

Ekološka fragmentacija biogoriva i zdravstveni aspekti upravljanja proizvodnjom čvrstih biogoriva

Ecological fragmentation of biofuels and health aspects of managing biofuels production

Aleksandra Brakus^{1*}, Dejan Gligović²

^{1,2}Visoka Škola Modernog Biznisa, Beograd, Srbija /
Modern Business School, Belgrade, Serbia

*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 10.12.2022, Rad prihvaćen / Accepted: 08.02.2023.

Sažetak: Čovečanstvo će u bliskoj budućnosti morati da pronade ekološki prihvatljivije izvore energije kojima će pokrivati svoje energetske potrebe. Trenutno se kao ekološki prihvatljivo rešenje nude obnovljivi izvori energije, ali ipak nije realno očekivati da će se ti izvori energije dovoljno razviti da u nekoj većoj meri zadovolje rastuće energetske potrebe čovečanstva. Bioenergija ili tačnije biogoriva nameću se kao zamena za klasična fosilna goriva, ali ta goriva također u atmosferu ispuštaju gasove pa nisu ekološki potpuno prihvatljiva. Sirovina koja se koristi u proizvodnji biogoriva veoma je heterogena u pogledu sadržaja vlage, te hemijskih i fizičkih karakteristika. Njene osobine i upotreba opredeljuju sigurne načine rukovanja i transporta kako bi se minimizirao zdravstveni aspekt proizvodnje čvrstih biogoriva.

Ključne reči: energija, biogorivo, ekologija, zdravlje.

Abstract: In the near future, humanity will have to find more environmentally friendly energy sources to cover its energy needs. Currently, renewable energy sources are offered as an environmentally friendly solution, but it is still not realistic to expect that these energy sources will be developed enough to satisfy the growing energy needs of humanity to a greater extent. Bioenergy, or more precisely, biofuels, are being introduced as a replacement for classic fossil fuels, but these fuels also emit gases into the atmosphere, so they are not completely environmentally acceptable. The raw material used in the production of biofuels is very heterogeneous in terms of moisture content and chemical and physical characteristics. Its properties and use determine safe ways of handling and transportation to minimize the health aspect of solid biofuel production.

Keywords: energy, biofuel, ecology, health.

¹orcid.org/0000-0003-4550-8505, e-mail: aleksandra.brakus@mbs.edu.rs

²orcid.org/0000-0003-2698-7387, e-mail: dejan.gligovic@mbs.edu.rs

UVOD / INTRODUCTION

Svaki ekosistem, bilo vodeni ili kopneni, izložen je različitim antropogenim i prirodnim pretnjama koje direktno ili indirektno utiču na ekološko stanište različitih vrsta, bilo biljaka ili životinja, što ih čini retkim ili ugroženim. Stoga su istraživači pokušali da pronađu njihova različita staništa za očuvanje, štiteći ih od

velikih pretnji kao što su prekomerna ispaša, krčenje šuma, požari korova i izgradnja puteva za koje se smatra da su glavni uzroci biodiverziteta. Očuvanje prirodnih šuma igra vitalnu ulogu u pružanju ekoloških i društvenih usluga kao što su produktivnost, biogeohemijski ciklus hranljivih materija, problemi ublažavanja ugljen-dioksida, biomasa smeća itd.

Proizvodnja čvrstih biogoriva i biomase u celini snažno interferira sa okolinom. Za uzgoj, žetvu, sakupljanje i prevoz biomase troše se voda i energija, čime se doprinosi emisiji gasova sa efektom staklene bašte. Poslednjih decenija zbog ljudske aktivnosti, pre svega sagorevanja fosilnih goriva i smanjivanje površina pod šumama, došlo je porasta koncentracije GSB (Gasovi Staklene Bašte) zbog čega prirodni efekat staklene bašte postaje prekomeran, remeti se termodinamička ravnoteža i dolazi do globalnog zagrevanja (Crnobarac, 2020). Javlja se pretnje od erozije i pritisci na biodiverzitet i vodene resurse. Pretvaranjem biomase u biogoriva i njihovom upotrebom za proizvodnju toplote, struje i pogonskog goriva dodatno se doprinosi emisiji gasova staklene bašte. Proširenjem obima proizvodnje, bilo povećanjem prerađivačkih kapaciteta, bilo na račun korištenja livade, pašnjaka i obradivog zemljišta, indukuje se novi „nered“ u životnoj sredini i prirodi kao celini. Ovi direktni i indirektni uticaji mogu da potkopaju krupne ciljeve koje ljudsko društvo nastoji da postigne sa bioenergijom – osiguranje stabilnog rasta uz istovremeno smanjenje emisije gasova stakleničke bašte i zaštite vodenih resursa. Pošto je Evropska komisija predstavila predlog o smanjenju emisija metana, postao je globalni imperativ i prioritet za industriju nafte i gasa da identifikuje, meri, prati i eliminiše emisije metana, faktore smanjenja emisija i da izgradi kulturu fokusiranu na ublažavanju metana – sve uz nastavak zadovoljavanja globalne potražnje za pristupačnom i pouzdanom naftom i prirodnim gasom (<https://www.oilandgasiq.com>). Iskorištavanje totalne biomase predstavlja složeniji i intenzivniji nivo upravljanja u poređenju sa klasičnim šumarstvom u kojem se iskorišćava samo nadzemna biomasa.

