

Ekološki efekti primjene biodizela dobijenog od sjemenki grožđa u voznom parku dostavnih vozila

Marko Lučić*, Vladimir Vukašinić**, Dušan Gordić**, Ivan Grujić**

* Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Univerzitet Crne Gore

** Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Univerzitet u Kragujevcu

Rezime - Ekološki aspekti i održivost postaju sve važniji u transportnoj industriji, što nameće potrebu za pronalaženjem alternativnih goriva koja će doprinijeti smanjenju emisija gasova staklene bašte. Biodizel proizveden od nusproizvoda prehrambene industrije, kao što su sjemenke grožđa, predstavlja održivo rješenje koje omogućava smanjenje otpada i istovremeno doprinosi energetske tranziciji. Upotrebom biodizela od sjemenki grožđa podržavaju se principi cirkularne ekonomije. U ovom radu analiziran je ekološki potencijal korišćenja biodizela dobijenog iz sjemenki grožđa kao alternativnog goriva u voznom parku dostavnih vozila. Za analizu izduvne emisije koja potiče od voznog parka dostavnih vozila korišćen je softver COPERT koji je prvenstveno namijenjen za proračun zagađivača vazduha od drumskog saobraćaja. Rezultati dobijeni ovim istraživanjem ukazuju na ekološki potencijal implementacije biodizela dobijenog od sjemenki grožđa kao pogonskog goriva dostavnih vozila.

Gljučne reči - biodizel, alternativna goriva, izduvna emisija, vozni park

I UVOD

Klimatske promjene su globalni problem sa ozbiljnim poslasticama po ekosisteme i društva širom svijeta [1]. Najodgovorniji za klimatske promjene su emisije gasova staklene bašte (GHG), koje potiču iz različitih izvora, od kojih su urbanizacija, industrijalizacija i transport glavni. Klimatske promjene imaju direktan uticaj na poljoprivredni sektor, uključujući smanjenje prinosa i kvalitet usjeva. Razvoj održivih poljoprivrednih praksi, poboljšanje energetske efikasnosti i prelazak na obnovljive izvore energije predstavljaju adekvatan način za smanjenje negativnih uticaja klimatskih promjena [2]. Emisije VOC (*volatile organic compounds*) i CO₂ iz naftne i gasne industrije predstavljaju značajan izvor zagađenja i postoji ogromna potreba za poboljšanjem regulative i tehnologija za smanjenje tih emisija. VOC emisije, koje uključuju komponente kao što su benzen, toluen, etilbenzen i ksilen, značajno utiču na zdravlje ljudi, životinja i biljaka. Ove supstance su klasifikovane kao kancerogeni agensi, sa ozbiljnim negativnim efektima na respiratorni sistem i mogu se akumulirati u ekosistemima [3].

Drumski saobraćaj je veliki izvor zagađenja vazduha i emisija GHG. Emisije NO_x, PM_{2.5}, BC, CO, SO₂, VOC i drugih zagađujućih materija doprinose degradaciji kvaliteta vazduha i klimatskim promjenama [4]. Vozila sa Euro 6 emisionim standardom u značajnoj mjeri smanjuju zagađenje u gradovima,

ali i dalje postoje značajne razlike između laboratorijskih testova i stvarnih uslova vožnje. Takođe vrlo važno je dalje unapređenje tehnologija za naknadnu obradu izduvnih gasova, a postoji i velika potreba za realističnijim testovima koji prezentuju stvarne uslove vožnje [5]. Gradovi su odgovorni za 70% globalnih CO₂ emisija i ostvaruju potrošnju od dvije trećine svjetske energije. Većina gradova je još uvijek u velikoj mjeri zavisna od transporta baziranog na fosilnim gorivima, što doprinosi sve većem emitovanju štetnih emisija iz transporta [6].

