

POSSIBILITIES OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCE AND MUNICIPAL SOLID WASTE IN FUNCTION SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Dr Branko Savić¹, Dr Božo Ilić¹

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija, Školska 1, Novi Sad, Republika Srbija, savic@vtsns.edu.rs, ilic@vtsns.edu.rs

Abstract: *Renewable energy sources not only now certainly represent the right alternative to reducing the primary energy consumption and sustainable development of the society, but also the right choice when it comes to energy impact on ecology, environmental protection, carbon dioxide emissions and global warming planets. The aim of this paper is to present some of the possible ways of using renewable energy sources and municipal solid waste in the function of sustainable development, such as the use of renewable energy sources and municipal solid waste in the process of food production. Also, the goal is to show advantages and some limitations related to the use of renewable energy sources and municipal solid waste in the process of food production. During the development of this work, various scientific methods were used, such as: method of analysis (analysis of results of many years laboratory and field work), synthesis method, description method, statistical method for data processing, etc. The results of the research of scientific literature have shown that different renewable energy sources and different municipal waste can be used in different ways in the process of food production.*

Key words: *Renewable energy, municipal solid waste, heat and electricity, agricultural fertilizer, food production.*

1. UVOD

Savremeni način života čini ljude potpuno zavisnim od energije. Rastuća potrošnja fosilnih goriva - kao što su nafta, uglj i gas - ima veliki uticaj na ukupnu emisiju štetnih gasova u atmosferu. Zaštita životne sredine se smatra ključnom za opstanak čovečanstva. Ljudi moraju da imaju čist vazduh, vodu i zemljište kako bi mogli da prežive. Razvoj ekološke svesti čovečanstva uticao je na napretke u rešavanju problema životne sredine zato što su ljudi uzimali i aktivno i pasivno učešće u brizi o životnoj sredini [1]. Najčešće navodena definicija održivog razvoja nalazi se u Bruntlandovom izveštaju (dobio ime po Harlem Brundtland, norveškoj političarki, diplomati i lekaru) „Naša zajednička budućnost“, koji je, na poziv Ujedinjenih nacija, 1987. godine, sačinila Svetska komisija za životnu sredinu i razvoj. Definicija glasi: „Održivi razvoj jeste razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjice, pri čemu ne ugrožava sposobnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe.“ Održivi razvoj podrazumeva izradu modela koji na kvalitetan način zadovoljavaju društveno-ekonomske potrebe i interese građana, a istovremeno uklanjaju ili znatno smanjuju uticaje koji prete ili štete životnoj sredini i prirodnim resursima. Održivi razvoj je usmeren na poboljšanje životnog standarda pojedinaca, uz kratkoročno, srednjoročno i dugoročno očuvanje životne sredine. Bruntlandov izveštaj naglašava tri osnovne komponente održivog razvoja: privredni (ekonomski) rast, zaštitu životne sredine i socijalnu pravdu (jednakost), koje treba da budu međusobno usklađene.

Nakon konferencije o životnoj sredini i razvoju, održane u leto 1992. godine u Rio de Žaneiru, pojam „Sustainable Development“ postao je vodeći pojam u oblasti politike o životnoj sredini. To svakako predstavlja napredak za ekološku politiku, jer se na taj način pojašnjava veza između ekoloških, ekonomskih i socijalnih problema, unutar koje se moraju postaviti problemi zaštite životne sredine ako se žele rešiti stručno i na društveno prihvatljiv način. Kada se održivi razvoj shvati ozbiljno, kao rezultat toga dolaze potrebe za drastičnim promenama u svim područjima života svakog pojedinca. Velike promene su neophodne u oblasti ekonomije, politike i socijalne pravde, npr. promene svesti u oblasti potrošačkih navika (što je samo po sebi već dovoljno teško) [2].

Kada je u pitanju korišćenje energetske resursa, danas su u primeni brojna tehnička rešenja koja doprinose efikasnom sagorevanju fosilnih goriva, uz smanjenje gubitaka i povećanje stepena korisnosti. Međutim, na početku trećeg milenijuma, uz velike tehničke i tehnološke prostore u mnogim oblastima, čovečanstvo se suočava sa sve većim problemima iscrpljenja resursa energije i sirovih materijala, posebno minerala, oštećenjem i zagađenjem životne sredine – vazduha, vode, zemlje i sve bržim smanjivanjem šumskih i obradivih poljoprivrednih površina. Interes za korišćenjem prirodnih resursa u uslovima intenzivnog tehničkog i ekonomskog razvoja je u porastu, a cilj je dostići održivost, odnosno, zadovoljiti potrebe danas, ne dovodeći u opasnost mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe za energijom. Pored racionalizacije potrošnje energije unapređenjem energetske efikasnosti u svim oblastima, danas se

teži razvijanju što nezavisnijeg, vitalnijeg i elastičnijeg sistema energetike u kome primena obnovljivih izvora energije može da ima važnu ulogu u zadovoljenju energetske potrebe.

Trenutno svet pokriva svoje energetske potrebe uglavnom neobnovljivim izvorima energije, većinom fosilnim gorivima (ugljem, naftom i prirodnim gasom). Kao što i samo ime kaže, ovi izvori energije nisu obnovljivi, a to znači da ne mogu trajati večno, te će u određenom trenutku biti potrošeni. Takođe fosilna goriva su vrlo štetna za okolinu, jer prilikom sagorevanja [3]:

- emituju u atmosferu velike količine gasova koji pojačavaju efekat staklene bašte (ugljen-dioksid CO₂, metan CH₄ itd.) i tako utiču na globalno zagrevanje Zemlje.
- emituju u atmosferu velike količine gasova (ugljen-monoksida, sumpor-dioksida, azotnih oksida), dima, pepela, prašine i drugih čestica koje zagađuju životnu sredinu.

