

Uticaj biogoriva na ugljenikov trag

UDK: 005

Marjan Senegačnik^a, Drago Vuk^a, Nataša Petrović^b, Sonja Išljamović^b, Veljko Jeremic^b

^a Univerzitet u Mariboru, Facultet organizacionih nauka

^b Univerzitet u Beogradu, Facultet organizacionih nauka

Pitanja zaštite životne sredine – posebno smanjenje ugljenikovog traga – predstavljaju jedan od ključnih motiva za uvođenje alternativnih pogonskih goriva u automobilskoj industriji. Pre nekoliko godina biogoriva su okupirala značajnu pažnju ne samo zato što predstavljaju revolucionarnu promenu i što mogu postepeno da zamene konvencionalna goriva fosilnog (organskog) porekla, već i zato što predstavljaju rešenje koje u velikoj meri pogoduje očuvanju životne sredine. Međutim, sve više postaje jasno da uvođenje biogoriva po svaku cenu može da izazove i veliki broj negativnih posledica po okolinu. U ovom radu porede se uticaji biogoriva, konvencionalnih goriva fosilnog porekla i nekih drugih alternativnih goriva i pogona (automobili na vodonik i električni automobili) na životnu sredinu.

1. Uvod

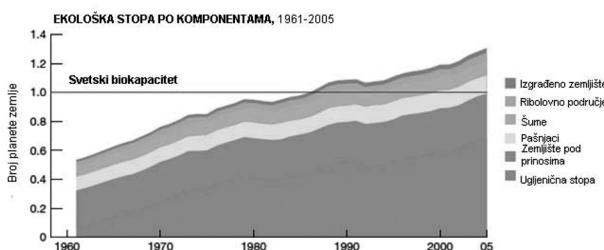
Alternativna pogonska sredstva za automobile postala su veoma interesantna tema tokom poslednje decenije [1]. Postoje za to i neki strateški i politički razlozi, ali glavni motiv za prelazak na alternativne vrste goriva su svakako problemi očuvanja životne sredine, posebno efekat staklene bašte i s tim u vezi pretnja od klimatskih promena [2, 3]. Kako velika većina automobila danas kao pogonsko gorivo koristi benzin ili dizel gorivo, svaka druga vrsta goriva – ponekad i gas – smatraju se alternativnim gorivima. Posebno interesantan alternativni vid pogona je onaj koji ne koristi fosilna goriva, a to je i najefikasniji način da se spriči emisija gasova sa efektom staklene bašte.

Klimatske promene se sve više posmatraju kao ozbiljna pretnja. Opšte je poznato da emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG) koje čovečanstvo oslobađa imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Najznačajniji gas sa efektom staklene bašte, proizvod ljudske de-latnosti, jeste ugljen-dioksid (CO_2). U stvari, sve ljudske aktivnosti imaju za posledicu emisiju CO_2 , a ona dovodi da klimatskih promena. Kad god koristi električnu stuju proizvedenu u elektranama na fosilno gorivo, greje se na gas ili vozi automobil sa benzinskim ili dizel motorom, čovek proizvodi emisije CO_2 . [ta više, svaki proizvod ili usluga koja se pruži korisniku posredno je izvor emisije CO_2 , pošto je za njihovu proizvodnju, transport i odlaganje potrebna energija. Ovi proizvodi i usluge izazivaju i emisije drugih gasova sa efektom staklene bašte. Da bi se efekti klimatskih promena sveli na najmanju meru, neophodno je da shvatimo i da se počne sa rešavanjem problema koje stvaraju uticaji čoveka na životnu sredinu.

Ugljenikov trag predstavlja „meru uticaja koju ljudi svojim aktivnostima imaju na životnu sredinu u smislu količine proizvedenih gasova sa efektom staklene bašte, izraženu u jedinici ugljen dioksida“[4]. Ova mera je uvedena kao pomoć pojedincima i organizacijama da odrede svoj lični ili organizacioni uticaj na globalno zagrevanje. Koncentracija ugljenika predstavlja ukupnu količinu gasova sa efektom staklene bašte koji nastaju u procesima kojima se neposredno ili posredno podržavaju ljudske aktivnosti, a obično se izražava u tonama ugljen-dioksida (CO_2), [5, 6].

