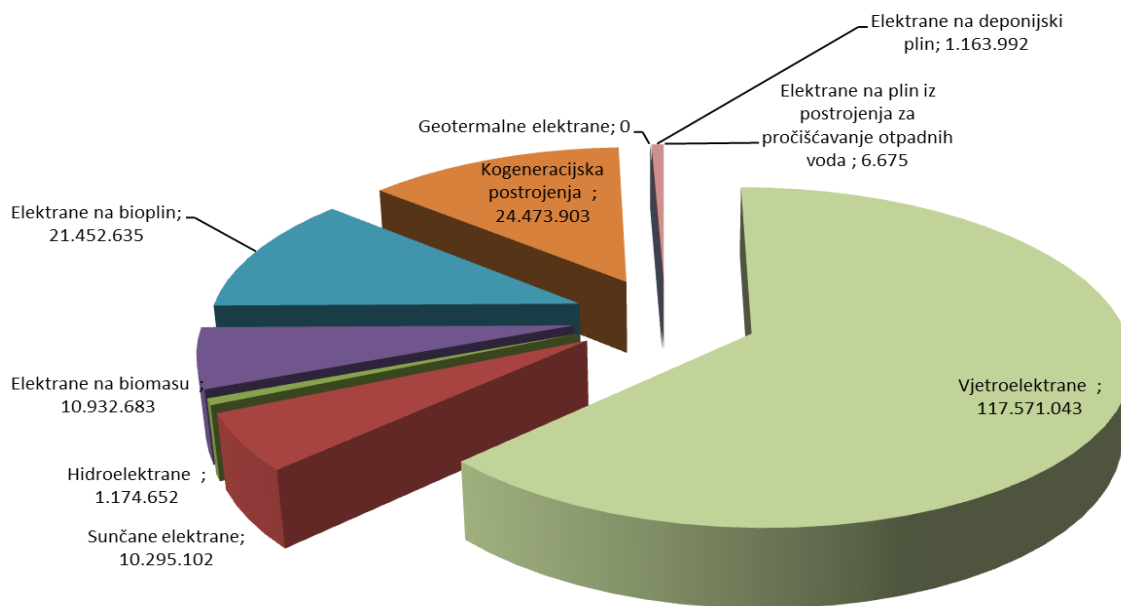
Tablica 2. Odnos koncentracije metana i energetske vrijednosti bioplina [14]

## 2.4. Dobivanje električne energije

Najveći dio električne energije iz biomase se dobiva korištenjem parnog ciklusa. U postrojenjima s plinskom turbinom, toplinskom energijom dimnih plinova proizvodi se para u kotlu na ispušne plinove, a ekspanzijom te pare u parnoj turbini dobijemo električnu energiju. Opisani način odvija se u kogeneracijskom postrojenjima. Prvo takvo postrojenje u Hrvatskoj napravljeno je u Strizivojnoj 1996. godine.

Od obnovljivih izvora energije, energija vjetroelektrana čvrsto zauzima prvo mjesto u proizvodnji električne energije. Slijede: kogeneracijska postrojenja, elektrane na bioplin, elektrane na biomasu, sunčane elektrane i na začelju hidroelektrane. Slika 5. sadrži grafički prikaz i broj proizvedenih kilovatsati u 2017. godini iz obnovljivih izvora.

### Povlašteni proizvođači proizvodnja (kWh); srpanj 2017.



Slika 5. Proizvodnja električne energije 2017. godine u Hrvatskoj putem obnovljivih izvora energije [15]

Sve je veći trend dobivanja električne energije iz obnovljivih izvora energije. U 2016. godini je tako na hrvatski elektroenergetski sustav priključeno ukupno 150,46 MW novih postrojenja. Najviše je priključeno elektrana na bioplin, njih osam. Šest je novih sunčanih elektrana, tri su nove hidroelektrane, te dvije elektrane na biomasu i po jedna vjetroelektrana i jedno kogeneracijsko postrojenje [15].

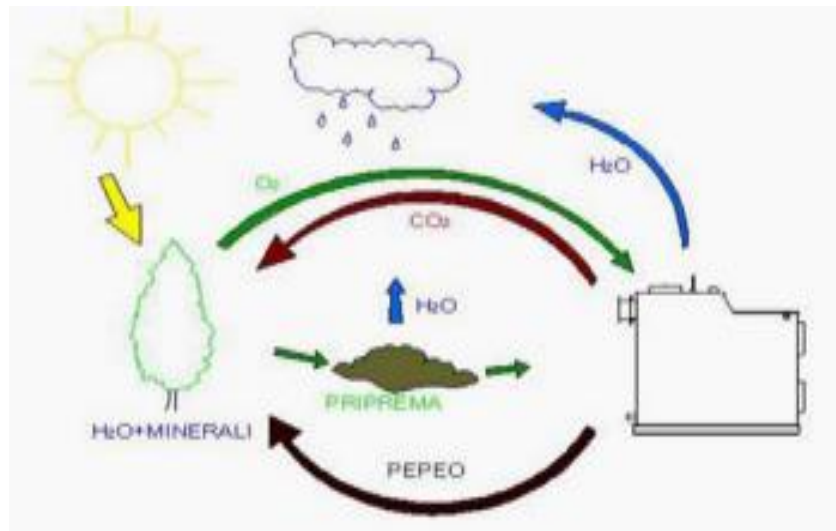
### 3. USPOREDBA BIOMASE S OSTALIM ENERAGENTIMA

#### 3.1. Prednosti biomase u odnosu na fosilna goriva

Nalazimo se u vremenu u kojem biomasa služi kao zamjena za fosilna goriva, a svojim procesima pretvorbe različitih izvora u energiju služi svrsi i to na veoma prihvatljiv način. Njen razvoj je započeo u doba svjetske energetske krize koja je izbila 1973. godine. Iako je bila korištena od davnina, zbog upotrebe fosilnih goriva njen razvoj je stagnirao. Društvo je shvatilo da ti oblici goriva nisu neiscrpni, te da se moraju razvijati nove tehnologije i da se mora djelovati u skladu s prirodom. Biomasa ima jedinstvenu i vrlo raznovrsnu ulogu u svjetskom energetskom poretku. Ključna je kada se govori o svjetskoj energetskoj sigurnosti, pristupačnosti i održivosti.