Kako bi se zaustavile ili bar ublažile navedene negativne pojave i omogućio održivi razvoj, opšti trend u svetu je težnja ka smanjenju potrošnje neobnovljivih izvora energije (fosilnih goriva) i to na dva načina: korišćenjem obnovljivih izvora energije umesto neobnovljivih i poboljšanjem energetske efikasnosti.

2. MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U PROCESU PROIZVODNJE HRANE

Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji se nalaze u prirodi i obnavljaju se u celosti ili delimično, to su [4]:

- energija vodotokova (hidroenergija),
- energija vetra,
- solarna energija (energija Sunca),
- geotermalna energija,
- energija okeana (energija morskih struja i talasa, energija plime i oseke),
- vodonik,
- energija biomase, koja može biti: čvrsta biomasa, tečna biomasa (tečno biogorivo: bioetanol, biometanol, biodizel) i gasovita biomasa (gasovito biogorivo: biogas, sintetički gas) itd.

Vodeni mlinovi i vetrenjače koje su koristili naši preci proizvodili su mehaničku energiju iz obnovljivog izvora energije. Oko 1.200 godine u Evropi su se pojavile vetrenjače koje su se koristile za mlevenje brašna i pumpanje vode, za odvajanje zrnevlja od stabljika, u pilanama itd.

Kod geotermalne energije, koristi se toplota iz dubina Zemlje za proizvodnju električne energije. Već postoje sistemi toplotnih pumpi koji prenose toplotu samo nekoliko metara ispod površine u vrtove i kuće u svrhu grejanja, ovo je relativno nova, ali obećavajuća tehnologija.

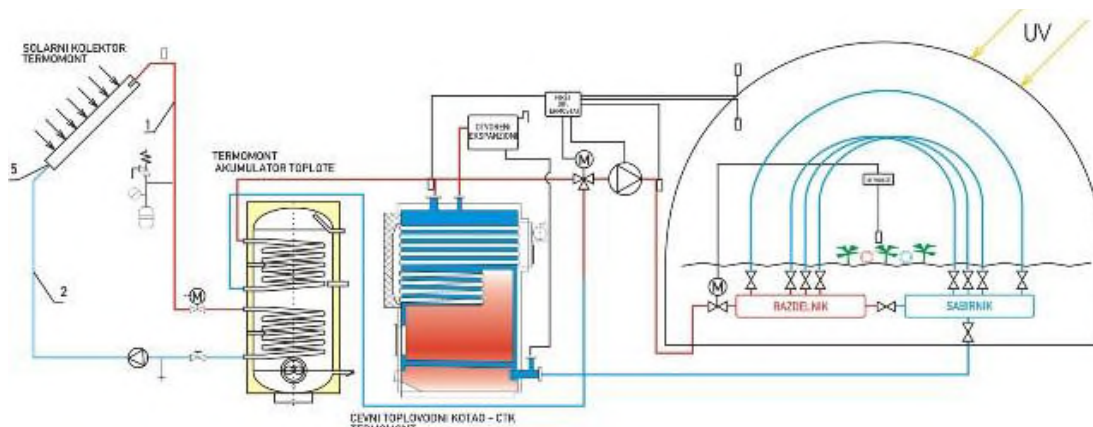
Solarni kolektori predstavljaju sisteme koji na najjednostavniji način sunčevu energiju pretvaraju u toplotnu. Vazdušni kolektori su specijalni tip kolektora sa ravnom pločom u kojima se vazduh zagreva i, za najveći deo, koristi direktno bez posrednog skladištenja za grejanje objekta. Zagrejani vazduh se takođe može koristiti za sušenje poljoprivrednih proizvoda lekovitog i drugog bilja. Pomoću izmenjivača toplote vazduh-voda, takođe se može grejati i voda, na primer za domaću upotrebu.

Pojam biomasa je nastao od reči biološka masa. Biomasa predstavlja jedan od najznačajnijih obnovljivih izvora energije, to je zajednički pojam za brojne, najrazličitije organske materije biljnog i životinjskog porekla (biljaka, životinja i njihovih produkata), koje se različitim procesima pretvaraju u druge oblike energije pogodne za dalju upotrebu. Biomasa se dobija iz biljaka, životinja i gradskog otpada. S obzirom na postojanje vrlo velikog broja otpadnog materijala, koji u određenoj meri sadrži biomasu, ali pored biomase sadrži štetne i opasne materije, razvijene zemlje pod pojmom biomasa uglavnom definišu gorivo koje se može smatrati kao čisto gorivo, bez štetnih i opasnih materija u sebi, koje se mogu naći u obojenim i na neki drugi način hemijski tretiranim drvetom, pri procesima u drvo-prerađivačkoj industriji [2]. Prvi i najstariji izvor energije koji su ljudi koristili je biomasa, to je obnovljivi izvor energije koji se danas široko koristi i koji doprinosi zaštiti naše okoline, kao i generalno, otvaranju novih radnih mesta i ukupnom razvoju gradova, opština i cele države. Istorijski gledano, biomasa je bila osnovni izvor energije za čovečanstvo, uglavnom u obliku drveta koje se koristilo za grejanje i spremanje hrane, dok su industrijskom revolucijom primat preuzela fosilna goriva. U Srbiji se biomasa uglavnom upotrebljava na tradicionalan način i to u vidu energije za grejanje, kuvanje ili zagrevanje tople vode. Pored ovih vidova upotrebe, biomasa se može koristiti i u kogeneracijskim postrojenjima za proizvodnju električne i toplotne energije, potom kao sirovina za proizvodnju biogoriva, a može se koristiti i u industriji za proizvodnju vlakana i hemikalija [1, 5].