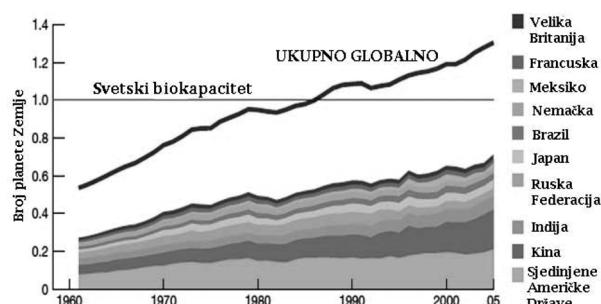
Drugim rečima, kad se koristi automobil, mašina sagoreva gorivo koje stvara određenu količinu CO_2 , u zavisnosti od načina na koji troši gorivo i od razdaljine koju prelazi, a kada se nafta, gas ili ugalj koriste za zagrevanje kuća, takođe se oslobođa CO_2 . Čak i kada se domovi zagrevaju pomoću električne struje, proizvodnja električne energije je svakako mogla da doprinese emisiji određene količine CO_2 , a kad se kupuje hrana ili druga dobra, tokom proizvodnje tih dobara i hrane takođe se oslobođaju neke količine CO_2 . Ugljenikov trag je stoga zbir svih emisija CO_2 (ugljen-dioksida) izazvana delovanjem čoveka u datom vremenskom periodu. Trag ugljenika se obično i izračunava za određeni period u godini.

U ovom trenutku, emisije ugljen-dioksida predstavljaju najznačajniji negativni uticaj koji čovek vrši na biosferu. Pošto je CO_2 najobimniji sastojak ekološke stope zagađenja, svaka promena metodologije u izračunavanju ugljenikovog traga može u značajnoj meri da izmeni strukturu ukupnog traga, slika 1.



Slika 1. Ugljenikov trag kao sastavni deo ekološke stope zagadenja, [7]

Prema Atlasu ekološke stope zagadenja, ugljenikov trag se izračunava kao količina zemljišta pod šumom potrebna da apsorbuje emisije ugljenika, [8]. On predstavlja najveći deo ukupnog zagadenja u svetu danas – mada u nekim zemljama čini manji deo ukupnog zagadenja koje te zemlje proizvode. Prvi korak u izračunavanju ugljenikovog traga obuhvata sabiranje svih emisija CO₂ kao proizvoda sagorevanja fosilnih goriva, promene namene zemljišta (seča šuma, na primer) i emisije nastale u međunarodnom saobraćaju ljudi i robe. Ovaj ukupni zbir predstavlja količinu antropogenih emisija CO₂ u globalnu atmosferu u dатој години. Drugo, kada se od ovog antropogenog zbir-a oduzme količina CO₂ koja se godišnje izdvaja iz svih oke-nana na planeti, preostali CO₂ prevodi se u količinu bioproduktivne šume potrebne da ovaj gas zadrži u toj godini, [9]. Pošto se sećom drvne grade oslobađa ovaj ugljenik, korišćenje šuma za izdvajanje ugljenika pot-puno je nespojivo sa korišćenjem tih istih šuma za proizvodnju drvne grade ili drva za ogrev.



Slika 2. Ugljenikov trag po pojedinačnim zemljama [12]

Kada se ugljenikov trag posmatra na globalnoj ravni, zapaža se da su zemlje koje imaju najviši nivo ugljenikovog traga one iste zemlje koje imaju i najvišu ekološku stopu zagadenja – SAD, Kina, Indija, a da najniži ugljenikov trag imaju afričke zemlje, slika 2, [7]. Ugljenikov trag se izračunava tako što se proračuna koliko je prirodnog izdvajanja (sekvestracije) potre-bno u odsustvu izdvajanja pod uticajem ljudskih aktivnosti. Godine 2009., 1 hektar je mogao da apsorbuje količinu CO₂ koja se oslobađala sagorevanjem oko

1.750 litara benzina, [10]. Ovakav postupak izračuna-vanja stope emisija ugljenika ne znači da izdvajanje ugljenika iz biomase predstavlja rešenje za globalne promene klime. Pre će biti obrnuto: pokazuje da biosfera ne raspolaže dovoljnim kapacitetima da se izbori sa nivoom emisije CO₂. Kako šume postaju starije, iz-dvajanje CO₂ se približava vrednosti nula. Ako se ove šume uništavaju ili raskrče, postaju čisti emiteri CO₂. Emisije ugljenika iz drugih izvora, ne samo iz sagorevanja fosilnih goriva sada su ubeležene u Izveštaje o nacionalnoj stopi emisije zagadenja. Ovi izveštaji obuhvataju i emisije gasova koji izlaze i gore u procesu proizvodnje nafte i prirodnog gasa, ugljenik oslobođen tokom hemijskih reakcija u proizvodnji cementa i emisije nastale u požarima u tropskim šumama.