Fosilna goriva su iscrpiva, te se nazivaju konvencionalnim izvorima energije. Pod njih spadaju nafta, prirodni plin, ugljen i treset. S obzirom da pojedini energenti imaju svoj „rok trajanja“, tj. približan broj godina koliko će zalihe potrajati, ne čudi porast broja ukupne energije koja se dobije korištenjem obnovljivih izvora. Pretpostavlja se da će svjetske rezerve sirove nafte trajati još samo 34 godine, a prirodnog plina 47 godina [9]. Stoga je jasno da se društvo sve više orijentira na maksimalno iskorištavanje energenata koji se mogu reciklirati i višestruko koristiti.

Jedna od najvažnijih prednosti biomase u odnosu na fosilna goriva je očuvanje prirode i okoliša. Izgaranje biomase izaziva emisiju plinova koji su manje štetni nego konvencionalna goriva, jer u sebi praktički ne sadrži sumpor. Izgaranjem fosilnih goriva u atmosferu se ispuštaju štetne tvari i plinovi, a pri tome najviše CO<sub>2</sub> koji uzrokuje efekt staklenika i globalno zatopljenje. Biomasa se pod određenim uvjetima, koji su navedeni u poglavlju 3.3., smatra CO<sub>2</sub> neutralnom, odnosno ugljikov dioksid koji nastaje njezinim izgaranjem se koristi za rast i razvoj novih biljaka. Količina nastalog CO<sub>2</sub> pri izgaranju biomase otpušta se u atmosferu te je približno jednaka količini CO<sub>2</sub> koju biljka prilikom svog rasta uzme iz atmosfere. Tako nastaje prirodni kružni ciklus kojim se sve tvari iznova koriste kao što je prikazano na slici 6. Pepeo koji nastaje sagorijevanjem drveta koristi se kao gnojivo.



Slika 6. Kružni ciklus sagorijevanja biomase [17]

Procjenjuje se da izgaranje fosilnih goriva proizvodi oko 2.13 bilijuna tona  $\text{CO}_2$  godišnje, a još se otpuštaju teški metali, dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ) i sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ) koji tvore sumporne i dušične kiseline te se manifestiraju na Zemlji u obliku kiselih kiša. Prisutne su čak i radioaktivne tvari uranij i torij. [18]

Osim navedenih prednosti, biomasa ima i značajan potencijal za poboljšanje i unapređivanje kvalitete života. Otvara radna mjesta u ruralnim područjima za koje je karakteristična te ih revitalizira, daje im mogućnosti za novi i bolji život. Smanjuje račune i režije kućanstava. Valorizira tj. daje vrijednost nusproduktima i materijalima niske vrijednosti. Tako što poboljšava uvjete u okruženju te svojim ekološkim djelovanjem utječe na zdravlje čovjeka, što mu znatno povećava standard života. Omogućava energetske sigurnost i stalnu obnovljivost izvora, dok su cijene proizvedenih goriva niske.

### 3.2. Usporedba biomase s drugim obnovljivim izvorima

Pod ostale obnovljive izvore energije spadaju:

- energija vjetra
- energija vode ili hidroenergija
- energija morskih valova i morskih struja
- solarna ili sunčeva energija
- geotermalna energija

Već je navedeno da se biomasa smatra obnovljivim izvorom energije, no mora se paziti na omjer godišnjeg iskorištenja i prirasta iste.

Daleko najveći potencijal od svih navedenih oblika ima solarna energija, zatim ju slijedi biomasa, a tek onda dolaze ostali oblici. Solarna energija je sa našeg stajališta neiscrpan izvor energije, jer će trajati tisućama godina. Ona nam dolazi besplatna (ne računajući uređaje i kolektore koji su potrebni za iskorištavanje), stoga je jasno zašto ima najviši potencijal.

Površinska gustoća je znatno manja za biomasu, bioplin i otpad od ionako male gustoće Sunčeva zračenja. Na jedan četvorni metar na geografskoj širini Hrvatske dostruji godišnje 1 200-1 600 kilovatsati Sunčeva zračenja, a ako se uzgoji pšenica na tom četvornom metru, slama će imati energetska sadržaj od samo 2 kilovat sata [9]!

Osim površinske gustoće, u obzir se još uzimaju i volumna te masena gustoća. Volumna nije naročito velika za biomase nekih oblika. Za drvo je to solidna veličina od  $21 \text{ MJ/dm}^3$ , no za slamu je znatno manja. Masena gustoća drveta je  $15 \text{ MJ/kg}$ , dok je za slamu veća:  $17 \text{ MJ/kg}$ . Za kućni otpad koji se može reciklirati iznosi oko  $10 \text{ MJ/kg}$  [9].

Prednost biomase u odnosu na sve ostale OIE osim geotermalnih izvora je ta što se može koristiti u svom prirodnom obliku (npr. ogrjevno drvo). Kod ostalih oblika to dakako nije moguće. Moguće je i izvorno skladištenje, što je najvažnija prednost. Najveći nedostatak je u tome što se biomasa mora transportirati, primjerice za drvenu masu od mjesta sječe do mjesta korištenja. Pridodajući tu i troškove za naknadno pošumljavanje i uzgoj šume, vrijeme za sušenje i pripremu drveta cijeli proces može postati ekonomski nepovoljan.

Autor M. Kalea u tablici 3. iznosi pregled svojstava biomase u odnosu na opća svojstva obnovljivih izvora energije.

### 3.3. Općeniti nedostaci biomase

Svaka tehnologija ima svoje prednosti i nedostatke, a tako je i sa biomasom. Volumna gustoća energije kod nekih oblika biomase nije izražena. Uzima se za primjer usporedba ogrjevnog drva i slame. Ogrjevno drvo ima relativno dobru volumnu gustoću, dok je ona kod slame niža. Periodičnost nastanka biomase može biti otežavajuća okolnost. Oscilacije dotoka ogrjevnog drva mogu se kompenzirati s njegovim uskladištenjem, dok ostala biomasa sazrijeva praktički trenutno i onda se to, u pravilu, ponavlja za godinu dana. Ranije je navedeno da se prilikom

dobivanja izvornog oblika javljaju utrošci energije. Ako je mjesto gdje se nalazi izvor daleko od mjesta obrade, troši se puno energije na transport. Pridodajući ga ostalim troškovima rad može postati ekonomski neracionalan.