2.1. Korišćenje čvrste biomase u kombinaciji sa solarnom energijom za proizvodnju toplotne energije za grejanje staklenika

Primer korišćenja čvrste biomase u kombinaciji sa solarnom energijom za proizvodnju toplotne energije za grejanje plastenika, prikazan je na slici 1. Toplotna energija se dobija pomoću solarnih kolektora, a ako ta količina toplote nije

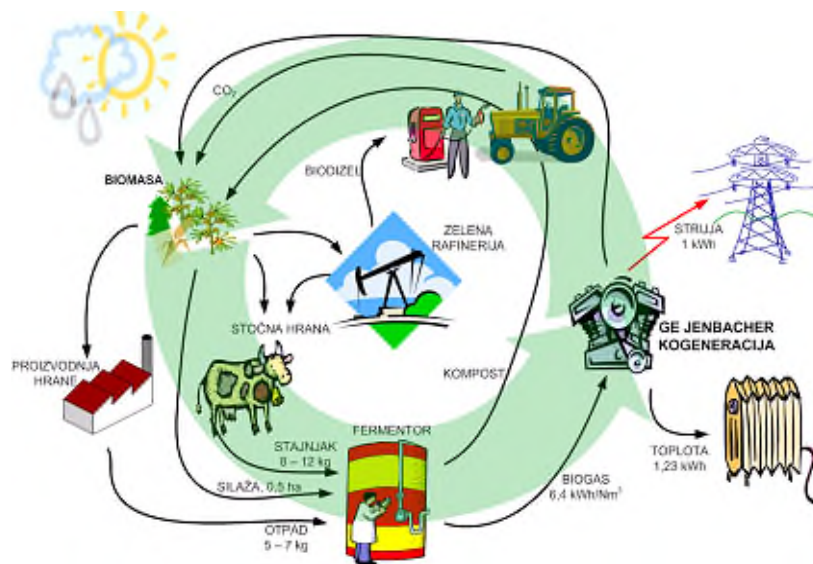
dovoljna onda se sagorevanjem čvrste otpadne biomase iz poljoprivrede (reznice voća i vinograda), drveta ili peleta (šumskih ili poljoprivrednih) u kotlu oslobađa toplotna energija [1].



Slika 1. Korišćenje biomase u kombinaciji sa solarnom energijom za proizvodnju toplotne energije za grijanje plastenika

2.2. Proizvodnja biogasa, biodizela i đubriva za poljoprivredu

Poljoprivrednu biomasu čine ostaci iz ratarske proizvodnje (poput pšenične slame, kukuruzovine, oklaska, stabljika i sl.) koji se dobiju kada se odvoji glavni proizvod (pšenica, kukuruz, suncokret i sl.), zatim ostaci rezidbe u voćarstvu i vinogradarstvu (granje i sl.), potom ostaci primarne i sekundarne prerade poljoprivrednih proizvoda (koštice, ljuške i sl.). Nakon berbe kukuruza na njivama ostaje kukuruzovina (stabljika sa lišćem). Iako je neosporno kako se kukuruzovina mora prvenstveno vraćati u zemlju, preporučuje se zaoravanje 30% do 50% kukuruzovine, što znači da za energetska primenu ostaje najmanje 50%. To predstavlja značajnu količinu, ako bi se preostala kukuruzovina iskoristila za ogrev zimi ili za sušenje poljoprivrednih kultura i sl., uštedela bi se energija koja se koristila za tu namenu. Biomasu sa farmi životinja čine ostaci životinjskog porekla nastali u poljoprivredi (čvrsti i tečni stajnjak (stajsko đubrivo)), kukuruzna silaža itd., slika 2 [1].



Slika 2. Proizvodnja biogasa, biodizela i đubriva za poljoprivredu

2.3. Proizvodnja biogoriva i stočne hrane

Biogoriva mogu biti proizvedena neposredno iz biljaka ili posredno iz industrijskog, komercijalnog, domaćeg i poljoprivrednog otpada. Postoje različite vrste biogoriva koja se dele na: biogoriva prve generacije, biogoriva druge generacije i biogoriva treće generacije, zavisno od izvora materijala za proizvodnju, troškova proizvodnje, cene i emisije ugljen-dioksida.

Osnovne sirovine za proizvodnju biogoriva prve generacije konvencionalnim tehnološkim postupcima su šećer, skrob, biljna ulja i životinjske masnoće, odnosno sirovine koje su hrana za ljude i stoku. Najveći problem s biogorivima prve generacije je zapravo činjenica da je proizvodnja biogoriva pretvaranje hrane u gorivo, a to loše utiče i na cenu i na

dostupnost hrane širom sveta, a već sad postoji gotovo milijarda ljudi koji žive na rubu gladi.

U biogoriva prve generacije spadaju: bioetanol (bioalkohol), biodizel, biogas, sintetički gas itd. Na primer bioetanol se proizvodi od biljaka koje sadrže puno šećera (šećerne trske, kukuruza), a za proizvodnju biodizela koriste se biljke koje sadrže više ulja (soja, kanola, uljana repica). Plasiranje nusproizvoda proizvodnje biogoriva je takođe veoma značajno za krajnju ekonomičnost biogoriva. Na primer, glicerol koji nastaje tokom proizvodnje biodizela se može prečistiti do farmaceutskog kvaliteta, a nusproizvodi proizvodnje bioetanola se mogu koristiti kao stočna hrana obogaćena proteinima.