Sve veća potrošnja fosilnih goriva u drumskom saobraćaju, povećava CO₂ emisiju u transportnom sektoru, a smamim tim i ukupnu CO₂ emisiju na globalnom nivou. Ovo povećanje CO₂ emisija ima veoma negativan uticaj na klimatske promjene, pa je rešavanje problema emisije iz transportnog sektora jedan od glavnih izazova sa kojim se suočavamo. Upotrebom obnovljive energije u transportu smanjuje se CO₂ emisija. Može se reći da je prelazak na obnovljive izvore energije u transportnom sektoru ključan za smanjenje CO₂ emisije. Postoji ogromna potreba za politikama koje podržavaju korišćenje obnovljive energije i smanjenje potrošnje fosilnih goriva, ali naravno bez ometanja ekonomskog rasta [7].

Ljudska populacija je konstantno u porastu, što dovodi do povećanja generisanja otpada, a time i značajne degradacija životne sredine. Različiti tipovi otpada uključuju komunalni čvrsti otpad, poljoprivredni otpad, biomedicinski otpad i industrijski otpad. Generisanje otpada je problem koji se ubrzano pogoršava sa predviđanjem da će do 2025. godine ukupna količina otpada dostići 2,2 milijarde tona godišnje. Najveći dio otpada u zemljama u razvoju se obrađuju putem odlaganja na deponijama, spaljivanja i nesavremenog odlaganja što ima brojne negativne posledice po životnu sredinu, uključujući zagađenje tla i podzemnih voda, kao i emisije štetnih gasova. Odlaganje na deponijama, kao glavna metoda, ima brojne nedostatke kao što su zagađenje i GHG emisije. Spaljivanje, smanjuje zapreminu otpada, ali uzrokuje zagađenje vazduha. Reciklaža smanjuje količinu otpada na deponijama i čuva prirodne resurse, ali zahtijeva visoke inicijalne investicije. Kompostiranje je ekološki prihvatljiv način obrade organskog otpada, ali zahtijeva velike površine i može izazvati neprijatne mirise. Anaerobna digestija, kao metoda tretmana otpada, proizvodi biogas i smanjuje količinu otpada, ali zahtijeva pravilno upravljanje [8].

U urbanim sredinama, globalno se generiše više od dvije milijarde organskog otpada godišnje. Međutim, samo oko 16% ovog otpada se reciklira, dok se više od 46% odbacuje. Organski

otpad se često razgrađuje na otvorenom, što ugrožava životnu sredinu i zdravlje ljudi [9]. Upravljanjem otpadom putem deponovanja i spaljivanja dovodi do ozbiljnih posljedica kao što su kontaminacija podzemnih voda, degradacija poljoprivrednih zemljišta i zagađenja vazduha. Evropska unija (EU) je u cilju prelaska sa linearnih modela upravljanja otpadom promovisala praksu prevencije, ponovne upotrebe, reciklaže i oporavka kroz hijerarhiju upravljanja otpadom. Formalno implementiran kroz Direktivu o otpadu iz 2008. godine, ovaj pristup postavlja ciljeve za ponovnu upotrebu i reciklažu otpada: najmanje 55% komunalnog otpada po težini treba biti ponovo upotrijebljeno ili reciklirano do 2025. godine, 60% do 2030. i 65% do 2035. godine. Postoje sumnje u sposobnost hijerarhije upravljanja otpadom, kao strategije za smanjenje deponovanja i spaljivanja, da minimizira ekološke implikacije i smanji korišćenje prirodnih resursa. Različite zemlje su usvojile politike upravljanja otpadom na nacionalnom nivou, uključujući takse na deponovanje i spaljivanje, zabrane deponovanja i šeme deponovanih depozita (deposit refund scheme – DRS) [10].