Na tabeli 1. prikazana je emisija CO₂ za najčešće korišćena goriva:

Tip goriva	jedinica	CO ₂ emitovan po jedinici
Benzin	1 litar	2,3 kg
Gazolin	1 litar	2,3 kg
Dizel	1 litar	2,7 kg
Nafta (za grejanje)	1 litar	3 kg

Tabela 1. Emisija po jedinici goriva [7, 14]

Parametri iz tabele 1 se u svakodnevnom životu mogu predstaviti mnogo realističnije: ako automobil troši 8 litara dizela na 100 km, potrošiće $5 \times 8 = 40$ litara dize-la da bi prešao rastojanje od 500 km, što ugljenikovom tragu koji stvara pojedinac dodaje $40 \times 2,7 \text{ kg} = 108 \text{ kg}$, [11].

2. Poređenje alternativnih načina vožnje

Pre nekoliko godina veliku pažnju su privukle dve vrste alternativnih goriva: vodonik i biogorivo.

Vodonik se može koristiti na dva načina: u konven-cionalnim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem ili u gorivnim čelijama. Većina automobilskih kompanija posebno se okrenula istraživanju gorivnih čelija. Ipak, bez obzira na to kako će se vodonik koristiti u moto-ru, njegova široka primena će predstavljati revolu-cionarnu promenu i povezana je sa velikim brojem logi-stičkih problema. Mreža pumpi za snabdevanje vozila vodoničnim gorivom još ne postoji i tek treba da se us-

postavi. Pošto vodonik u standardnim uslovima ima veoma nisku energetsku vrednost po jedinici zapremine, treba da se koristi pod veoma visokim pritiskom (350-700 bara) ili na veoma niskoj temperaturi (-253°C) što predstavlja prilično veliki problem u tehničkom smislu, kao i određene probleme za bezbednost. Drugi problem jeste taj da na Zemlji vodonik praktično ne postoji u elementarnom stanju i da ga tek treba proizvesti. Smatra se da je najbolji način za proizvodnju vodonika elektroliza. Ali, ako se električna energija koja se koristi u ovom procesu dobija iz termoelektrana, emisije gasova sa efektom staklene baštne se neće smanjiti.

S druge strane, uvođenje biogoriva u upotrebu ne zahteva toliko drastične promene i može da se sprovodi postepeno. Biogoriva se mogu koristiti u čistom obliku ili se mogu mešati sa fosilnim gorivima praktično u svakom odnosu. Za ovo su potrebne samo male izmenе na motoru, a ako je deo biogoriva manji od 5%, nisu potrebne nikakve izmene. Takođe, kad se posmatraju logistički aspekti kao što je doprema goriva i mreža pumpi, situacija je mnogo manje složena. Činjenica da je biogorivo biorazgradivo donekle može da predstavlja problem zato što je onda stabilnost ovih goriva slabija. S druge strane, u slučaju nesreća kao što je izlivanje goriva, ovo čak predstavlja prednost i smanjuje rizik po životnu sredinu.

Pre nekoliko godina u centru pažnje su često bila istraživanja u vezi sa vodonikom kao pogonskim gorivom, kao i istraživanja u vezi sa sistemskim uvođenjem biogoriva, ali je bilo relativno malo vesti o tzv. vozilu na električni pogon (BEV). U poslednje vreme situacija se dramatično promenila pošto su BEV vozila postala glavna alternativa konvencionalnim tipovima vozila.

Treba napomenuti da električni automobili i primena biogoriva u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (nasuprot vozilima na vodonični pogon) ne predstavljaju nikakvu stvarnu novost pošto se za obe ove vrste zna praktično od početka automobilske ere. Ipak, zbog relativno niske cene nafte koja se koristi u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem koji troše derivate nafte, ovi derivati su skoro sasvim preovladali nakon 1920. godine i to traje sve do današnjih dana.