<b>Svojstvo</b>	<b>Obnovljivi izvori, u odnosu na iscrpive izvore energije</b>	<b>Biomasa, u odnosu na obnovljive izvore energije</b>
Obnovljivost	Obnovljivi	Obnovljiva, pri održivu korištenju
Potencijal	Vrlo velik (Sunčevo zračenje!)	Manji, ali respektabilan
Površinska distribucija	Djelomično „pravednija“	Manje „pravedna“
Površinska gustoća	Većinom mala	Podjednaka ostalim; ali npr. Kod slame znatno manja nego kod sunčeva zračenja
Volumna gustoća energije	(nije smisljena za većinu obnovljivih izvora)	Manja nego kod iscrpivih izvora; ali veća kod ogrjevnog drva, a manja kod slame
Masena gustoća energije	(nije smisljena za većinu obnovljivih izvora)	Sumjerljiva siromašnijim iscrpivim izvorima (10-15 MJ/kg)
Korištenje u prirodnom obliku	Nemoguće, osim geotermalne energije	Moguće, primjerice ogrjevno drvo
Mogućnost izvornog transporta	Nemoguće, osim biomase	Moguće, ali na energetske razboritu udaljenost
Mogućnost izvornog uskladištenja	Nemoguće, osim biomase i akumulacijskih HE	Moguće, te je ostvarivo korištenje u skladu s potražnjom
Oscilacija prirodnog dotoka	Većinom velika	Velika, najčešće raspoloživa jedan mjesec godišnje, osim kod ogrj. Drva
Troškovi pridobivanja	Većinom ih nema	Postoje – veći kod ogrjevnog drva, a mali kod stajskog gnoja
Opterećenje okoliša pri pridobivanju	Većinom znatno, ponajprije prostorno	Nije naglašeno, ali postoji: osiromašivanje tla i erozija
Opterećenje okoliša pri transformaciji u finalni oblik	Većinom malo ili nikakvo, osim naglašenije kod velikih HE	Veće nego kod većine drugih obnovljivih izvora
Stupanj djelovanja pri transformaciji	Ponekad malen	Slabiji nego kod većine drugih obnovljivih izvora
Nužnost rezerve ili akumulacije	Većinom da, osim kod akumulacijskih HE	Ne treba
Mogućnost kogeneracije	Većinom ne, osim kod geotermalne energije vrlo vrućih izvora	moguća
Mogućnost raspršene primjene	Da, radi li se o malim snagama	Da, radi li se o malim snagama
Sintetički zaključak	Najvažnija prednost: potencijal – najvažnija mana: neusklađivost u prirodnom obliku	Najvažnija prednost: uskladištive su – najvažnije ograničenje: transportna udaljenost

Tablica 3. Svojstva biomase u odnosu na opća svojstva OIE [9]



Truljenje slame i stajskog gnoja na oranicama je s ratarskog gledišta povoljno, jer tlo obogaćuje dušikom i popravlja teksturu tla, ali s gledišta zaštite od stakleničkih plinova je nepovoljno. Naime, tijekom tog procesa se razvija metan koji odlazi u atmosferu, a metan je 25 puta staklenički štetniji plin od ugljikovog dioksida [9].

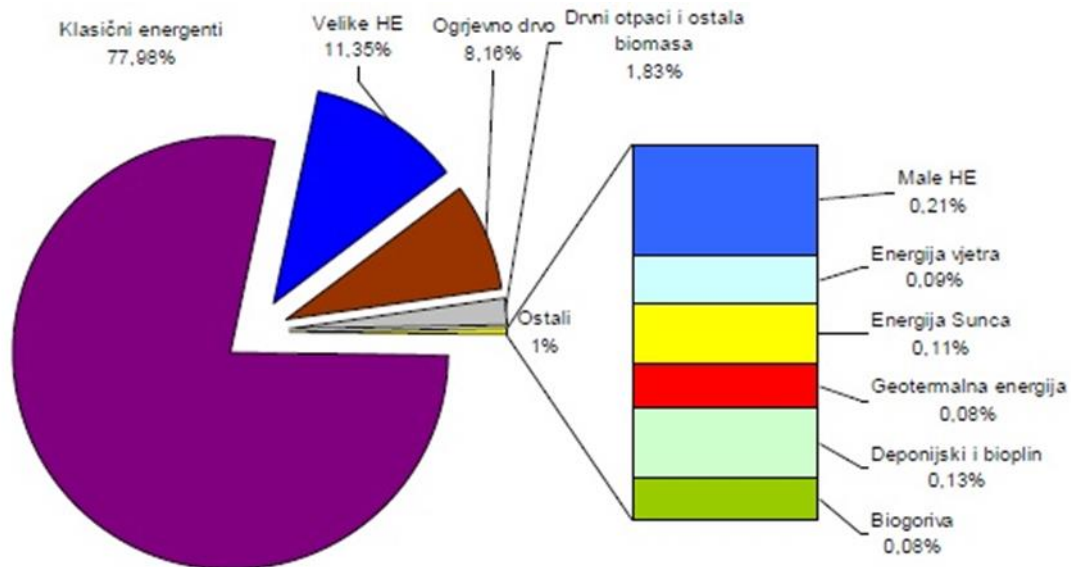
CO<sub>2</sub> neutralnost vrijedi u slučaju da je godišnje iskorištavanje mase manje od godišnjeg prirasta nove mase. Međutim, ne slažu se svi stručnjaci niti s ovom tezom. Naime, rezanje i čišćenje šuma bilo za ogrjev drvom ili za sadnju energetskih usjeva oslobađa emisiju ugljika u atmosferu i putem strojeva za sječu, prijevoz i skladištenje biomase što bi izostalo u slučaju da su šume ostale netaknute. Obnavljanje područja a time i zadržavanje ugljika može potrajati godinama, čak i desetljećima, a poseban problem predstavlja i erozija tla na iskrčenom području.

Dim koji drvo oslobađa svojim gorenjem zapravo je mješavina mnogih drugih plinova, nekih bezopasnih i mnogo štetnih, posebno ako uđu u dišni sustav čovjeka. Koncentracije pojedinih plinova ovise o tipu i stanju drva. Suho drvo uobičajeno proizvodi najviše topline i najmanje štetnog dima. Što više dima proizvodi drvo dok gori, to manje topline stvara. To nas dovodi do zaključka kako je poželjno drvo koje pri spaljivanju ispušta najmanje količine dima. Vidljivi dim u zraku nije plin, već zapravo skupina „čestičnih tvari“ tj. materijala koji nisu sasvim izgorjeli a dovoljno su lagani da plutaju u zraku [19].