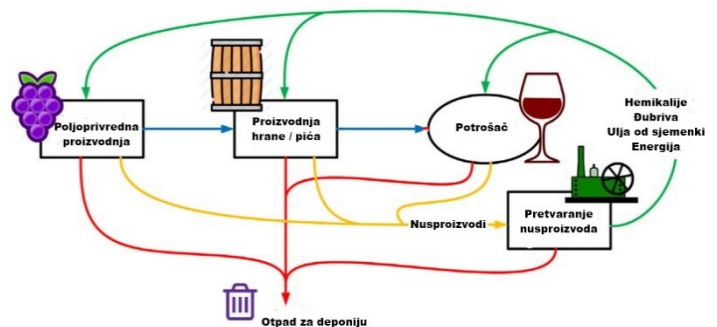
Ostaci iz proizvodnje vina, poput komine, sjemenki i peteljki, mogu se koristiti za proizvodnju bioenergije, biogasa i drugih industrijskih proizvoda. Ovo podrazumijeva pristup koji se fokusira na maksimalno iskorišćenje svih komponenti procesa proizvodnje vina, smanjenje otpada i doprinos cirkularnoj ekonomiji. Ostaci iz vinarije se mogu koristiti za generisanje energije, što smanjuje zagađenje i omogućava proizvodnju industrijskih značajnih proizvoda. Primjena tehnologija za ekstrakciju i preradu ostataka koji nastaju prilikom proizvodnje vina može značajno smanjiti ekološki otisak industrije proizvodnje vina. Primjena principa cirkularne ekonomije može značajno doprinijeti smanjenju ekološkog otiska i povećanju ekonomske vrijednosti otpada iz vinarstva [11]. Postoji velika potreba za poboljšanje energetske efikasnosti u vinogradarstvu, kroz inovacije, kao što su nove tehnologije i metode za optimizaciju potrošnje energije. Korišćenje otpada, koji nastaje prilikom proizvodnje vina, za proizvodnju energije direktno na licu mjesta smanjuje potrebu za ekstremnim izvorima energije i doprinosi održivosti. Takođe i potrošači sve više zahtijevaju ekološki prihvatljive proizvode, što na neki način motivira vinarije da poboljšaju svoje dosadašnje prakse [12].

U ovom radu su analizirani ekološke koristi upotrebe obnovljivog biodizela, koji se dobija od ostataka nastalih prilikom proizvodnje vina, na emisije izduvnih gasova emitovane od voznog parka dostavnih vozila.

II CIRKULARNA EKONOMIJA I BIODIZEL DOBIJEN OD ULJA SJEMENKI GROŽĐA

Posljednjih decenija proizvodni sistemi su funkcionisali prema principu „uzmi-napravi-koristi-odloži“ i često sa neodgovornim korišćenjem prirodnih resursa. Koncept cirkularne ekonomije se pojavio posljednjih godina kao potencijalna zamjena za sadašnji model linearne proizvodnje. Klimatske promjene, degradacija zemljišta i ekosistema, zajedno sa rastućom potražnjom za hranom i energijom izazvali su potražnju novih načina proizvodnje i potrošnje, kao i odlaganja otpada. Glavni izazov je transformacija otpada u korisne proizvode koji se mogu ponovo koristiti u kružnoj perspektivi, uključujući i valorizaciju poljoprivrednih i prehrambenog otpada. Rješenje za pomenuti

problem može biti održiva i kružna bioekonomija. Prilikom procesa proizvodnje vina stvaraju se različiti nusproizvodi kao što su dijelovi loze, sjemenke, peteljke grožđa, komina, kvasci, vinski talog i otpadne vode. Ovi nusproizvodi kao ukupno generisani otpad čine oko 20-30% ukupne mase proizvodnje vina i ukoliko se ne odlože na odgovarajući način smatraju se opasnim materijalima zbog visokog nivoa organskog sadržaja. Efikasna upotreba resursa i valorizacija ovakvih ostataka kroz odgovarajuće postupke recikliranja predstavlja značajnu dodatnu vrijednost koja se savršeno uklapa u koncepte cirkularne ekonomije. Cirkularna proizvodnja značajno smanjuje emisije CO₂, eutrofikaciju vode i potrošnju fosilnih goriva. Takođe ukupni ekološki uticaj je čak tri puta manji u modelu cirkularne ekonomije u poređenju sa tradicionalnim sistemom. Vinarije mogu postati primjer održive industrije kroz integraciju biorafinerija u svoje proizvodne procesa što može imati za posledicu ostvarivanje značajnih ekoloških i ekonomskih benefita. Na ovaj način smanjila bi se emisija gasova sa efektom staklene bašte, smanjila zavisnost od fosilnih goriva kroz korišćenje bioenergije i smanjile bi se količine generisanog otpada. Na Slici 1 prikazan je koncept usvajanja modela cirkularne ekonomije u industriji proizvodnje grožđa i vina [13].