3. Emisije iz naftnih derivata

Problem s naftnim derivatima jeste taj što njihovim sagorevanjem dolazi do velikog zagađenja atmosfere. Klasični zagadivači kao što su ugljen monoksid (CO), ugljovodonik (HC), azotni oksidi (NO_x) i čestični

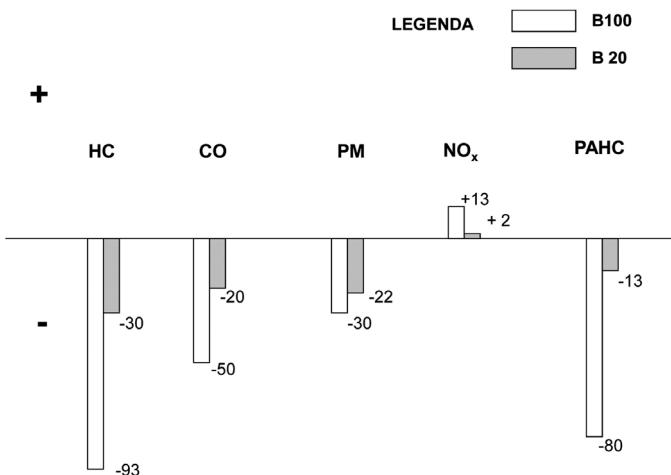
materijali (PM) ugrožavaju kvalitet vazduha i imaju poguban uticaj na ljudsko zdravlje. Za ovo se zna već decenijama. Tokom decenija sistematskih istraživanja razvijeni su uređaji za kontrolu emisije čime se postiglo značajno smanjenje emisija. Tako tipični trokraki konvertor smanjuje emisiju iz auspuha za 95-99% [12]. Kod komprimovanog paljenja (dizel), čestice iz motora (PM) predstavljaju poseban problem, ali njihova emisija se može smanjiti postavljenjem odgovarajućih filtera. Značajan napredak u razvoju uređaja za efikasnu kontrolu emisija vidi se i u seriji EURO standarda kojima se stalno smanjuje dozvoljeni nivo emisije određenih zagadivača. Ipak, uprkos svim ovim činjenicama, slab kvalitet vazduha još uvek predstavlja veliki problem u oblastima u kojima je saobraćaj naročito gust. Poboljšani kvalitet sistema za kontrolu emisija obično se ne vidi zbog sve veće gudine saobraćaja.

Drugačiji problem je ugljen-dioksid kao glavni element efekta staklene baštne antropogenog karaktera. Pošto ugljen-dioksid nije štetan za ljudski organizam, emisije ovog gasa godinama upošte nisu privlačile pažnju. Situacija se promenila kada su uočene prve posledice efekata staklene baštne i neželjene promene klime. Ugljen-dioksid je finalni prozvod sagorevanja svakog goriva koje sadrži ugljenik. Stoga se njegove emisije ne mogu smanjiti pomoću konvertora katalizatora ili sistema filtra što je bilo efikasno u slučaju klasičnih zagadivača. Jedini način da se smanje emisije ugljen-dioksida jeste da se smanji potrošnja goriva ili da se koriste alternativna goriva.

Kada se traže nove vrste goriva, sa ekološke tačke gledišta je važno da određeno gorivo proizvodi što je manje moguću emisiju štetnih gasova. To se odnosi na klasične zagadivače kao i na gasove sa efektom staklene baštne. Da bi se stakla prava slika o emisiji, mora se uzeti u obzir čitav životni ciklus goriva (proizvodnja goriva, poslovi logistike), ne samo izduvni gasovi iz vozila.

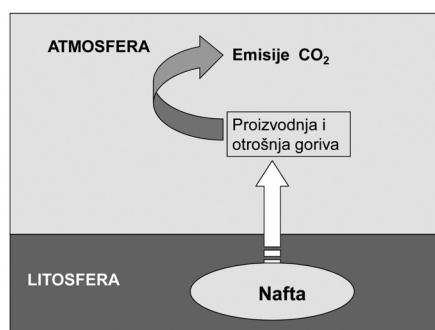
4. Emisija iz biogoriva

Klasični zagadivači (ugljen-monoksid, ugljovodonici i čestice) prisutni su u izduvnim gasovima zato što proces sagorevanja goriva nije kompletan, dok azotne okside u motoru grade kiseonik i azot iz vazduha na visokoj temperaturi. Ovi procesi se ne mogu izbegći ni kad je biogorivo u pitanju. Ipak, kod biogoriva emisije klasičnih zagadivača su niže (osim u slučaju azotnog oksida) što se vidi iz slike 1 na kojoj je predstavljeno poređenje između biodizela i dizel goriva fosilnog porekla.