Ono sa sobom nosi određene koristi koje se ogledaju u:

- proizvodnji biogoriva i supstituciji fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije,
- dodatnom prihodu za vlasnika šume,
- boljoj pripremi zemljišta za pošumljavanje,
- smanjenju napada patogenih gljiva koje uzrokuju trulež korena i debla nekih šumskih vrsta.

Međutim, ukoliko se ne provedu sve potrebne preventivne mere, moguće su i određene negativne reperkusije po okolinu kao što su:

- smanjenje organske frakcije i zalihe hranljivih materija u zemljištu,
- redukcija zalihe ugljenika u zemljištu i sa tim povezane emisije gasova stakleničke bašte,
- povećanje erozije i sabijanje tla,
- gubitak staništa za određene predstavnike flore i faune,

- povećani rizik od naseljavanja vanšumskih i invazivnih vrsta (Smith i dr., 2013)

Proizvodnja i korištenje biomase, tehnologije bioenergije, njihov tržišni udeo i istraživački interesi se značajno razlikuju u pojedinim državama pa čak i u različitim područjima unutar iste države. Ipak, u većini zemalja socijalno-ekonomske koristi od upotrebe bioenergije mogu se jasno identifikovati kao značajan pokretač u povećanju učešća bioenergije u ukupnom snabdevanju energijom. U većini zemalja regionalno zapošljavanje i ekonomska dobit su verovatno dva najvažnija pitanja u vezi korištenja biomase za proizvodnju energije.