Ugljikov dioksid je najčešći plin proizveden spaljivanjem drva. Kao organski materijal, drvo je u većinskoj mjeri ugljik i kada se izloži toplini u procesu gorenja mijenja se u ugljikov dioksid, isti plin koji se proizvodi kad se bilo koji tip biomase spali. Ugljikov monoksid (CO) se također oslobađa pri gorenju no u znatno manjim količinama. Nastaje češće u slučajevima kada vatra u procesu gorenja nema puno pristupa kisiku. Treba dodati da se gorenjem drva proizvode i oksidi dušika (NO<sub>x</sub>) i hlapljivi organski spojevi. Dušikovi oksidi su kiselinski spojevi koji se u atmosferi lako spajaju s vodom, stvarajući pri tome zloglasne kisele kiše. Hlapljivi organski spojevi su ispareni ugljikovi spojevi koji imaju niz nezdravih učinaka na ljudska pluća, ali također mogu stvoriti ozon kada su izloženi sunčevoj svjetlosti [19].

### 3.4. Udio obnovljivih izvora u Hrvatskoj

Prema Eurostatu, 2008. godine najveći udio u obnovljivim izvorima energije imala je hidroenergija (11,56 %), dok se biomasa nalazila na drugom mjestu (9,99 %). Grafički prikaz svih obnovljivih izvora 2008. godine u Hrvatskoj vidimo na slici 7.



Slika 7. Udio obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2008. godine [20]

U razdoblju od 2010. do 2015. godine biomasa je izbila na prvo mjesto korištenih OIE. Razlog tomu je što se udio vodnih snaga uporno smanjuje, jer je većina hidroelektrana već izgrađena i tu nema puno mjesta za napredak.

U navedenom razdoblju, za kategoriju proizvodnje primarne energije hidroenergija je svoj udio smanjila za 6,7 %, a nevjerojatno zvuči činjenica da je sa 2014. na 2015. godinu smanjenje bilo čak 30,7 %. U tom petogodišnjem razdoblju biomasa i ogrjevno drvo su imali porast za 2,7 % [21].

#### 4. STANJE I ENERGETSKI POTENCIJAL BIOMASE U RH

Republika Hrvatska svojim raznolikim reljefom i bogatstvom prirodnih resursa obiluje biomasenim potencijalom. U svim regijama postoji više vrsta izvora koji se mogu koristiti. Nažalost, taj potencijal se ne iskorištava koliko bi se trebao i pomalo zaostajemo za europskim trendom. Može se generalizirati i reći da Hrvatska nije dovoljno efikasna i brza u primjenjivanju novih tehnologija. Ulaskom u EU moraju se poštovati neke direktive, kao npr. uvjet da se do 2010. godine koristi 6 % obnovljivih izvora za proizvodnju ukupne energije, što smo i ostvarili, a do 2020. godine će to iznositi 20 %.

U nastavku se iznosi pregled energetskih resursa biomase na karti Hrvatske na slici 8., te potom dalje pojedinačni opis za svaku regiju.



Slika 8. Energetski resursi biomase u Hrvatskoj [22]

#### 4.1. Istočna Hrvatska

Istočna Hrvatska je biomasom najbogatija regija u državi i ona sadrži gotovo sve vrste biomase pogodne za iskorištavanje. Zbog svoga nizinskog reljefa i plodne zemlje, poljoprivreda je ovdje najkorištenija grana djelatnosti. Od nje nastaju velike količine ostataka i otpada koje bi se mogle koristiti za proizvodnju energije. Ostaci od žitarica, slama i kukurozovina su vrlo značajni te su poželjni za daljnje korištenje.

Svake godine, nakon žetve na poljima Hrvatske ostaje gotovo 2 milijuna tona slame pšenice i isto toliko tona kukuruzovine. Ako bi se jedna trećina te količine upotrijebila za energetska iskorištavanje, dobili bi oko 18 PJ (petadžula) energije, tj. 5 TWh. Dobiveni iznos činio je 6% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj u 1993. godini. To bi nadomjestilo gotovo 500 000 tona mazuta smanjujući emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferi za oko 1,5 milijuna tona [23].

Otpad od poljoprivrede nije jedini koji se ovdje može koristiti. Moguće je i korištenje otpada iz stočarstva, a zbog velikog broja životinja i farmi proizvodnja bi bila ekonomski isplativa, gospodarstveno opravdana i višestruko korisna. Od spomenutog otpada proizvodio bi se bioplin.

Još jedan veliki izvor biomase predstavlja šumska biomasa, tj. drveni ostatak iz drvoprađivačke industrije. Kao i u ostatku Hrvatske, i ovdje postoje iskustva korištenja još od davnih vremena. Na području skoro cijele države drvo se oduvijek koristilo za ogrjev, a negdje se još koristi kao primarni energent.

Tako je, na primjer, još šezdesetih godina u Đurđenovcu podignuto kogeneracijsko postrojenje na drveni otpad, dok su se drveni briketi prvi put počeli proizvoditi u Belišću. Danas na ovom području postoje brojne kotlovnice za iskorištavanje biomase iz drvne industrije te nekoliko pogona za proizvodnju briketa [23]

Za nadodati je kako Drvna industrija Spačva Vinkovci svoj otpad od obrade drva koristi za izradu briketa i peleta.

## 4.2. Zapadna Hrvatska

Područje Like i Gorskog Kotara bogato je šumama i pogonima drvne industrije. Zajedno sa svojim klimatskim obilježjem te tradicijom korištenja ima veliki potencijal za iskorištavanje biomase. Karakteristike ovog područja su mala gustoća naseljenosti, raštrkanost naseljenih mjesta te prometno infrastrukturna izoliranost. U takve uvjete odlično se uklapaju mali sustavi područnog grijanja i kogeneracije. Iskorištavanje drugih izvora na ovom području nije moguće.