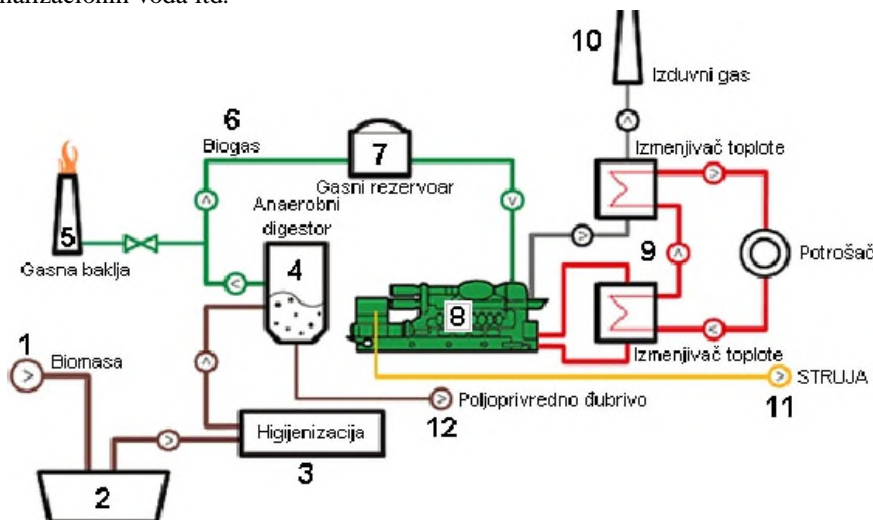
Biogoriva druge generacije dobijaju se preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije bi mogla znatno redukovati emisiju CO₂, pored toga se ne koriste kao hrana. Biogoriva druge generacije koja su trenutno u proizvodnji su: biohidrogen, bio – DME, biometanol, DMF, HTU dizel, Fischer – Tropsch dizel i mešavine alkohola [3].

Biogorivo dobijeno pomoću specijalnih biokultura (na primer, alge oilgae) predstavlja treću generaciju biogoriva a same alge obnovljivu sirovinu za biogoriva budućnosti.

2.4. Proizvodnje biogasa i poljoprivrednog đubriva

Pošto se biogas proizvodi tamo gde se organski materijal razgrađuje bez vazduha, postoji širok spektar organskih materija koje su pogodne za anaerobnu razgradnju, slika 3. Neke od tih materija su [2, 3]:

- čvrsto i tečno stajsko đubrivo (stajnjak) sa stočarskih i živinarskih farmi;
- silaža trave i kukuruza;
- poljoprivredni i šumski ostaci;
- ostaci biomase nastali primarnom preradom poljoprivrednih proizvoda, a koji ne sadrže opasne materije, ostatke i delove životinja;
- biološki otpad iz: klanica, pivara, destilerija, prerade voća i proizvodnje vina, mlekarstva, industrije celuloze, šećerana;
- industrijske otpadne vode (šećerane, prerada melase, prerada krompira, proizvodnja voćnih sokova, mlekarstva, pivare, papir i celuloza)
- mulj iz kanizacionih voda itd.

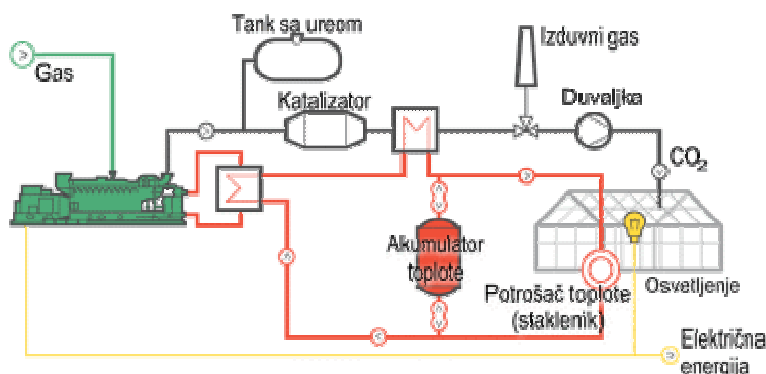


Slika 3. Princip proizvodnje biogasa i poljoprivrednog đubriva

Ostatak fermentacije je nusproizvod procesa anaerobne digestije, a postoji više načina za njegovo korišćenje. Prilikom korišćenja kao đubriva, u poređenju sa netretiranim stajnjakom, ostatak fermentacije ima niz prednosti, jer ima homogeniju strukturu, povoljniji odnos ugljenika i azota C/N, a hranljive materije su dostupnije biljkama. Pri tome, zamenjuju se mineralna hraniva za čiju proizvodnju je potrebno ulaganje energije, što direktno utiče i na smanjenje emisija GHG. Zbog anaerobnih uslova i povišene temperature, u fermentoru se odvija higijenzacija i odumiranje patogenih mikroorganizama. Tokom procesa fermentacije, razgrađuje se i niz organskih supstanci koje izazivaju neprijatne mirise, čime se uklanja negativan uticaj na stanovništvo u okolini. Proizvodnja i korišćenje biogasa u poljoprivredi imaju višestruki značaj. To se prvenstveno odnosi na doprinos zaštiti životne sredine u vidu smanjenja potencijala za globalno zagrevanje, ali i očuvanju prirodnih resursa – zemljišta i vode. Proizvodnjom i korišćenjem biogasa na poljoprivrednim farmama postiže se decentralizovano generisanje energije, ostvarenje prihoda za vlasnika biogas postrojenja i zapošljavanje lokalnog stanovništva. Sve navedeno doprinosi ostvarenju pozitivnih socio-ekonomskih efekata.