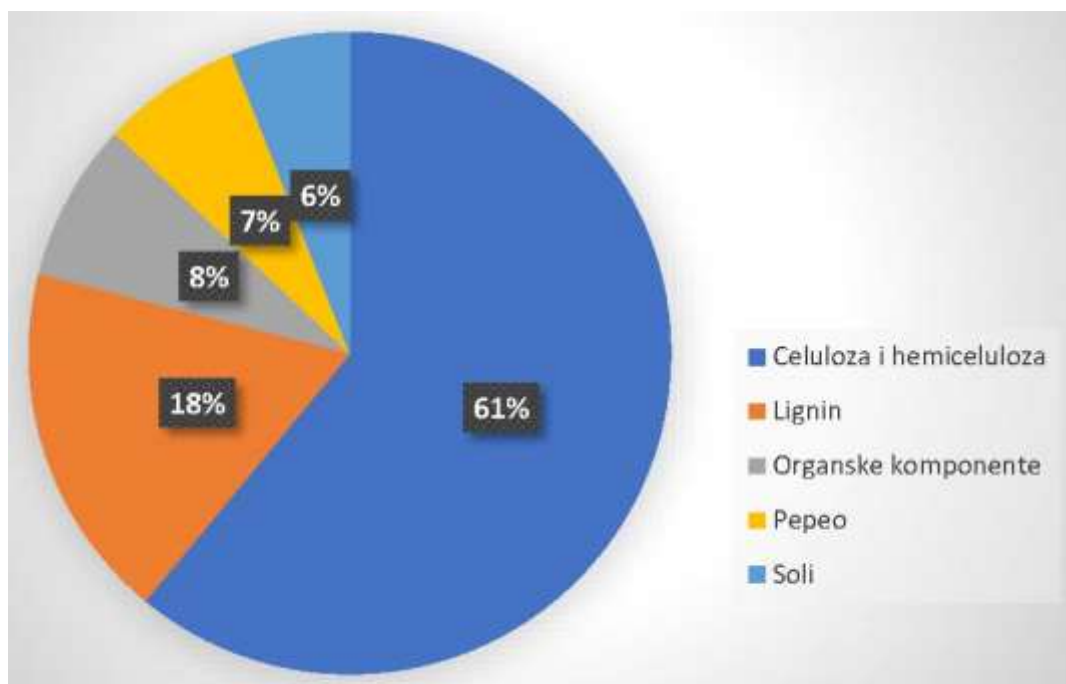
1. BIOMASA ZA PROIZVODNJU ENERGIJE / BIOMASS FOR ENERGY PRODUCTION

Danas se sve češće pojam biomase veže za proizvodnju energije. Tako EEA (European Environment Agency) definiše biomasu kao materijal dobijen iz donedavno živih organizama, uključujući biljke, životinje i njihove sporedne proizvode, kao obnovljive izvore energije zasnovane na ugljenikovom ciklusu (kruženju ugljenika između biosfere, pedosfere, geosfere, hidrosfere i atmosfere), za razliku od drugih prirodnih sirovina, poput sirove nafte, uglja i nuklearnih goriva (Ciolkosz, Wallace, 2011). Prema prethodno navedenoj definiciji, biomasa predstavlja biorazgradivi deo proizvoda, otpada ili ostataka biljnog i životinjskog porekla iz poljoprivrede, šumarstva i srodnih sektora, ribarstva i akvakulture, te biorazgradivi deo industrijskog i komunalnog otpada, Dakle, savremeni pogledi na biomasu idu u pravcu njene transformacije u čvrsta, tečna i gasovita biogoriva, primenom različitih tehnoloških postupaka koji nisu štetni po okolinu.

Biomasa za energetske potrebe obuhvata širok spektar materijala. Oni se prema većem broju relevantnih izvora razvrstavaju u pet glavnih grupa:

- prirodne šume,
- energetske usevi (visokoprodni usevi namenjeni za energetske potrebe),
- poljoprivredni otpaci (otpaci koji nastaju kao rezultat žetve ili prerade),
- otpaci hrane (otpaci koji nastaju u proizvodnji hrane i pića) i
- otpaci od konzumenata (industrijski otpad).

Biomasa za energiju diferencira se prema vremenu nastanka biogoriva. Prvu generaciju biogoriva čine biodizel, direktno izdvojen iz biljnog materijala i bioetanol, nastao fermentacijom šećera i skroba. Drugoj generaciji biogoriva pripada biodizel proizveden fermentacijom lignoceluloznih vlakana energetskih trava, topola, vrba, poljoprivrednog i šumskog otpada. Treću generaciju biogoriva čine bioetanol, biodizel i slični proizvodi dobijeni iz algi (Love, Brayant, 2017).



Grafikon 1. Hemisjki sastav biomase / Graph 1. Chemical composition of biomass
Izvor / Source: <http://www.kikinda.org.rs/>

Biomasa, kao jedan od obnovljivih izvora, je izvor energije sa najdužom tradicijom korišćenja i ima potencijal da postane jedan od najznačajnijih izvora primarne energije u 21. veku (Kanevče i dr., 2016). Trenutno je bioenergija izvor primarne energije za skoro 2.7 milijardi ljudi na planeti, dok je prema podacima Međunarodne agencije za energetiku ukupna godišnja potrošnja biomase i otpada porasla sa

617 Mten u 1973. godini na oko 1311 Mten u 2011. godini. Osim toga, energija biomase participira sa 15% u ukupnoj svetskoj potrošnji primarne energije, odnosno sa oko 38% u potrošnji primarne energije u zemljama u razvoju. Štaviše, potrošnja energije biomase čini više od 90% ukupne potrošnje energije u ruralnim područjima zemalja u razvoju (Bildirici, Özaksoy, 2013).

Tabela 1. Pregled tehnički iskoristivog potencijala obnovljivih izvora energije (OIE)
Table 1. Overview of the technically usable potential of renewable energy sources RES

Vrsta OIE	Raspoloživi tehnički materijal koji se koristi (mil. t/god)	Neiskorišćeni raspoloživi tehnički potencijal (mil. t/god.)	Ukupni raspoloživi tehnički potencijal (mil. t/god.)
Biomasa	1,054	2,394	3,448
Poljoprivredna biomasa	0,033	1,637	1,67
Ostaci od poljoprivrednih kultura	0,033	0,99	1,023
Ostaci u voćarstvu, vinogradarstvu i preradi voća	-	0,605	0,605
Tečni stajnjak	-	0,042	0,042
Drvena biomasa	1,021	0,509	1,53
Energetski zasadi	-	-	-
Biorazgradivi otpad	0	0,248	0,248
Biorazgradivi komunalni otpad	0	0,205	0,205
Biorazgradivi otpad (osim komunalnog)	0	0,043	0,043

Izvor / Source: Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine (2015)

Biomasa predstavlja jedan od najzastupljenijih obnovljivih izvora energije u Srbiji. Prema podacima Strategije razvoja energetike Republike Srbije za periodu do 2025. godine sa projekcijama do 2030. njen ukupni raspoloživi energetski potencijal u Srbiji čini oko 60% svih raspoloživih obnovljivih izvora energije (kao što su hidro potencijal, energija sunca, energija vetra i geotermalna energija).