Godine 2008. ovdje je započela izgradnja 4 elektrane na biomasu kupljene od austrijske tvrtke XYLO Gas. Elektrana ima iskoristivost od 77 %, dok su prijašnji sustavi imali iskoristivost do 30 %. Ista radi na principu pretvaranja drva u plin, a potom plina u energiju. [24]

Jedini nusprodukt, oko 5-10 %, drveni je ugljen koji se može iskoristiti za prodaju ili u dodatnom procesu unutar elektrane potpuno spaliti. Na principu dvije elektrane snage jednog megavata, toplinsku i električnu energiju može imati 700 kućanstava [23].

U primorski dio ove regije spadaju Istra i Kvarner. Treba naglasiti da je na ovom području većina šuma u privatnom vlasništvu, iz čega proizlazi većinska upotreba drva za ogrjev kućanstava te izvora biomase. S velikim brojem postrojenja za obradu drva nastaje i drveni otpad kojeg ne treba zanemariti.

## 4.3. Južna Hrvatska

Područje Južne Hrvatske ima nešto niži potencijal od Istočne, no također je bogato različitim tipovima biomase. Glavni izvor čine ostatci i otpad iz uljara, otpad koji nastaje preradom voća u poluproizvod ili gotov proizvod te proizvodnja i prerada grožđa. Od voća se izdvaja otpad u vidu koštica (trešnja, višnja, maslina) koji nije zanemariv. On nastaje na jednom mjestu i lako se skuplja.

Korištenje energije biomase pri preradi maslina osobito se uspješno i rašireno provodi u Grčkoj. Masline se uzgajaju na oko 718 500 ha, a pri uzgoju nastaje oko 2 514 800 tona ostataka od čega se za energetske iskoristavanje raspoloživim smatra oko 80 % što daje energetske potencijal od oko 166,5 GWh. Znatno veći energetske potencijal nastaje pri preradi

maslina i iznosi oko 4 700 GWh. Prema pokazateljima i iskustvima iz Grčke, ukupna cijena projekta iskorištavanja energije biomase ostataka i otpada pri preradi maslina u postrojenju toplinske snage 0,5 MW iznosi oko 292 600 EUR [23].

Može se zaključiti da je projekt opsežan i visokovrijedan te da se pri proizvodnji generira i dosta otpada koji se može pametno iskoristiti, te maksimizirati profitabilnost djelatnosti.

Šumska biomasa se isto uvelike koristi te predstavlja značajan izvor energije na otocima i u ruralnim dijelovima. Šumske površine u Južnoj Hrvatskoj uključene su u Upravu šuma Split, čija ukupna površina iznosi 550 685 hektara i najveća je u Hrvatskoj. Prema proizvodnji ogrjevnog drva Uprava šuma Split nalazi se na prvom mjestu u Hrvatskoj, a pri održavanju i uzgojnim radovima nastaju znatne količine otpada, koje se već sada djelomično koriste za proizvodnju energije [23].

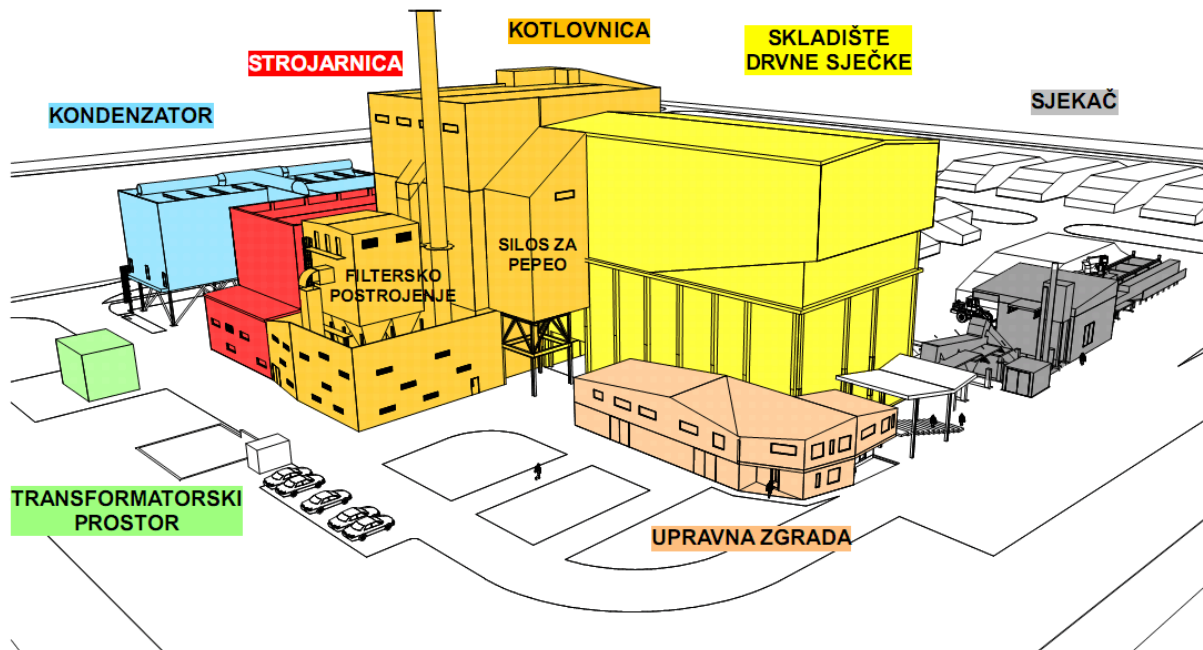
Ovaj dio Hrvatske je vrlo sklon požarima, čemu nažalost svjedoči tekuća 2017. godina koja slovi za jednu od najgorih po tom pitanju. Za nadodati je kako je čak i takva, izgorjela drvena masa isto pogodna za energetska iskorištavanje, čime bi se donekle mogla umanjiti katastrofalna šteta pri zahvaćanju određenog područja.

#### **4.4. Središnja Hrvatska**

Kao i u većini regija, drvena biomasa ovdje ima najveći potencijal i primjenu. Ovo područje karakteriziraju drvno-prerađivački pogoni iz kojih nastaje znatna količina drvnog otpada. Najveće količine otpada nastaju u ljetnim mjesecima zato što se tad drvo najmanje troši za vlastite potrebe.

Ukupna količina viška drvnog ostatka u 1998. godini iznosila je 31 175 tona. Prema dobivenim količinama viška drvnog ostatka moguće je izračunati i energetska potencijal. Iako je riječ o drvnom ostatku kod kojeg se mokrina i donja ogrjevnost međusobno znatno razlikuju, procjenjuje se da je u 1998. godini ukupni energetska potencijal iskazanog viška u anketiranim tvrtkama iznosio oko 0,33 PJ [23].