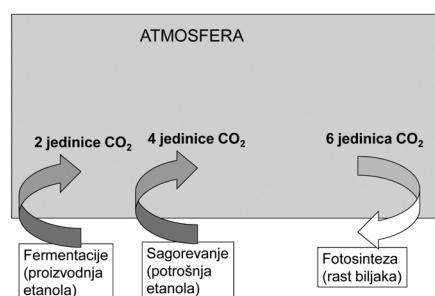


Slika 3. Promene u emisiji različitih zagadivača kad se konvencionalno dizel gorivo zameni čistim biodizelom (B100) ili mešavinom od 80% petrodizela i 20% biodizela (B20). Zagadivači su označeni skraćenicama: HC – ukupni ugljovodonici, CO – ugljen-monoksid, PM – čestični materijal, NO_x – azotni oksidi i PAHC – poliaromatični ugljovodonici [13]

Kada se posmatraju emisije ugljen-dioksida, smatra se da su biogoriva goriva u kojima nema ugljenika – to znači da ona uopšte ne emituju ugljen-dioksid. Ugljen-dioksid koji se emituje u atmosferu u procesu sagorevanja goriva (a u slučaju bioetanola u procesu fermentacije) izdvaja se iz atmosfere tokom procesa fotosinteze pomoću koje rastu biljke koje se koriste za proizvodnju biogoriva. Stoga u slučaju biogoriva postoji i jedan proces recikliranja ugljen-dioksida za razliku od slučajeva korišćenja fosilnih goriva kada se u atmosferu oslobađa čisti ugljen-dioksid, kako je prikazano na slici 4.



Slika 4.
Pojednostavljeni prikaz ravnoteže ugljen-dioksida a) za derivate nafte (fosilna goriva) i b) za bioetanol [14]



Proces prikazan na slici 4b, naravno, predstavlja samo veoma pojednostavljenu teorijsku sliku. Nažalost, u slučaju biogoriva takođe dolazi do određenih neto emisija ugljen-dioksida kao i drugih gasova sa efektom staklene bašte (metana /CH₄/ i azot-suboksida /N₂O/). Ipak, stepen ovih emisija u velikoj meri zavisi od izvora iz koga se biogorivo dobija kao i od načina proizvodnje.

Različite aktivnosti neophodne u proizvodnji biogoriva zahtevaju određeni utrošak energije. Kada se ta energija dobija iz fosilnih goriva, posledica su i određene emisije ugljen-dioksida. Kako je već pomenuto, sa ekološke tačke gledišta, jedan od najvažnijih ciljeva u primeni biogoriva jesu smanjene emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG emisije). Često nije lako proceniti koliko je stvarno smanjenje emisija GHG kada se fosilna goriva (benzin ili dizel gorivo) zamene određenim vrstama biogoriva. Stoga treba pažljivo proučiti ceo životni ciklus goriva. Za svaki korak u svakom životnom ciklusu treba odrediti preciznu ravnotežu GHG emisija [15-19].

Evropska unija je snažno podržala primenu biogoriva i postavila jasan cilj da do 2020. godine 10% ukupne količine goriva koje se koristi u saobraćaju treba da se dobija iz obnovljivih izvora. Pored ekoloških, ovo svakako treba da ima i neke druge pozitivne posledice kao što je manja zavisnost od uvoznog goriva i napredak organske poljoprivrede. Ipak, sve je očiglednije da biogoriva nemaju uvek povoljan uticaj na životnu sredinu. Intenzivna poljoprivreda u kojoj se koriste velike količine đubriva i zaštitnih sredstava zahteva prilično obimno ulaganje energije i proizvodi visok stepen zagadenja. Stvarno smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte često je skromno, a ponekad i sumnjivo. Po nekim procenama, neke vrste biogoriva čak proizvode veće emisije gasova sa efektom staklene bašte nego fosilna goriva. Pored toga, javljaju se i neke druge negativne ekološke, a i društveno-ekonomski posledice, kao što je zagodenje zemljišta i podzemnih voda, smanjeni biodiverzitet, sve skuplja hrana i sve ozbiljniji problem gladi u zemljama trećeg sveta.

Stoga je EU unekoliko revidirala svoju politiku u oblasti biogoriva [20]. Ciljna vrednost za 2020. godinu još uvek važi, ali se snažno naglašava zahtev da biogoriva treba proizvoditi na održivi način. Biogorivo treba da smanji stvarne efekte emisija gasova sa efektom staklene bašte za 35% u poređenju sa fosilnim gorivima. U periodu posle 2017. godine, ova vrednost će porasti na 60%.