Tokom 2019. godine, u Srbiji je od ukupne proizvedene energije 12% dobijeno sagorevanjem čvrste biomase, sa planiranim blagim porastom u budućem periodu. Od ukupne količine energije koja je u Srbiji dostupna u biomasi, veoma mali iznos, svega oko 2%, koristi se u toplanama. Umesto toga, potrošnja čvrste biomase odvija se dominantno u okviru sektora domaćinstva za potrebe zagrevanja prostorija (80%), industrija učestvuje sa 18%, a ostali sektori sa 2%.

Energija iz biomase (bioenergija) pruža važan doprinos ublažavanju klimatskih promena, kao i povećanju sigurnosti snabdevanja energijom. Pored energije, biomasa se koristi za proizvodnju hrane, odeće, papira, bioplastike, građevinskog materijala i dr. Nasuprot mnogim pozitivnim karakteristikama biomase, postoje i njene negativne osobine kao što su:

- mala gustina energije
- hidrofilne karakteristike, koje je čine ranjivom na bioizgradnju,
- vlaknasta struktura, koja otežava usitnjavanje i nasipanje
- heterogen sastav, koji otežava masovnu proizvodnju goriva sa ujednačenim karakteristikama (Hakeem i dr, 2014).

Društvene preferencije oko hrane, energije i zaštite životne sredine biće ključne determinante u kojoj meri se biomasa koristi za pružanje energetskih usluga, i da li se proizvodnja odvija na održiv ili neodrživ način. Sa porastom količine i raznovrnosti sirovina, poluproizvoda i finalnih proizvoda u okviru tehnoloških sistema, njihove složenosti i neodređenosti ponašanja, a posebno njihovih elemenata u kojima se odvijaju hemijske reakcije i energetski procesi, njihovi uticaji na zdravlje ljudi, materijalna i prirodna dobra su sve izraženiji (Krstić, 2018).

2. EKOLOŠKA FRAGMENTACIJA BIOGORIVA I FOSILNIH GORIVA / ECOLOGICAL FRAGMENTATION OF BIOFUEL AND FOSSIL FUELS

Polazna osnova za bilo kakvu upotrebu bioenergije je da je ona klimatski neutralna. Ovaj uslov je širi od zahteva da bude ugljenično neutralna a odnosi se na CO₂ i sve druge gasove sa efektom staklene bašte koji utiču na klimatske promene. To

znači da kada se osniva nova energetska kultura i zasad, ona treba da sekvstrira najmanje toliku količinu elemenata koji čine gasove sa efektom staklene bašte, kolika je bila sekvstrirana pre toga. Odnosi između energetske kulture i zasada i okoline su mnogobrojni i složeni, a važnost čvrstih biogoriva ne ograničava se samo na njihovom ekonomskom značaju već ima znatno šire implikacije, u prvom redu ekološke. Kod nas, a i u svetu, prevladava uverenje da energetske kulture i zasadi imaju više koristan nego štetan uticaj na okolinu, ali isto tako ima i dosta onih koji su prema njima prilično skeptični.