2.5. Proizvodnja toplotne energije za staklenike i električne energije i „CO₂ đubrenje“

Kroz hemijski proces fotosinteze, biljke sa hlorofilom kao katalizatorom preuzimaju CO₂ iz vazduha i iz njega stvaraju ugljenik, koji je izvor rasta biljke. U prirodnom okruženju se po pravilu nalazi oko 350 ppm CO₂. Optimalni udeo CO₂ koji biljke mogu konzumirati je oko 800-1000 ppm. Zahvaljujući obogaćivanju atmosfere u staklenicima na ovaj nivo sadržaja CO₂, rast biljaka se, na prirodan i ekološki način, povećava i do 40%. Ova tehnika se naziva „CO₂ đubrenje“. Uobičajeni način obogaćivanja atmosfere sa CO₂ u staklenicima se obavlja sagorevanjem zemnog gasa u tzv. CO₂-gorionicima. Za istu namenu moguće je, uz odgovarajuću pripremu, koristiti izduvne gasove iz gasnih motora. Nezavisno od metode dobijanja CO₂ nastaje oko 0,2 kg CO₂ na svaki kWh dovedene energije gasa. Koncentracija CO₂ u izduvnom gasu gasnog motora je 5 do 6%. Na slici 4. je prikazana šema „đubrenja sa CO₂“ u staklenicima primenom GE Jenbacher gasnih motora uz istovremenu proizvodnju toplotne energije za grejanje staklenika i električne energije za vlastite potrebe, uz plasman viška u elektrodistributivnu mrežu. Izduvni gas iz gasnih motora može da se koristi direktno ili indirektno za procese sušenja - npr. u proizvodnji cigle i crepa, keramičkoj industriji ili za sušenje stoče hrane [1].



Slika 4. Proizvodnja toplotne za staklenike i električne energije i „CO₂ đubrenje“

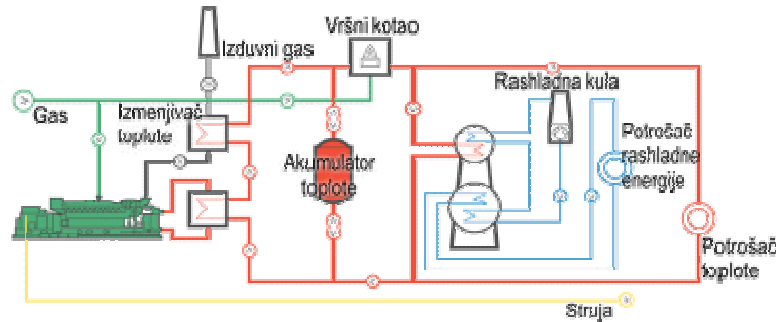
Ovakvo postrojenje donosi sledeće efekte:

- značajan porast prinosa u staklenicima;
- plasman viška električne energije u elektrodistributivnu mrežu;
- smanjenje izdataka za plaćanje vršnog opterećenja (maxigraf);
- nepotrebna investicija u dizel agregate za proizvodnju potrebne električne energije;
- toplotna energija se koristi za grejanje staklenika i/ili eksternih potrošača (naselja, banja, topli vazduh za sušare itd.);
- postojeći kotlovi se koriste kao rezervni ili vršni, tj. njihov broj pogonskih sati bi se smanjio na minimum;
- „CO₂ đubrenje“.

2.6. Korišćenje biogasa za trigeneraciju (proizvodnju toplotne, rashladne i električne energije) koja se može koristiti u prehrambenoj industriji

Kombinacija gasnih motora i apsorpcionih hladnjaka je dobro rešenje za rashlađivanje prostorija i određenih industrijskih procesa, slika 5. Otpadna toplota iz hladnjaka mešavine, motornog ulja, rashladne vode motora i izduvnih gasova, koristi se kao pokretačka energija. Kombinovanjem kogeneracionog postrojenja sa apsorpcionim rashladnim sistemom, moguće je iskoristiti sezonske viškove toplotne energije za dobijanje rashladne energije, čime se poboljšava ekonomičnost. Pomoću ovog koncepta, moguće je dostići ukupnu efikasnost od 75% (električna energija i hlađenje). Jasno, ovo povećava godišnji kapacitet postrojenja, ali i ukupnu efikasnost.

Apsorbicioni čileri obezbeđuju ekonomsku i ekološku alternativu konvencionalnom hlađenju. Kombinovanje visoko efikasne opreme za dobijanje energije, uz nisku emisiju, sa apsorpcionim čilerima, omogućava maksimalnu ukupnu efikasnost goriva, eliminaciju HCFC/CFC rashlađivača i sveukupno smanjenje štetnih emisija. Topla voda iz sistema za hlađenje kogeneracionog postrojenja služi kao pokretačka energija za apsorpcione čilere. Vrući izduvni gas se može iskoristiti kao energetski izvor za visoko efikasne parne čilere. Tako se više od 80% termičke energije kogeneracionog postrojenja može pretvoriti u rashladnu vodu, čime se znatno povećava njegova ukupna efikasnost [1, 5].