5. Biogoriva prve, druge i treće generacije

Biogoriva se proizvode u komercijalne svrhe od poljoprivrednih proizvoda čija je konvencionalna namena da budu hrana za ljudе ili životinje – to su tzv. biogoriva prve generacije. Povećana potražnja za ovim proizvodima stoga će prouzrokovati porast cena hrane i čak poremećaje u lancu proizvodnje hrane. Pored toga, intenzivna poljoprivreda zahteva da se u nju uloži značajna količina energije i da se intenzivno koristi đubrivo i sredstva za zaštitu – tipični primeri su kukuruz, sojino seme i uljana repica. Proizvodnja biogoriva iz ovih izvora često se odlikuje niskim proizvodom neto energije (kako se vidi na tabeli 2) i niskim ili čak diskutabilnim smanjenjem emisije gasova sa efektom staklene bašte. Bioetanol iz šećerne trske, s druge strane, daje veliku količinu energije i u značajnoj meri smanjuje GHG emisije. Ovo se pokazalo veoma korisnim u Brazilu, jer ova zemlja decenijama nije zavisila od uvoza energetskog ulja. Nažalost, za uzgoj šećerne trske potrebna je tropska ili bar suptropska klima, tako da ova kultura ne može da se gaji u evropskim zemljama.

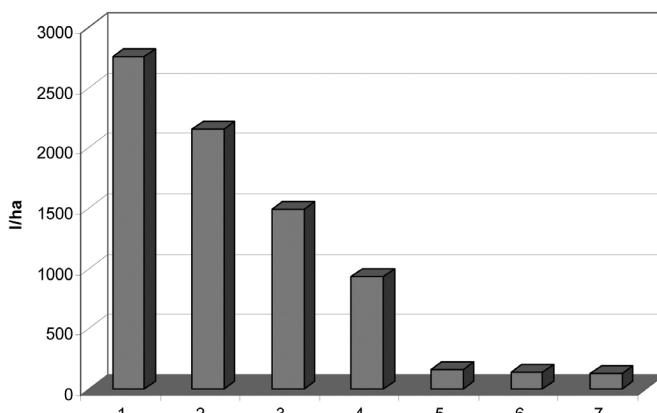
Generacija biogoriva	Resursi za proizvodnju biogoriva	Tip biogoriva	Zemlja	Odnos inputa/autputa energije
1.	Šećerna repa	Bioetanol	Brazil	8
1.	Kukuruz	Bioetanol	USA	1,3
1.	Uljana repica	Biodizel	EU	2,5
2.	Drvna celuloza	Bioetanol	*	2-36
3.	Alge	Biodizel	*	-

Tabela 2. Poređenje za biogoriva proizvedena iz različitih izvora
(* - još nisu dostupna u komercijalnoj upotrebi)

Biogoriva druge i treće generacije omogućavaju da se izbegne problem rivaliteta između proizvodnje hrane i proizvodnje goriva. U proizvodnji goriva druge i treće generacije ne koriste se jestivi delovi biljaka, niti postoji borba sa industrijom hrane oko obradivog zemljišta. Stoga ovo predstavlja dobro rešenje za budućnost. Nažalost, ovi procesi se danas razvijaju samo na laboratorijskom nivou i još nisu spremni za komercijalnu upotrebu.

Bioetanol proizveden iz drvne celuloze označan je kao biogorivo druge generacije. Pošto je celuloza u prirodi zastupljena više od bilo kog drugog izvora, u proce-

su proizvodnje bioetanola moguće je koristiti bilo koju sirovinu biljnog porekla. Kao izvori za proizvodnju goriva mogu da posluže otpadni delovi biljaka (na primer, stabljike i listovi kukuruza), otpadne materije u drvnoj industriji (iverje drveta, drvna prašina od tešterisanja) ili neke višegodišnje biljke (kadulja, miskant, itd) koje uspevaju na zemljištu niskog kvaliteta koje nije pogodno za druge poljoprivredne procese. Biodizel dobijen iz algi obično se naziva biogorivom treće generacije. Alge rastu veoma velikom brzinom i ne zahtevaju plodno zemljište, već samo sunce i ugljen-dioksid. Za to se može koristiti ugljen-dioksid iz elektrana ili toplana. Alge daju najviše goriva po jedinici površine kako je i prikazano na slici 5[20].