Čvrsta biogoriva predstavljaju alternativu za fosilna goriva i za ublažavanje klimatskih promena. Korišćenjem energetske kulture i zasada za proizvodnju energije doprinosi se očuvanju primarnih izvora fosilnih goriva kao što su nafta i ugalj. Biomasa dobivena iz prirodnih šumskih sastojaka i energetske kulture i zasada smatra se CO₂ - neutralnom sirovinom jer se njenim sagorevanjem ne povećava atmosferski CO₂ zbog njegove apsorpcije od strane useva u toku rasta. Energetske kulture i zasadi štite zemljište od erozije, poboljšavaju sadržaj organske materije a time i plodnosti zemljišta. Veoma su dobre u usvajanju azota i gotovo idealne za tretiranje zagađenja izazvanih nitratima u osetljivim ili ranjivim oblastima. Nivo nitrata i pesticida u podzemnim vodama ispod energetske kulture i zasada je generalno mnogo niži nego ispod travnjaka i obradivog zemljišta koje se đubri, zbog njihovog većeg apsorpcionog kapaciteta. Energetske kulture i zasadi umanjuju kontaminaciju vodnih područja i doprinose kvalitetu voda, te se kao takve daju podizati na vodozaštitnim zonama, a isto tako koristi za izgradnju tampon zona između prirodnih staništa i obradivih zemljišta ukoliko postoji pretnja curenja polutanata u prirodna staništa. Mogu se koristiti za remedijaciju kontaminiranih sredina kao što su otpadne gradske vode, otpadne industrijske vode, jalovišta, pa čak i za fitoekstakciju teških metala, uključujući i radioaktivne elemente. Energetske kulture i zasadi pokazuju nisku osetljivost na bolesti i štetočine zbog čega imaju niske potrebe za pesticidima i drugim hemijskim sredstvima. Na taj način se smanjuje rizik od onečišćenja zemljišta i podzemnih voda. Dobro planiranje i upravljanje sa energetskim kulturama i zasadima može poboljšati vrednost pejzaža i tako indirektno pozitivno doprineti razvoju ruralnog turizma. U određenim situacijama energetske kulture i zasadi preuzimaju ulogu zelenih barijera protiv buke i vizuelno afirmišu urbani pejzaž. Održivi porast proizvodnje i upotrebe biogoriva moguć je na širokim prostorima u svetu. Dilema hrana ili gorivo, odnosno hrana ili energija objektivno ne postoji jer se tek nešto više od 2% poljoprivredne proizvodnje u svetu orijentisano na energiju (Soccol i dr., 2022).

Prema Almuthu Ernstingu mrtvo drvo, grane, grančice i lišće, pa čak i panjevi definišu se kao „ostaci“, a oni su upravo esencijalni za reciklažu hranljivih sastojaka i za očuvanje plodnosti zemljišta, jačanje biodiverziteta i za skladištenje ugljenika. Navedeni stav autor potkrepljuje jednom studijom Finskog instituta za okolinu (SYKE) u kojoj se zaključuje da se mora povećati akumulacija organske materije ukoliko se žele sačuvati sadašnje rezerve ugljenika, a što je u suprotnosti sa sadašnjom praksom iznošenja svega iz šume. Drugim rečima, korišćenje sveukupne nadzemne biomase radi podmirjenja naraslih potreba za sirovinom za biogoriva, na duže staze je neodrživo. Kod razmatranja ovakvo osetljive teme ne smeju se zanemariti opštepoznate činjenice da mrtvo drvo i grančice sa lišćem i četinama štite zemljište od ekstremnog delovanja sunca i vetra, te da predstavljaju mikrostanište značajnog broja biljnih i životinjskih organizama, doprinoseći na taj način biodiverzitetu prirodne sredine. Kada se ovaj materijal u celosti ukloni dolazi do siromašenja zemljišta u hranljivim materijama, zemljište se isušuje i erodira, a biodiverzitet nestaje.

Kao jedna od mera za ublažavanje ove negativne pojave praktikuje se razbacivanje pepela po šumskim prostorima koji ostaje nakon sagorevanja biogoriva. Pri tome se ne može izgubiti iz vida da distribucija pepela po šumskim prostorima zahteva dodatnu potrošnju goriva i povećanje troškova u celini. Generalno, proizvodnja bio goriva ima manji značaj od onoga koji joj se u javnosti pridaje, a u isto vreme proizvodi ozbiljan domino efekat. Glavnim ekološkim pretnjama zbog masovnog uvođenja energetskih kultura i zasada, smatraju se:

- korišćenje genetski modifikovanog drveća,
- mogućnost transformacije vrsta iz veštačkih kultura u prirodne sastojke i njihovog ponašanja kao invazivnih vrsta, uz rizik od spon-tane hibridizacije,
- postepeni nestanak domorodačkog stanovništva u pojasu tropskih šuma i fenomen indirektno promene svrhe zemljišta,
- štetnost biogoriva po zdravlje ljudi.

Genetski modifikovano drveće danas se masovno proizvodi. Nestabilnije vrste sa niskim sadržajem lignina usmeravaju se ka proizvodnji etanola i celuloze, dok se brzorastuće i na hladnoću otporne vrste usmeravaju na biogoriva za proizvodnju toplote i elektriciteta. Genetski modifikovano drveće predstavlja novu pretnju za šumu, zajednice zavisne od šume i za klimu. Nemoguće je predvideti uticaj genetski modifikovanog drveća jer su neočekivane

mutacije više pravilo nego izuzetak. Genetski modifikovano drveće se može brzo raširiti po prirodnim šumama ili ukrstiti sa prirodnim drvećem.