Na slici 9. vidimo skicu postrojenja termoelektrane na biomasu, koja se nalazi u blizini Koprivnice. Kao gorivo, ova termoelektrana koristi drvenu sječku.



Slika 9. Termoelektrana na biomasu u mjestu Koprivnički Ivanec [25]

Projektirana je za snagu od 20 MW električne energije kojom će se napajati električna mreža. Zahvaljujući optimiziranom rješenju elektrane, ukupni električni stupanj korisnosti dostiže 37%, što je među najboljim vrijednostima za elektrane na biomasu. Elektrana proizvodi 160 GWh električne energije godišnje, a napajana je s 160 000 tona sirove šumske biomase kalorične vrijednosti od oko 7-13 MJ/kg [25].

Ostali izvori ove regije su šumska biomasa i ostatci iz poljoprivrede. Većina kućanstava se grije na plin, pa nakon radova u šumi ostaju velike količine ogrjevnog drva i šumskog otpada. Također, velik broj peradarskih farmi omogućava proizvodnju bioplina. Međimurska županija je druga u Hrvatskoj po tom potencijalu, a slijedi je Varaždinska.

Ulaskom Hrvatske u EU, u narednim godinama započela je i gradnja elektrana na biomasu i općenito na obnovljive izvore energije jer se treba pridržavati zakonskih direktiva. Do 2020. godine mora se proizvoditi 20 % primarne energije iz obnovljivih izvora. Prvotno je taj cilj bio postavljen do 2010. godine sa 6 % takve energije.

#### 4.5.Pregled elektrana na biomasu u Hrvatskoj

Prema HROTE-u<sup>5</sup>, Hrvatska je na dan 01.02.2016. imala ukupno 93 izgrađene elektrane na biomasu. Najveći broj predstavljaju kogeneracijska postrojenja, i to čak 55. Tablica 4. prikazuje odnos broja elektrana na biomasu i snage postrojenja. Ukupna snaga instaliranih postrojenja iznosila je 170,08 MW [26]

	Elektrane do uključivo 1 MW	Elektrane od 1 do uključivo 5 MW	Elektrane s više od 5 MW
<b>Broj elektrana</b>	54	48	1

Tablica 4. Odnos broja elektrana na biomasu i snage postrojenja [26]

Valja naglasiti da najviše elektrana ima približnu snagu od 0,5 MW, njih 18. Slijedi 11 elektrana sa snagom od točno 0,3 MW, te 10 elektrana s približnom snagom od 5 MW.

Samo 1 elektrana ima više od 5 MW; točnije 8.6 MW. Zove se „Viridas biomass“ i nalazi se u Babinoj gredi (Vukovarsko-srijemska županija)

<sup>5</sup> HROTE – Hrvatski operater tržišta energije



## 5. ULAZNO IZLAZNI KAPACITETI KOGENERACIJSKOG POSTROJENJA NA BIOMASU

Ranije je istaknuto da se u kogeneracijama istovremeno proizvodi toplinska i električna energija. U nastavku se iznose parametri za kogeneracijsku bioenerganu Đ. Đ. – Eniteh 500 koju vidimo na slici 11. Energana je u vlasništvu grupacije Đuro Đaković koja se bavi proizvodnjom industrijskih i energetske objekata, ugrađivanjem istih te puštanja u pogon. Energana se nalazi u Slavanskom Brodu.



Slika 10. Kogeneracijsko postrojenje Đ.Đ. ENITEH 500 [27]

Modularnom izvedbom postrojenja moguće je pojedine dijelove u cijelosti izrađivati u tvornici, a potom ih prevoziti do lokacije primjene, gdje se povezuju u cjelinu. Pogon je potpuno automatiziran i računalno vođen. Prati se rad postrojenja sa samo jednim operaterom u smjeni. Izgrađeno je i pogonsko skladište u sklopu postrojenja, koje osigurava rad od 40 sati.

Postrojenje kao gorivo može koristiti različitu biomasu, koja mora biti usitnjena na veličinu oko 50 mm:

- Šumsku ili drvenu (iz šumarstva ili drvnoprerađivačke industrije)
- Poljoprivrednu.

Za omogućavanje što učinkovitijeg iskorištavanja biomase, odnosno za njezino sušenje, u postrojenje je ugrađen sustav za sušenje pomoću neiskorištenog zraka iz procesa i, prema potrebi, izlaznih dimnih plinova [5].

Za poljoprivredne izvore najčešće se koriste kukuruzovina, oklasci kukuruza, slama, stabljike suncokreta, ljuske i koštice. Spaljivanjem tih izvora u pepelu se pojavljuju veći udjeli kalija i natrija što nije povoljno za površine izmjenjivača topline. Primjenjuje se posebna tehnologija izgaranja s rasplinjavanjem goriva i stupnjevanjem izgaranjem u ložištu koje nije hladeno.

Kogeneracijsko postrojenje istodobno može proizvoditi električnu (snaga 400 kW) i toplinsku energiju. Ovisno o odabranom načinu rada, toplinska energija se proizvodi u obliku:

- Toplog zraka temperature 225 – 272 °C, u količini 6,3 kg/s i toplinskog učina 1200 kW, koji se može koristiti za tehnološke potrebe u industriji ili u procesima sušenja
- Tople vode s toplinskim učinkom 944 – 1686 kW, koja se može koristiti za grijanje. [5]
- Tople vode do 60 °C s toplinskim učinkom 406 kW, za potrebe sanitarne vode

Dodatna opcija je rashlađena voda na 7-14 °C s toplinskim učinkom 512kW, za potrebe hlađenja. Potrošnja goriva je oko 7 000 – 8 000 T/god [27].

Koriste se drvni proizvodi mokrine (W) do 45 %. Vlastito sušenje odvija se do postotka mokrine od 10 %. Nužna je bila ugradnja sušara s toplim zrakom.