Slika 1. Model cirkularne ekonomije u industriji proizvodnje grožđa i vina [13]

Ostaci iz industrije vina predstavljaju interesantnu sirovinu za proizvodnju biodizela u zemljama koje imaju značajnu proizvodnju vina. Sjemenke grožđa imaju veoma dobre karakteristike koje se nalaze u odgovarajućim opsezima prema standardu EN14214 [14].

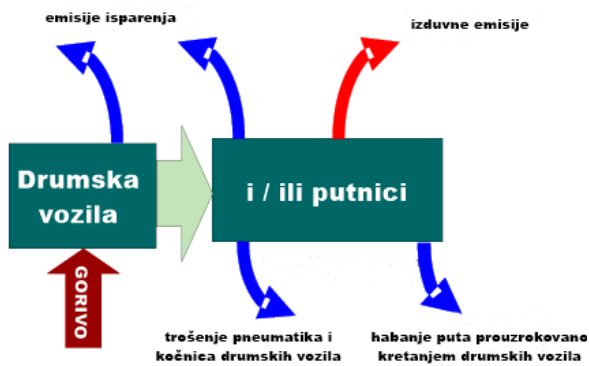
Biogoriva u posljednjih nekoliko godina privlače pažnju kao zamjena za konvencijalna goriva, a biogorivom se smatra bilo koje tečno gorivo biljnog porijekla koje može da zamijeni gorivo dobijeno od sirove nafte. Trenutno se biogoriva dobijena od grožđa klasifikuju u biogoriva prve generacije (hrana) i biogoriva druge generacije (sirovine koje nisu hrana). Proizvodnja biodizela iz sjemenki grožđa predstavlja ekonomsku alternativu za valorizaciju nusproizvoda dobijenih iz industrije proizvodnje vina. Nakon mehaničkog odvajanja, sjeme se drobi kako bi se proizvela polinezasićena ulja. Dobijeno ulje može se direktno koristiti u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem (SUS), ali može prouzrokovati različite probleme na samom motoru tokom vremena. Ulje dobijeno iz sjemena se preferencijalno koristi u motorima kako bi se smanjilo trenje između različitih djelova i produžio vijek trajanja motora smanjenjem unutrašnjeg zagrijavanja i habanja [15]. Proizvodnja biodizela iz poljoprivrednog otpada predstavlja ekonomsku alternativu

fosilnim gorivima. Sjemenke grožđa koje čine 2-5% težine grožđa, bogate su nezasićenim masnim kisjelinama, posebno linolnom kisjelinom (72-76%). Proizvodnjom biodizela iz ulja sjemenki grožđa ne samo da valorizuje nusproizvode industrije proizvodnje vina, već rešava problem upravljanja otpadom [16]. Biodizel dobijen iz ulja sjemenki grožđa ispunjava sve relevantne standarde za biodizel kvaliteta, uključujući viskozitet, kisjelost, sadržaj fosfora, stabilnost oksidacije i jodni broj. Ovi parametri ukazuju na to da biodizel proizveden iz ovog otpada vinarija može biti održiva alternativa konvencionalnom dizel gorivu [17]. Biodizel dobijen od ulja sjemenki grožđa, uz odgovarajuće modifikacije motora i sistema recirkulacije izduvnih gasova, može zaista na efikasan način smanjiti emisije, ali i poboljšati performanse motora. Sa ovakvim pristupom omogućeno je obnovljivo alternativno gorivo, ali i ponuđeno rješenje za problem upravljanja otpadom u industriji proizvodnje vina [18].

III SOFTVER ZA ANALIZU IZDUVNE EMISIJE KOJA POTIČE OD DRUMSKOG SAOBRAĆAJA - COPERT

COPERT je Microsoft Windows softver zasnovan na istoimenom modelu, razvijen kao evropski alat za proračun emisija iz sektora drumskog saobraćaja. Softver omogućava procenu emisija regulisanih zagađivača (CO, NO_x, VOC, PM), kao i nereguliranih supstanci (N₂O, NH₃, SO₂, NMVOC i dr.), uz paralelni obračun potrošnje energije. U funkcionalnom smislu, COPERT predstavlja specijalizovani kalkulator emisija izduvnih gasova za vozila koja koriste goriva u skladu sa EU standardima.