U trci za profitom, energetske kulture se šire velikom brzinom, zalazeći i u osetljive ekosisteme. U Južnoj Africi više od 1.6 mil. ha. Je okupirano (naseljeno) invazivnim vrstama drveća koje su „pobegle“ iz plantaže. Naročito je agresivna vrsta mimoze *Acacia mearnsii*, koja je uvezena iz Australije pre više od sto godina. Jedan od potencijalno najvećih rizika je ukrštanje stranih sa domaćim genotipovima i stvaranje novih rekombinanata kao krajnje invazivnih biljaka (Sandoval, Pasiecznik, 2015)

Da bi se zadovoljile narasle potrebe za biomasom, nove plantaže se šire i u pojasu tropskih šuma. Domorodačka plemena ostaju bez skloništa i zaštite a od uvedenih monokultura ona nemaju nikakve koristi, niti od njih mogu preživeti. U isto vreme u svetu je prepoznat fenomen indirektno promene zemljišta, koji se manifestuje na sledeći način : kada se na jednom delu planete obradivo zemljište počne koristiti za proizvodnju biogoriva (najčešće biodizela na bazi poljoprivrednih useva), na drugom kraju planete dolazi do promene nepoljoprivrednog zemljišta (najčešće tropskih šuma) u plodno zemljište kako bi se nadoknadio manjak hrane zbog prethodno smanjene proizvodne površine. Prema procenama respektabilnih naučno-istraživačkih institucija u Evropi i Severnoj Americi indirektno promene namene zemljišta poništavaju gotovo polovinu očekivane koristi od prelaska sa fosilnih na biogoriva.

Pored ekoloških pretnji masovnom uvođenju energetskih kultura i zasada i supsekventnoj proizvodnji biogoriva pripisuje se još i pretnje po zdravlje i život ljudi, koje dolaze od same prirode energetskih kultura i zasada, od same prirode goriva, od opasnih i zapaljivih tehnologija koje se koriste u proizvodnji biogoriva. Konverzija prirodnih biljnih formacija u energetske kulture i zasade podrazumeva odgovarajuću pripremu zemljišta. Tom prilikom dolazi do narušavanja bilansa ugljenika gubitkom CO₂ sequestriranog u biomasi koja se uklanja.

Stvarni značaj čvrstih biogoriva u globalnom energetskom bilansu je za sada marginalan. Loženje drveta za industrijsku proizvodnju struje i toplote javlja se sve više kao alternativa. Globalno, svetske potrebe u energiji podmiruju uglj, nafta i zemni gas a svega 13% ukupne energije dolazi iz obnovljivih izvora. Zemlje Evropske Unije i SAD, kao najrazvijenije svetske ekonomije, poseduju ozbiljne strategije vezane za proizvodnju i upotrebu čvrstih biogoriva i biogoriva u celini.

Tabela 2. Prednosti i mane korištenja bioenergije.
Table 2. Advantages and disadvantages of using bioenergy

PREDNOSTI	MANE
Manji uticaj na okolinu od fosilnih gortva	Veća proizvodnja zahteva velike površine obradivog zemljišta
Obnovljiv izvor energije	Proizvodnja može zahtevati dosta električne energije
Lokalna proizvodnja	Zahtevaju kvalitet zemljišta
Fleksibilnost	Zavise od klimatskih uslova

Izvor / Source: <https://recikliraj.rs/energija/biomasa>

3. ZDRAVSTVENI ASPEKTI PROIZVODNJE ČVRSTIH BIOGORIVA / HEALTH ASPECTS OF SOLID BIOFUELS PRODUCTION

Paralelno sa fino dispergovanom fazom inertnih čestica (aerosolima), u vazduhu i uopšte u atmosferi stalno su prisutni i bioaerosoli, suspenzije čestica koje sadrže žive organizme ili su oslobođene od živih organizama. U ovu grupu najčešće ubrajamo: viruse, bakterije, spore gljiva, polenov prah. Njihova veličina varira od 10 nm (kod najsitnijih virusa) do 100 µm (kod zrna polena, a životni vek se kreće od par časova kod zrna polena do praktično neograničenog vremena kod nekih virusa (Kosalec, 2016). Proizvodnjom i uskladištenjem biogoriva i materijala koji služe za njihovu proizvodnju nastaju novi izvori bioaerosola, kojima se ljudi izlažu na poslu i kod svojih kuća. Glavna opasnost od bioaerosola su pretnje po ljudsko zdravlje. One se klasifikuju u tri osnovne grupe:

- pretnje od fizičkog kontakta,
- alergijske pretnje,
- pretnje od patogenih organizama (Baratta, 2021).