Kapaciteti sušare ovise o udjelu vlage i za frakcijski sustav sječke G40-G50 iznose [5]:

- 50 t/d za sušenje s  $U = 45\%$  na  $U = 10\%$
- 100 t/d za sušenje s  $U = 40\%$  na  $U = 20\%$

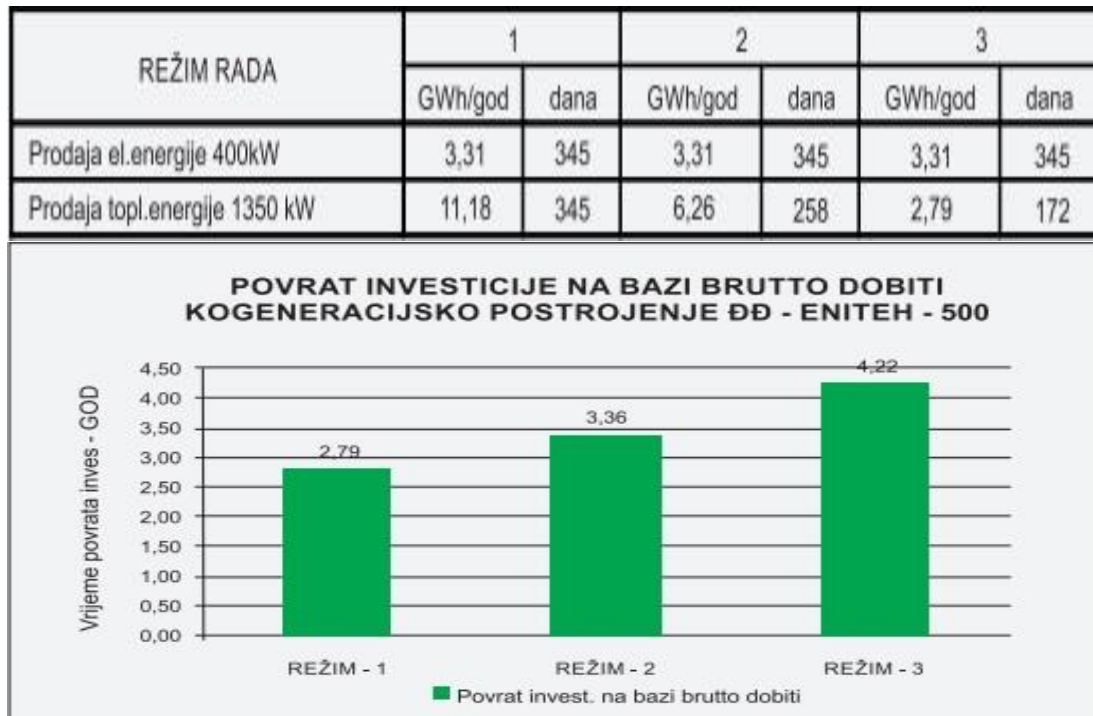
Osim pogonskog zatvorenog skladišta, izgrađeno je i vanjsko skladište površine 400 m<sup>2</sup> u kojem se može smjestiti oko 800 m<sup>3</sup> biomase, količina koja bi bila dovoljna za 14 dana rada postrojenja.

Prema B. Labudoviću, tablica 4. sadrži pregled osnovnih značajki pogona kogeneracijskog postrojenja.

<b>Parametri</b>	<b>Iznosi</b>
Broj radnih dana postrojenja	345 d godišnje
Broj radnih sati	8280 h godišnje
Broj zaposlenih radnika u jednoj smjeni	1
Broj smjena pri smjenskom načinu rada djelatnika	5
Proračunski vijek trajanja postrojenja	20 godina
Instalirana snaga potrošača električne energije	100 kW
Potrebna priključna vršna električna snaga postrojenja	100 kW
Prosječna angažirana snaga potrošača električne energije	40 kW

Tablica 5. Osnovne značajke pogona kogeneracijskog postrojenja [5]

Projekt je financiran putem državne potpore, Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti i dva europska fonda: Europskog fonda za regionalni razvoj i Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj. Kreditiranje je putem banaka. Slika 12. sadrži tablično-grafički prikaz povrata investicije.



Slika 11. Prikaz povrata investicije [27]

Može se zaključiti da je investicija isplativa kroz vrlo kratko vrijeme. Iskorištavanje drvnoprađivačkih i poljoprivrednih ostataka je ekološki orijentirano, jer se koriste prirodni resursi koji bi se inače bacali. Zanimljivo je da je cijena energije goriva dobivene iz drvne sječke čak 4 puta manja od plina korištenog u kućanstvu.

## 6. ZAKLJUČAK

Biomasa ima izrazito širok spektar mogućih izvora koji mogu služiti za dobivanje energije. Naime, proizvodnja energije u svijetu se sve više orijentira na obnovljive izvore, od kojih je biomasa jedan od vodećih. Najvažniji razlozi za to leže u činjenici što fosilna goriva nisu vječna, a emisije koje su posljedica njihovog korištenja doprinose i globalnom zatopljenju Zemlje. Stoga zakonske direktive većine država nalažu konstantno povećanje proizvodnje primarnih energenata iz obnovljivih izvora energije. Suvremeni način života je veliki „onečišćivač“, pa je potrebno razvijati svoju ekološku osviještenost i nove, čišće metode i tehnologije te djelovati u skladu s njima.

Valja napomenuti da biomasa može imati i svojih nedostataka, ponajviše taj što može djelovati kao zagađivač, no njen cilj je da to svede na minimum. Također, može biti ne isplativa za neko područje, ali je zato pri odabiru korištenja energetskog sustava potrebno potrebno promotriti sve okolnosti i izabrati odgovarajuće rješenje.

Dobivanje energije iz biomase ima sljedeće prednosti: moguće je uskladištiti izvore energije i nisu potrebne rezerve, čime se ostvaruje značajna prednost pred svim ostalim obnovljivim izvorima energije. Optimalno korištenje biomase doprinosi i razvoju državnih regija i otvaranju novih radnih mjesta u domaćoj industriji, šumarstvu i poljoprivredi; što je od posebnog značaja za Republiku Hrvatsku.

Istražujući materijale za ovaj rad i pišući isti, stekao sam nova znanja u pogledu energetskih mogućnosti i korištenja izvora za koje nisam mislio da mogu biti upotrebljivi. Drago mi je da sam „proširio horizonte“, povećao ekološku svijest i dobio kompletniju sliku o energetskom stanju na Zemlji te sam, kao i većina autora korištene literature stekao favorita za energiju budućnosti, energiju biomase koju treba koristiti na održiv način.