Slika 5. Količina biodizela po jedinici površine (liter/hektar) za rezličite vrste: 1 – alge, 2 – kokos, 3 – uljana palma, 4 – seme repice, 5 – soja, 6 – kikiriki, 7 – suncokret, na osnovu podataka iz literature [20].

6. Analiza životnog ciklusa

Od velike je važnosti da se izvrši precizna analiza životnog ciklusa za svako biogorivo posebno. Treba izračunati energetsku ravnotežu kao i ravnotežu emisija GHG. Da bi se dobila tačna predstava, treba uzeti u obzir sve aktivnosti koje se javljaju procesu ciklusa biogoriva. Na primer, za gajenje uljane repice optimalna pH vrednost zemljišta je neutralna vrednost (7,0). Ako je zemljište kiselo, često se dodaje kreč da bi se povećala pH vrednost. Ipak, kako naglašavaju Tham-siriroj i Murphy [15], ako se kreč ne uračuna u tu ravnotežu, proračun nije tačan, pošto proizvodnja i transport kreča imaju određeni uticaj na energetsku ravnotežu i značajan uticaj na ravnotežu GHG emisije.

U Direktivi EU jasno se definiše postupak kojim se određuju ukupne (neto) emisije koje nastaju prilikom proizvodnje goriva [9]. Emisije se izračunavaju kada se uštide u emisiji oduzmu od proizvedenih emisija

$$E = E_{prod} - E_{sav} \quad (1)$$

Na tabeli 3 prikazane su različite emisije nastale u proizvodnji i potrošnji goriva (E_{prod}) kao i uštede (E_{sav}) energije usled korišćenja biogoriva.

Proizvedene emisije (E_{prod})		Ušteda u emisiji (E_{sav})	
e_{cc}	Emisije iz obrade sirovina	e_{sca}	Uštede u emisiji usled pobiljanja upravljanja poloprivredom
e_i	Emisije izazvane promenom namene zemljišta	e_{cs}	Uštede u emisiji iz izdvajanja ugljenika i čuvanja u geološkim naslagama
e_p	Emisije iz prerade	e_{cr}	Uštede u emisiji od izdvajanja ugljenika i zamene
e_{td}	Emisije iz transporta i distribucije	e_{ee}	Uštede u emisiji od viška energije iz zajedničkog generisanja
e_u	Emisije iz potrošnje goriva		

Tabela 3. Doprinos biogoriva ukupnoj emisiji GHG [15-20]

Iz tabele 3 jasno se vidi da emisije gasova sa efektom staklene bašte nastaju kao rezultat velikog broja aktivnosti. Stoga nije moguće odrediti stvarnu vrednost ovih emisija ukoliko ne postoji precizna analiza životnog ciklusa goriva. Emisije treba izražavati kao masu CO_2 po jedinici energije goriva (g CO_2/MJ).

Uštedu u emisiji GHG kada se fosilno gorivo (benzin, dizel gorivo) zameni biogorivom lako je izračunati jednačinom Eq. (2)

$$Ušteda = \frac{E_F - E_B}{E_F} \quad (2)$$

U Eq. (2) E_B označava ukupnu emisiju GHG proizvedenu potrošnjom biogoriva (izračunatu preko EQ, (1)), a E_F označava ukupnu emisiju fosilnih goriva.

Kada se razmatraju različiti postupci proizvodnje određene vrste biogoriva, obično postoje različite varijante u vezi sa manipulisanjem otpadnim materijalom i tehnološkim pojedinostima. Za svaki postupak treba izračunati i emisije GHG i emisije energije i onda uporediti vrednosti da bi se izabralo optimalni postupak [15-20].

7. Zaključak

Nije lako predvideti koji će od alternativnih načina vožnje preovlađivati u budućnosti. Pošto se zamena derivata nafte biogorivom može vršiti na relativno jednostavan način, može se pretpostaviti da će uloga biogoriva biti značajna. Ipak, neophodno je uzeti u obzir da biogorivo ne treba uvoditi po svaku cenu. Je-

dino biogoriva proizvedena na održiv način predstavljaju adekvatnu zamenu za fosilna goriva i ona mogu značajno da doprinesu smanjenju GHG emisije i ugljenikovog traga, kao i druge negativne uticaje na životnu sredinu [21, 22]. Stoga je od velikog značaja da se, pre nego što se neko biogorivo uvede u upotrebu, izvrši precizna analiza životnog ciklusa sa odgovarajućim i jednom i drugom ravnotežom i da se sve kritički razmotri. Ako se ovo ne uradi, efekat može da bude upravo suprotan prvočitnoj namjeri i da donese više štete nego koristi za životnu sredinu.