Slika 5. Proizvodnja toplotne, rashladne i električne energije (trigeneracija)

3. MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U PROCESU PROIZVODNJE HRANE

Pod komunalnim čvrstim otpadom obično se podrazumeva čvrsti otpadni materijal iz domaćinstava i komunalnih objekata, industrijskih postrojenja, turističkih i trgovačkih objekata, otpad sa javnih površina (parkova, građevinski i drugi otpaci od rušenja), kao i poljoprivredni otpadni materijal nastao usled različitih poljoprivrednih aktivnosti u prigradskim sredinama.

Smanjenje zaliha fosilnih goriva (uglja, nafte i prirodnog gasa) je evidentno. Takođe, poslednjih decenija društvo je postalo svesno negativnih posledica pojačanog efekta staklene bašte GHG (Greenhouse Gases), koga uzrokuje emisija CO₂ i drugih gasova. Rešenje ovih problema se vidi u smanjenju potrošnje fosilnih goriva, što se može ostvariti većim korišćenjem obnovljivih izvora energije i energije komunalnog čvrstog otpada, kao i poboljšanjem energetske efikasnosti.

Znači, korišćenje energije komunalnog čvrstog otpada se podstiče sa ciljem smanjenja potrošnje fosilnih goriva, kao i smanjenja emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte.

Korišćenje energije komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane i u druge svrhe ima više pozitivnih efekata i predstavlja neminovnost u savremenim društvima. Tehnologije korišćenja energije komunalnog čvrstog otpada neprekidno se razvijaju i unapređuju, s ciljem postizanja najpovoljnijih efekata po zajednicu i životnu sredinu.

Projekti korišćenja energije komunalnog otpada mogu biti održivi samo ako su ekonomski i tehnički opravdani. Ekonomičnost korišćenja energije otpada najviše zavisi od sastava i količine otpada. Svaki ovakav projekt podrazumeva korišćenje određenih komponenti otpada, zbog toga te komponente moraju biti prisutne u dovoljnim količinama u otpadu čija se energija planira da koristi. Količina otpada predstavlja još važniju stavku nego sastav. Bez dovoljnih količina otpada povratak investicionih troškova, kao i troškove rada i održavanja nemoguće je nadoknaditi.

3.1. Pretvaranja energije komunalnog čvrstog otpada u druge oblike energije pogodne za proizvodnju hrane

Energija se iz organske frakcije otpada, kako biorazgradive tako i nebiorazgradive, može pretvoriti u druge povoljnije oblike energije na dva osnovna načina: termohemijskom konverzijom i biohemijska konverzijom.

Svaka od navedenih tehnologija pretvaranja energije komunalnog čvrstog otpada u druge oblike energije zahteva različite količine ulaznih sirovina, emituje različite količine ugljen-dioksida, ima različite produkte i različite je efikasnosti. Koja će se tehnologija pretvaranja energije komunalnog otpada u druge oblike energije izabrati zavisi od brojnih faktora, uključujući i lokalne metode sakupljanja, obrađivanja i odlaganja komunalnog čvrstog otpada, kao i lokalnih propisa vezanih za životnu sredinu.

Termohemijska konverzija otpada predstavlja termičku dekompoziciju organske materije, a kao rezultat dobija se toplotna energija ili gorivo, gasovito, tečno ili čvrsto. Procesi termohemijske konverzije su pogodni kada je reč o tretmanu otpada koji sadrži visok udeo organskih materija koji nisu biorazgradivi, a sadržaj vlage je relativno nizak.

Najznačajniji postupci termohemijske konverzije otpada su [4]: insineracija, piroliza, gasifikacija i plazma proces.

Insineracija (spaljivanje) komunalnog čvrstog otpada predstavlja proces kontrolisanog sagorevanja (spaljivanja) otpada, radi dobijanja toplotne energije i smanjenja zapremine otpada tj. transformisanja otpada u sastojke koji su manje opasni, manje kabasti i koje je lakše kontrolisati. Spaljivanjem otpada oslobađa se toplotna energija koja se pretvara u druge oblike energije kao što su: električna energija, topli vazduh, topla voda i para, koje se mogu koristiti u prehrambenoj industriji.

Piroliza otpada je delimična oksidacija tokom koje se postepeno povećava temperatura što rezultira stvaranjem piroliznog gasa.

Gasifikacija otpada je proces koji se odvija na visokoj temperaturi sa dodatnim zagrevanjem otpada, kao rezultat dobijaju se gasovi visoke kalorijske vrednosti (ugljen-monoksid, vodonik i metan). Gasifikacija i piroliza su napredne tehnologije za korišćenje energije otpada, i još uvek nisu u potpunosti razvijene za komercijalnu upotrebu, za razliku od insineracije.