## 7. POPIS PRILOGA

### 7.1. POPIS SLIKA

Slika 1. Briketi [7] .....	6
Slika 2. Peleti [8] .....	6
Slika 3. Mogući ciklus otpadne vode i kanalizacijskog mulja [11].....	10
Slika 4. Biodizel [13] .....	11
Slika 5. Proizvodnja električne energije 2017. godine u Hrvatskoj putem obnovljivih izvora energije [15] .....	13
Slika 6. Kružni ciklus sagorijevanja biomase [17].....	15
Slika 7. Udio obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2008. godine [20] .....	19
Slika 8. Energetski resursi biomase u Hrvatskoj [22] .....	20
Slika 9. Termoelektrana na biomasu u mjestu Koprivnički Ivanec [25].....	24
Slika 10. Kogeneracijsko postrojenje Đ.Đ. ENITEH 500 [27] .....	26
Slika 11. Prikaz povrata investicije [27] .....	29

### 7.2. POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristike bioplina i njegovih komponenata [14].....	12
Tablica 2. Odnos koncentracije metana i energetske vrijednosti bioplina [14] .....	12
Tablica 3: Svojstva biomase u odnosu na opća svojstva OIE [9] .....	17
Tablica 4. Odnos broja elektrana na biomasu i snage postrojenja [26].....	25
Tablica 5. Osnovne značajke pogona kogeneracijskog postrojenja [5] .....	28

## 8. LITERATURA

- [1] „The basics of biomass“, s Interneta, [http://3906f7b311.url-de-test.ws/wp-content/uploads/2015/07/Latest\\_BiomassBasics.pdf](http://3906f7b311.url-de-test.ws/wp-content/uploads/2015/07/Latest_BiomassBasics.pdf)
- [2] „Energija u Hrvatskoj 2015.“, s Interneta, <https://www.dropbox.com/s/r9tcq1zga2jkaxn/Energija2015.pdf?dl=0>
- [3] Basu, P.: „Biomass Gasification“, Pyrolysis, and Torrefaction, Elsevier International, USA, 2013.
- [4] „Ogrjevna vrijednost“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ogrjevna\\_vrijednost](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ogrjevna_vrijednost)
- [5] Labudović, B.: „Osnove primjene biomase“, Energetika marketing, Zagreb, 2012.
- [6] „Energetske karakteristike biomase“, s Interneta, <http://www.centar-energije.com/energetske-karakteristike-biomase>
- [7] „Briketi“, s Interneta, <http://www.njuskalo.hr/grijanje-hladenje-ostalo/briketi-grijanje-ogrijevno-drvo-grijanje-biomasom-oglas-17888260>
- [8] „Pelets“, s Interneta, <http://www.kirtlandproducts.com>
- [9] Kalea, M.: „Obnovljivi izvori energije“, Denona d.o.o., Zagreb, 2014.
- [10] Ivković, E.: „Zbrinjavanje otpada“, Slavonski brod, 2012.
- [11] „Uvod i zakonski okviri“, s Interneta, <https://www.grad.hr/rescue/state-of-the-art/uvod-i-zakonski-okviri/>
- [12] „Strategija upravljanja vodama“, s Interneta, [http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija\\_upravljanja\\_vodama.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf), Zagreb, ožujak 2009.
- [13] „Testing for Small-Scale Biodiesel Quality“, s Interneta, <http://www.springboardbiodiesel.com/testing-small-scale-biodiesel-quality>
- [14] „Potencijali za bioplinska postrojenja u hrvatskoj i projekti u fazi planiranja“, s Interneta, <http://www.sumari.hr/biomasa/cetvrtidanibiomase/KralikNasice.pdf>, 04. Rujna 2009.

- [15] „Izvještaji HROTE“, s Interneta, <http://www.hrote.hr/izvjestaji>
- [16] „Godišnji izvještaj o sustavu poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije u Republici Hrvatskoj za 2016. godinu“, s Interneta, [http://files.hrote.hr/files/PDF/OIEIK/GI\\_2016\\_HROTE\\_OIEiK\\_verzija\\_za\\_WEB.pdf](http://files.hrote.hr/files/PDF/OIEIK/GI_2016_HROTE_OIEiK_verzija_za_WEB.pdf), Veljača 2017. godine
- [17] Cindrić, I.: Rasplinavanje biomase, Završni rad, Karlovac, 2016.
- [18] „Fosilna goriva“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosilna\\_goriva](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosilna_goriva)
- [19] „What is the gas emitted when burning wood?“, s Interneta, <http://sciencing.com/gas-emitted-burning-wood-6620742.html> , 25.04.2017.
- [20] „Eurostat regional yearbook 2008“, s Interneta, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5692801/KS-HA-08-001-EN.PDF/e77da79e-a9ef-4225-ba2f-20e2e33ecffd>
- [21] „Energija u Hrvatskoj 2015. godine“, s Interneta, <https://www.dropbox.com/s/r9tcq1zga2jkaxn/Energija2015.pdf?dl=0>
- [22] „Energetski resursi biomase u Hrvatskoj“, s Interneta, <http://www.eniteh.hr>
- [23] Domac J.: „BIOEN – Program korištenja energije biomase i otpada“, AZP – Grafis Samobor, Zagreb, lipanj 2001.
- [24] Bičak D.: „U Lici i Gorskom kotaru četiri nove ekoelektrane na biomasu“, s Interneta, <http://www.poslovni.hr/hrvatska/u-lici-i-gorskom-kotaru-cetiri-nove-ekoelektrane-na-biomasu-71044> , 20.2.2008.
- [25] „O projektu“, s Interneta, [http://etwoenergy.com/stranice/projekti/teki/o\\_projektu/](http://etwoenergy.com/stranice/projekti/teki/o_projektu/)
- [26] „HROTE izvještaji“, s Interneta, [http://files.hrote.hr/files/PDF/Sklopljeni%20ugovori/ARHIVA/Biomasa\\_Lista\\_projekata\\_01\\_02\\_2016.pdf](http://files.hrote.hr/files/PDF/Sklopljeni%20ugovori/ARHIVA/Biomasa_Lista_projekata_01_02_2016.pdf) , 01.02.2016.
- [27] „Đuro Đaković Obnovljivi izvori energije“, s Interneta, [http://www.duro-dakovic.com/\\_Data/Files/K23.pdf](http://www.duro-dakovic.com/_Data/Files/K23.pdf)