LITERATURA

- [1] Batanović V, Guberinić S & Petrović R (2011). System theoretic approach to sustainable development problems. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 21(1): 1-10.
- [2] Petrović N, Isljamovic S, Jeremic V (2010). Zero waste as a new concept for sustainable development. *Management - časopis za teoriju i praksu menadžmenta*, 15(57): 39-45.
- [3] Petrović N, Drakulic M, Vujin V, Drakulic R, Jeremic V (2011). Climate changes and green information technologies. *Management - časopis za teoriju i praksu menadžmenta*, 16(59): 35-43.
- [4] <http://www.carbonfootprint.com/>
- [5] Brent, G.F., "Greenhouse gas implications of explosives and blasting", Proc. Rock Fragmentation by Blasting, Fragblast, 9 (2009) 673 – 681.
- [6] Klemes, J., Pierucci, S., "Carbon footprint and emission minimization, integration and management of energy sources, industrial application and case studies", Energy, 33 (2008) 1477–1479.
- [7] WWF International, „Living Planet Report“, 2008.
- [8] Ewing, B., Reed, A., Rizk, S., Goldfinger, S., Stechbhart, M., Wackernagel, M., "The Ecological Footprint Atlas 2008", Global Footprint Network, 2008.
- [9] Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., Wackernagel, M., "Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Account", Science for Environment, Vol.1, No. 1, 2007.
- [10] <http://www.carbontrust.co>
- [11] IEA, 2005. Emission facts: average carbon dioxide emissions resulting from gasoline and diesel fuel. <www.epa.gov/oms/climate/420f05001.htm>.
- [12] Mondt, J.R. (2000): Cleaner cars: the history and technology of emission control since the 1960s, Society of Automotive Engineers, Inc.
- [13] Pezdir, R. and Senegačnik, M: Introduction of Biodiesel in Slovenia, *Proceedings of the 7th International Conference: Strategic Management and its Support by Information Systems*, Čeladná, Czech Republic, 5.-6. September 2007. Technical

- University of Ostrava, Faculty of Economics, Ostrava, 81-89.
- [14] Vuk, D., Senegačnik, M., Mežnar, D. and Bitenc, I. (2008) Bioethanol as automotive fuel, *Proceedings of the 27th International Conference on Organizational Sciences Development: Knowledge for Sustainable Development*, Portorož, Slovenia, 19 – 21 March 2008. Založba Moderna organizacija, Kranj, 3097-3107.
- [15] Thamsiriroj, T. and Murphy, J.D. (2010). Can rape seed biodiesel meet the European Union sustainability criteria for biofuels?, *Energy Fuels*, Vol. 24, (2010) 1720-1730.
- [16] Cherubini, F.; Bird N.D.; Cowie, A. Jungmeier, G.; Schladminger, B. & Woess-Gallasch, S. (2009). Energy – and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations, *Resources Conservation and Recycling*, Vol. 53, No. 8, (2009) 434-447, ISSN: 0921-3449
- [17] Spatari, S.; Bagley, D.M. & MacLean, H.L., Life cycle evaluation of emerging lignocellulosic ethanol conversion technologies, *Bioresource Technology*, Vol. 101, No. 2, (2010) 654-667
- [18] ISO 14040 (2006): Environmental management - Life cycle assessment -Principles and framework, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneve
- [19] ISO 14044 (2006): Environmental management - Life cycle assessment -Requirements and guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneve
- [20] Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC: Accessible on: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF> (accessed August 2011)
- [21] Petrović N, Išljamović S, Jeremić V, Vuk D & Senegačnik M (2011). Ecological Footprint as indicator of students environmental awareness level at Faculties of Organizational Sciences, University of Belgrade and University of Maribor. *Management - časopis za teoriju i praksu menadžmenta*, 16(58): 15-21.
- [22] Išljamović S, Petrović N, Jeremić V, Vuk D & Senegačnik M (2011). Ecological Footprint as Sustainability Indicator of Students Environmental Awareness Level at Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor. 30th annual international conference on organizational science development, Future organization, Portoroz, Slovenia.