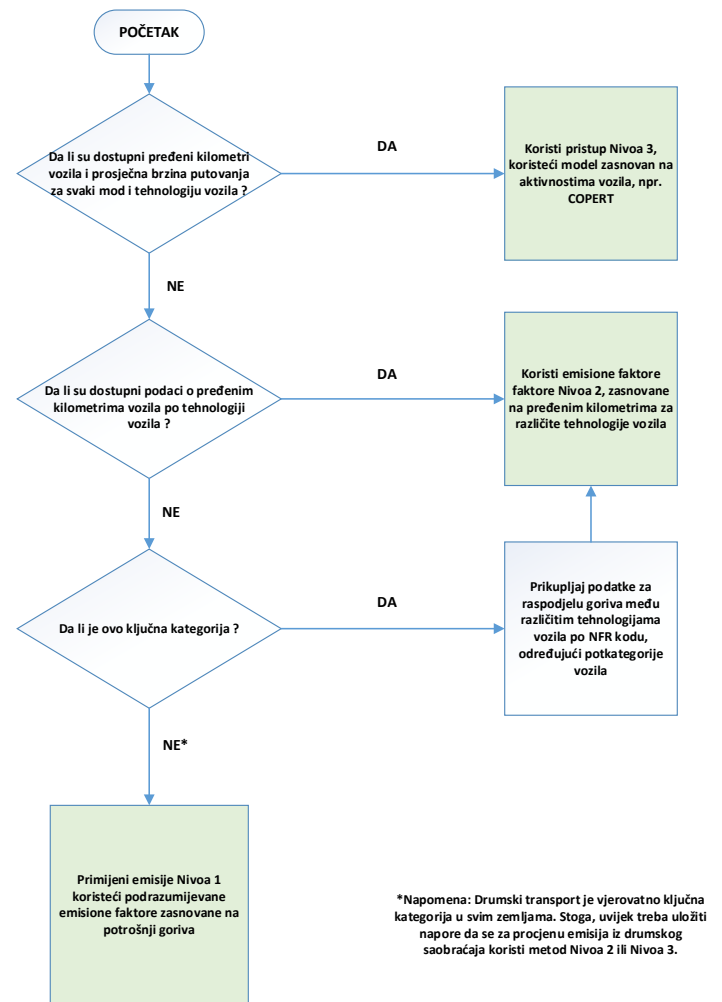
Emisije drumskog transporta generišu se procesom sagorevanja goriva, kao što su benzin, dizel, tečni naftni gas (TNG) i prirodni gas, u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem [19]. Na Slici 2 prikazan je dijagram toka emisija koje potiču iz drumskog saobraćaja



Slika 2. Dijagram toka emisija koje potiču od drumskog saobraćaja [19]

Softver kao ulazne podatke koristi populaciju vozila, kilometražu, brzinu i druge podatke kao što su temperatura okoline i izračunava emisije i potrošnju energije za određenu zemlju ili region. Postoje tri nivoa (Nivo 1, Nivo 2 i Nivo 3) koja se mogu koristiti prilikom proračuna emisija izduvnih gasova iz drumskog saobraćaja. Svaki od nivoa zahtijeva različitu vrstu podataka. Metod Nivoa 1 treba koristiti u slučaju odsustva bilo kakvih detaljnijih informacija vezanih za statistiku goriva. Potrebno je uložiti napore kako bi se prikupila detaljna statistika koja je potrebna za korišćenje sa metodama višeg nivoa, po mogućnosti Nivo 3. Na Slici 3. prikazana je procedura koja

omogućava odabir metode za procjenu emisija iz drumskog saobraćaja [19].