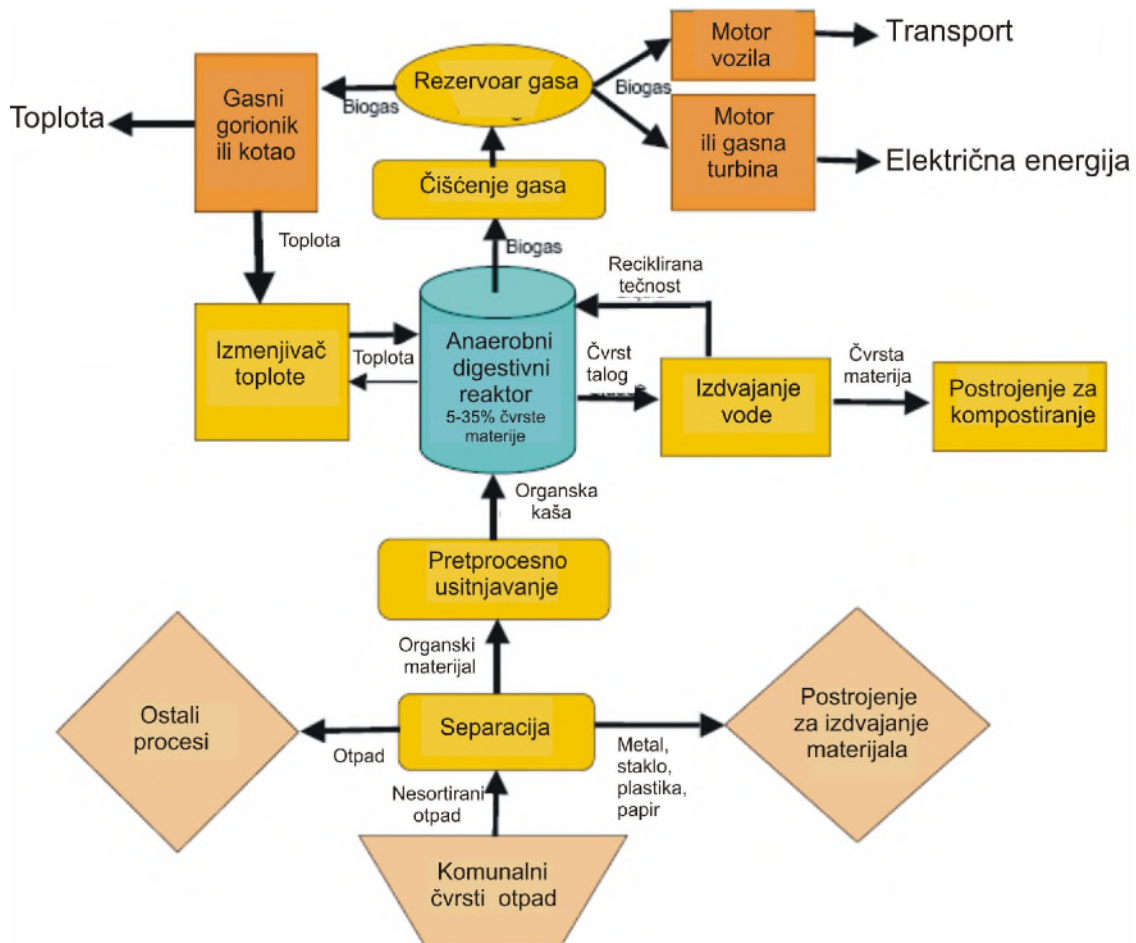
Plazma proces nastaje kada se komunalni čvrsti otpad zagreva na visoku temperaturu od 3.000 do 10.000°C. Energija se oslobađa električnim pražnjenjem u inertnoj atmosferi. Ovim putem se organski otpad konvertuje u gas bogat vodonikom, a neorganski otpad u inertne staklene ostatke.

Biohemijska konverzija otpada se zasniva na enzimatskoj dekompoziciji organskih materija pomoću mikroorganizama, a kao rezultat dobija se metan. Biološki tretman otpada podrazumeva kompostiranje, anaerobnu digestiju i kominaciju. Ostaci nakon biološkog tretmana mogu biti u tečnom ili čvrstom stanju, a u zavisnosti od njihovog kvaliteta, oni se dalje obrađuju, deponuju ili koriste kao đubrivo.

Kompostiranje predstavlja biološku razgradnju biootpada u prisustvu vazduha, pri čemu nastaju ugljen-dioksid, voda, toplota i kao konačni proizvod kompost - humus (lat. *compostium* - đubrivo od biljnog otpada i zemlje). Kompostiranje je prirodan proces proizvodnje humusa od organskog otpada nastalog u kuhinji i dvorištu. Kompost hrani biljke, osigurava prozračnost zemljišta, zadržava vodu, pogoduje rastu korenitog bilja. Može se koristiti u: voćnjacima, povrtnjacima, rasadnicima, parkovima, zelenim površinama, poljoprivrednim, stočarskim i šumarskim domaćinstvima, prehrambenoj industriji, ugostiteljstvu, trgovinama, školama, dečjim vrtićima, stambenim i drugim objektima.

Kominacija je metoda koja se zasniva na usitnjavanju smeća na posebnim uređajima-mlinovima, a potom se ispušta sa vodom u kanalizacioni sistem, međutim ovako samleven otpad može biti toksičan za vodene biocenozе.

Anaerobna digestija otpada je biološka razgradnja organskog otpada u odsustvu kiseonika (u anaerobnoj sredini), pri čemu se stvaraju gasovi metan i ugljen-dioksid. Metan predstavlja gas koji se može koristiti kao izvor energije, slika 6.