Pretnje od fizičkog kontakta čestica prašine sa organima za disanje kod čoveka, utoliko su veće ukoliko one dublje prodiru u disajni trakt. S obzirom na veličinu čestica i dubinu njihovog prodiranja razlikuju se: a) inhalaciona, b) torakalna i c) respiraciona prašina. Rizik od fizičkog kontakta, pored ostalog, zavisi od načina rasporeda materijalnih čestica u prostoru. Pod dejstvom gravitacije čestice se talože u vidu slojeva i na taj način umanjuju rizik od udisanja, te olakšavaju uklanjanje. Materijalne čestice koje se nisu smirile nalaze se u pobuđenom stanju, krećući se u vazduhu ne samo pod dejstvom gravitacije već i po raznim drugim uticajima kao što su kretanja struja, turbulencije, statički elektricitet i dr.

Alergijske pretnje se odnose na reakcije ljudskog tela i njegovog imunološkog sistema prema markerima u biološkom materijalu. Njihovo dejstvo je strogo specifično a reakcije individualne. Kod većine ljudi svakodnevna izloženost bioaerosolima ne izaziva nikakve posledice. Međutim, kod nekih

drugih, posledice su vidljive, od blagih alergija na organsku prašinu preko alergijskog alveolitisa i rinitisa, do najtežih oblika astme. S tim u vezi pogone za preradu i skladištenje biomase, kao potencijalne emitere bioaerosola ne bi trebalo locirati u blizini gusto naseljenih mesta, a u samim pogonima koncentraciju bakterija i gljivica održavati u prihvatljivim granicama.

Do patogenih pretnji dolazi kada se mikroorganizmi iz bioaerosola nastane u organizmu čoveka i tu započnu sa razmnožavanjem. Kao i u slučaju alergijskih pretnji kod ljudi su reakcije na ovu pojavu veoma različite. U proizvodnji i skladištenju čvrstih biogoriva iz primarnih bioizvora, patogene pretnje su slabo izražene. To nije slučaj sa postupcima kompostiranja, gde se mogu pojaviti neki po život opasni mikroorganizmi.

Intenzivna potražnja biogoriva širom sveta kao zamene za fosilna goriva izazvala je debatu o njihovim prednostima, posebno zabrinutosti za zdravlje ljudi. Potencijalni uticaji biogoriva na zdravlje su povezani sa biohemijskim i hemikalijama koje se primenjuju u procesima proizvodnje biogoriva. Takve kaustične hemikalije su veoma opasne po ljudsko zdravlje. Drugi uticaji biogoriva dolaze kroz zagađenje vode; zagađenje vazduha i upotreba agrohemi-kalija i pesticida za podizanje sirovine.

ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Proizvodnja čvrstih biogoriva suočava se sa brojnim izazovima i obzirima, po neki put i predrasudama. Među glavne izazove mogu se navesti: heterogenost sirovinske osnove, neunificiranost proizvodnog procesa, nepostojanje zajedničkih reprodukcionijskih kanala, opasnosti za ljudsko zdravlje i dr. Izvori iz kojih dolazi sirovina vrlo su raznoliki i obuhvataju prirodne i veštačke podignute zajednice drveća i grmlja, te prirodna staništa i veštački podignute zasade zeljastog bilja, uključujući i energetske trave. Heterogena sirovinska osnova, varijabilne terenske prilike, te prostorno i vremenski razdvojene operacije, zahtevaju angažovanje različitih sredstava za rad i njihovu inkorporiranost u dobro razrađene i u praksi proverene tehnološke linije, optimizirane za datu sirovinsku osnovu i raspoloživu

tehnološku opremljenost rada. Obziri koje proizvodnja biogoriva mora da respektuje su brojni i podjednako važni. Ova proizvodnja ne sme podizati postojeći nivo gasova sa efektom staklene bašte a isti se po mogućnosti treba smanjivati. Ne sme se smanjivati zaliha ugljenika u prirodi, a ista se po mogućnosti treba povećavati. Moraju se očuvati i zaštititi biodiverzitet, zemljište, voda i vazduh. Ova proizvodnja ne sme doći u koliziju sa drugim korisnicima i funkcijama zemljišta i vodnih resursa na istom prostoru. Čvrsta biogoriva dobijena iz fitomase energetskih trava imaju približno istu energetsku vrednost kao goriva proizvedena iz dendromase. Stoga upotreba tehničkog drveta (drveta od kojeg se primarno koriste tehnička svojstva) za proizvodnju biogoriva nema racionalnog opravdanja ako već postoje izvori ogrevnog drveta (drveta koje je primarno namenjeno za proizvodnju toplote) i energetskih trava.