Slika 3. Šematski prikaz metodologije [19]

Preporuka je da kad je god moguće koristiti Nivo 3 metodologiju, jer ovaj pristup zahtijeva puno više statističkih podataka pa samim tim i procjena emisija izduvnih gasova će biti preciznija. Metod Nivoa 3 emisije izduvnih gasova se izračunavaju korišćenjem konkretnih tehničkih podataka (npr. emisioh faktora) i podataka o aktivnostima (npr. ukupni pređeni kilometri vozila). Alternativne metode Nivoa 3 mogu se pronaći u alatima kao što su Artemis, DACH-NL priručniku o emisioh faktorima i drugim nacionalnim modelima (npr. EMV u Švedskoj, Liipasto u Finskoj i Versit+ u Holandiji). Ukupne emisije izduvnih gasova iz drumskog saobraćaja se izračunavaju kao zbir vrućih emisija (kada je motor na svojoj normalnoj radnoj temperaturi) i emisija tokom prolaznog termičkog rada motora (nazvane emisije „hladnog pokretanja“). Razlika između emisija tokom „vruće“ stabilizovane faze i prelazne faze „zagrijavanja“ neophodna je zbog značajne razlike u performansama emisije vozila tokom ova dva uslova. Koncentracije nekih zagađivača tokom perioda aktiviranja su višestruko veće nego tokom rada na toplom, a za procjenu dodatnih emisija tokom ovog perioda potreban je drugačiji metodološki pristup. Znači, ukupne emisije se mogu izračunati pomoću sledeće jednačine:

$$E_{TOTAL} = E_{HOT} + E_{COLD} \quad (1)$$

gdje su:

E_{TOTAL} - ukupne emisije bilo kog zagađivača u okviru posmatranog prostora i vremenskog intervala,

E_{HOT} - emisije koje nastaju tokom stabilizovanog (toplog) rada motora,

E_{COLD} - generisane u prelaznom termičkom režimu, odnosno tokom hladnog starta.

Emisije iz vozila u velikoj mjeri zavise od uslova rada motora. Različite situacije u vožnji nameću različite uslove rada motora, a samim tim i različite performanse emisije. U tom pogledu pravi se razlika između gradske, vangradske i vožnje autoputem. Svakoj situaciji vožnje se pripisuju različiti podaci o aktivnostima i emisioni faktori. Emisije pri hladnom startovanju se uglavnom pripisuju gradskoj vožnji (sekundarno vangradskoj vožnji), jer se očekuje da ograničen broj putovanja počinje u uslovima autoputa. Ukupne emisije, što se tiče uslova vožnje, mogu se izračunati pomoću jednačine:

$$E_{TOTAL} = E_{URBAN} + E_{RURAL} + E_{HIGHWAY} \quad (2)$$

gdje su E_{URBAN} , E_{RURAL} , $E_{HIGHWAY}$ ukupne emisije bilo kog zagađivača za odgovarajuće situacije vožnje.

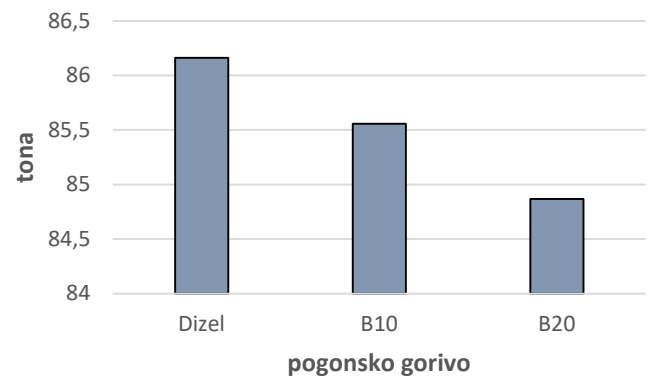
Ukupne emisije se izračunavaju kombinovanjem podataka o aktivnostima za svako vozilo sa odgovarajućim emisionim faktorima. Emisioni faktori variraju u zavisnosti od ulaznih podataka (situacije u vožnji, klimatski uslovi) [19].