Slika 6. Šematski prikaz postupka anaerobne digestije opada [1]

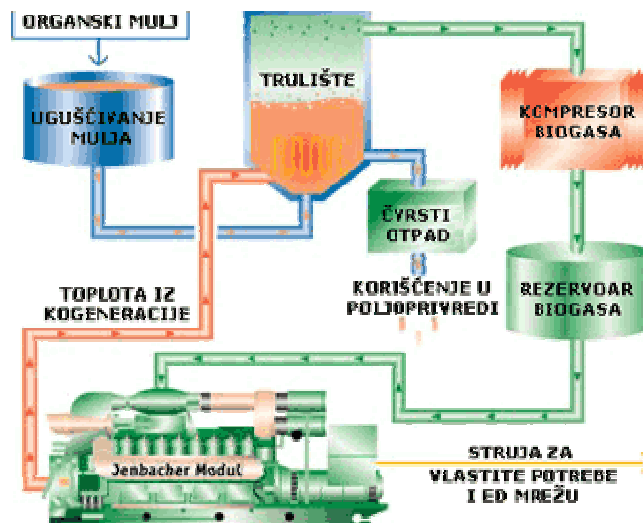
Na deponijama komunalnog otpada nastaje deponijski gas kao posledica njegovog anaerobnog raspadanja, a koristan efekat takve anaerobne fermentacije je povećanje degradacije organskih materijala i redukovanje zapremine otpada. Anaerobna digestija se već neko vreme smatra veoma važnom tehnologijom za tretman otpada i dobijanja energije. Istorijski gledano, primena je započela razvojem postrojenja za anaerobnu digestiju za tretman stajskog đubriva i mulja. Ova tehnologija je bila ranije fokusirana na tretman kanalizacionog mulja i poljoprivrednog đubriva.

Tečni ostatak fermentacije sa visokim sadržajem nutrijenata i frakcije vlakana, može da se koristiti za đubrenje u poljoprivredi.

3.2. Proizvodnja gasa u postrojenjima za prečišćavanje kanalizacionih voda i otpadnih voda iz prehrambene i drvno-prerađivačke industrije koje ne sadrže opasne materije

U uređajima za prečišćavanje otpadnih voda sa anaerobnom stabilizacijom mulja nastaje gas, koji predstavlja vrlo interesantan izvor energije. Efikasnost produkcije gasa obezbeđuje se održavanjem temperature (oko 35°C), pH vrednosti, mešanjem i odstranjivanjem kiseonika i toksičnih materija. U anaerobnim reaktorima (digestorima) nastaje gas kao mešavina gorivih i negorivih gasova prosečnog sastava: metan 55-75%, ugljen-dioksid 25-45% (u zapreminskim %), i ostalih gasova, kao što su vodonik, kiseonik, ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, amonijak i vodena para.

Gasni digestori koriste biorazgradive materije, od kojih se dobijaju dva korisna proizvoda: gas i fermentisano biodubrivo vrhunskog kvaliteta, slika 7. Gas prečišćen do nivoa čistoće za gasovod naziva se obnovljivi prirodni gas i moguće ga je koristiti u svakoj primeni u kojoj se inače koristi zemni gas. To uključuje distribuciju takvog gasa putem gasovoda, proizvodnju električne energije, grejanje, zagrevanje vode i upotrebu u raznim tehnološkim procesima, kao što su između ostalog i različiti tehnološki procesi u prehrambenoj industriji. Kompresovan, gas može da se koristi i kao pogonsko gorivo za vozila, kao što je između ostalog i poljoprivredna mehanizacija [5].



Slika 7. Proizvodnja gasa u postrojenjima za prečišćavanje kanalizacionih voda i otpadnih voda iz prehrambene i drvno-prerađivačke industrije koje ne sadrže opasne materije

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da se korišćenjem obnovljivih izvora energije u procesu proizvodnje hrane, kao i u druge svrhe mogu postići pozitivni efekti, kao što je: smanjenje emisije gasova koji pojačavaju efekat staklene bašte (pre svega ugljen-dioksida i metana) i zagađuju životnu srednu, što doprinosi smanjenju globalnog zagrevanja i zaštiti životne sredine; smanjenje uvoza fosilnih goriva; otvaranje novih radnih mesta (navedena tri efekta se nazivaju efekat “3E”- ekologija, energetika, ekonomija); smanjenje troškova za energiju; pojava novih proizvodnih programa i usluga; razvoj lokalne industrije, povećanje sigurnosti snabdevanja energijom; stvaranje mogućnosti za upotrebu različitih izvora energije; stvaranje mogućnosti za efikasnije korišćenje sopstvenih potencijala u proizvodnji energije itd. Takođe, na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da se korišćenjem komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane, kao i u druge svrhe mogu postići pozitivni efekti, kao što je: bezbedna i po ekonomskim pokazateljima povoljna mogućnost tretiranja otpada koji bi inače predstavljao značajne probleme; smanjenje emisije CO₂ jer može dovesti do smanjenja korišćenja fosilnih goriva; smanjenje energetske zavisnosti od uvoza; izbegavanje emisije metana sa deponija itd.

LITERATURA

- [1] Ilić, B., Adamović, Ž., Kenjić, Z., Blaženović, R.: *Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
- [2] Brkić, M., Janić, T.: *Mogućnosti korišćenja biomase u poljoprivredi*, Zbornik radova sa II savetovanja: „Briketiranje i peletiranje biomase u poljoprivredi i šumarstvu”, Sombor, 1998, str.. 5 – 9,
- [3] Danon, G, Bajić, V, Isajev, V, Bajić, S, Oreščanin, S, Rončević, S: *Ostaci biomase u šumarstvu i preradi drveta i mogućnost gajenja „energetskih šuma”*, Institut za topolarstvo, Novi Sad, 2003, str. 25 – 56,
- [4] *DEFRA Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste*, Department for Environment, Food & Rural Affairs, United Kingdom, Department of Earth and Environmental Engineering, Foundation School of Engineering,
- [5] Vujić G., Ubavin D., Stanisavljević N., Batinić B.: *Upravljanje otpadom u zemljama u razvoju*, Novi Sad: FTN Izdavaštvo, 2012.