Tehnološki proces proizvodnje čvrstih biogoriva određen je sukcesivnim nizom radnih operacija koje je potrebno izvršiti nad nekom sirovinom da bi se dobilo čvrsto biogorivo kao proizvod spreman za upotrebu odnosno tržište. Linije ili lanci proizvodnje su termin kojim se opisuje niz koraka, počevši od uzgoja, seče, usitnjavanja, presovanja, sušenja, skladištenja i transporta do konačne upotrebe, odnosno sagorevanja. Osnovni zadatak lanca proizvodnje je da proizvede biomasu za gorivo po najnižoj ceni, a koja ispunjava zahteve pogona za preradu u vezi sa karakterom goriva iz različitih izvora biomase.

Dramatičan rast u proizvodnji i upotrebi tehničkih biogoriva doveo je do zabrinutosti o povezanim uticajima na zdravlje ljudi. Međutim, do danas nije bilo pokušaja da se sveobuhvatno sintetizuje literatura o ovoj temi, uprkos velikom broju novih istraživanja objavljenih u poslednjih nekoliko godina. Rezultati istraživanja pokazuju da su ključni putevi ka zdravlju povezani sa tehničkim biogorivom. Oni se sastoje od četiri grupe izloženosti: profesionalne opasnosti; zagađenje vode/zemlja; zagađenje vazduha koje se odnosi na proizvodnju i upotrebu goriva; i cena hrane. Radi zaštite i očuvanja zdravlja ljudi neophodno je preduzeti sve mere u cilju zaštite, očuvanja i unapređenja geološke i predione raznovrsnosti. U tom smislu, važno je usklađivanje ljudskih aktivnosti putem ekonomskih i društvenih razvojnih planova, programa, osnova i projekata sa održivim korišćenjem obnovljivih i neobnovljivih prirodnih resursa kao i dugoročnog očuvanja prirodnih ekosistema i prirodne ravnoteže.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Baratta, B. (2021). *Study shows biodiesel's impact on human health*, Iowa Soybean Association, Iowa.
- [2] Bildirici, M., Özaksoy, F. (2013). The Relationship Between Economic Growth and Biomass Energy Consumption in some European Countries. *Journal of Renewable & Sustainable Energy*, 5, 023131.
- [3] Ciolkosz, D., Wallace, R. (2011). A review of torrefaction for bioenergy feedstock production. *Biofuels, Bioproduct and Biorefining*, 5, 317-329.
- [4] Crnobarac, J. (2020). Tehnologije proizvodnje u svetlu klimatskih promena, *54 Savetovanje poljoprivrednika Srbije*, Zlatibor, str. 7.
- [5] Hakeem, R.H, Jawaid, M., Rashid, U. (2014). *Biomass and Bioenergy – processing and properties*, Springer, 329-344.
- [6] Kanevče. G., Dedinec, A., Dedinec, A. (2016). Optimal Usage of Biomass for Energy Purposes Toward Sustainable Development - A Case of Macedonia, *Thermal Science*, 20 (1), 77-91.
- [7] Kosalec, I. (2016). *Mikrobiologija patogena*, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb, 9-17.
- [8] Krstić, I. (2018). *Tehnološki sistemi i zaštita*, Fakultet zaštite na radu, Niš, str.1-39
- [9] Love, J., Brayant, A. (2017). *Biofuels and Bioenergy*, John Wiley & Sons Ltd, pp. 157-171.
- [10] Sandoval, R., Pasiecznik, N. (2015). *Acacia mearnsii* (black wattle), CABI Compendium, DOI:10.1079/cabicompendium.2326, pristup 2.12.2022.
- [11] Soccol, C. R., Pereira, G. A. G., Dussap, C. G., & de Souza Vandenberghe, L. P. (Eds.). (2022). Liquid Biofuels: Bioethanol, In: *Biofuel and Biorefinery Technologies*, Vol. 12, Springer Nature (pp. 267-280).
- [12] Smith, A. R., Lukac, M., Hood, R., Healey, J. R., Miglietta, F., Godbold, D. L. (2013). Elevated CO₂ enrichment induces a differential biomass response in a mixed species temperate forest plantation, *New Phytologist*, 198(1), 156-168.
- [13] Spellman, F. R. (2017). *Forest-Based Biomass Energy – Concepts and Applications*, CRC Press, pp. 177-182.
- [14] <https://www.oilandgasiq.com/events-methane-mitigation-europe>, pristup 7.12.2022
- [15] <http://www.kikinda.org.rs/Images/UserFiles/File/u%20fokusu/2011/Biomasa%20kao%20biogorivo%20Kikinda.pdf>, pristup 14.12.2022.
- [16] <https://recikliraj.rs/energija/biomasa/>, pristup 16.12.2022.