IV EKOLOŠKI EFEKTI PRIMJENE BIODIZELA DOBIJENOG OD ULJA SJEMENKI GROŽĐA U VOZNOJ POKRETNOSTI DOSTAVNIH VOZILA

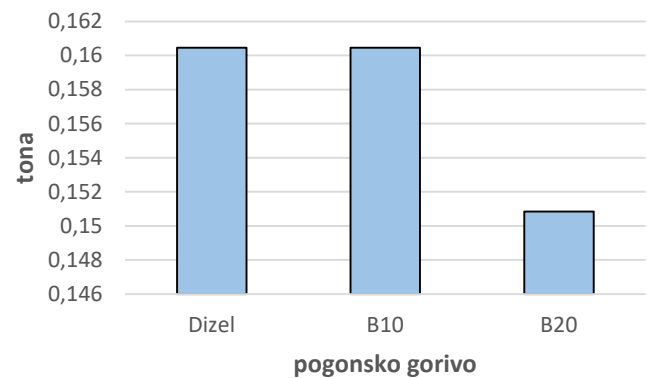
U radu su analizirane tri vrste goriva i to konvencijalno dizel gorivo, dostupno na benzinskim stanicama i dvije mješavine konvencijalnog dizela sa biodizelom dobijenim iz ulja sjemenki grožđa. Mješavina B10 koja sadrži 90% konvencijalnog dizel goriva i 10% biodizela i mješavina B20 koja sadrži 80% konvencijalnog dizel goriva i 20% biodizela dobijenog iz ulja sjemenki grožđa. Vozni park se sastoji od 15 istih dostavnih vozila kategorije N1 koja ostvaruju pogon posredstvom motora sa unutrašnjim sagorijevanjem Euro 3 emisionog standarda. Mješavine sa većim sadržajem biodizela nisu analizirane jer bi njihova primjena zahtijevala modifikaciju sistema za ubrizgavanje goriva. Sva vozila godišnje prelaze 25 000 km, 30% svojih kretanja obavljaju u gradskoj vožnji kada je prisutno veliko saobraćajno opterećenje, 30% takođe u gradskoj vožnji ali sa slabim saobraćajnim opterećenjem i 40% u vangradskoj vožnji. Ukupne godišnje emisije CO₂ cjelokupnog voznog parka dostavnih vozila prikazane su na Slici 4 za sve tri vrste goriva. Upotrebom konvencijalnog dizela emitovana ukupna godišnja CO₂ emisija voznog parka iznosila je nešto više od 86 tona. Upotrebom mješavina konvencijalnog dizel goriva i biodizela dobijenog od ulja sjemenki grožđa B10 i B20 zabilježeno je smanjenje ukupne emitovane godišnje CO₂ emisije i to za 0,7% i 1,5% respektivno u odnosu na upotrebu konvencijalnog dizel goriva.

Ukupne godišnje emisije CO cjelokupnog voznog parka dostavnih vozila prikazane su na Slici 5 za sve tri vrste goriva. Upotrebom konvencijalnog dizela emitovana ukupna godišnja

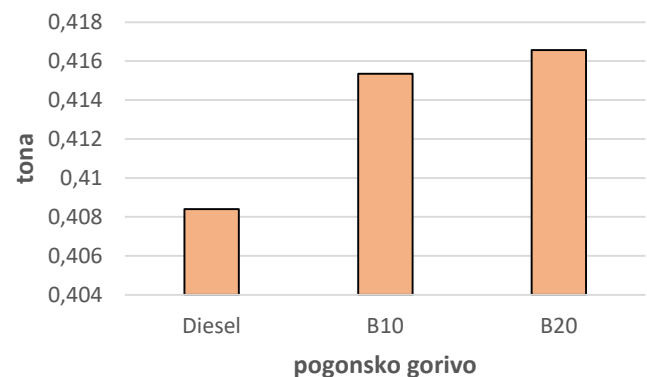
CO emisija voznog parka iznosila je 0,16 tona. Upotrebom mješavina konvencijalnog dizel goriva i biodizela dobijenog od ulja sjemenki grožđa B10 nije zabilježena promjena CO emisije, dok je upotrebom mješavine konvencijalnog dizel goriva i biodizela dobijenog od ulja sjemenki grožđa B20 zabilježeno smanjenje od 6% u odnosu na upotrebu konvencijalnog dizel goriva.



Slika 4. Ukupna godišnja CO₂ emisija



Slika 5. Ukupna godišnja CO emisija

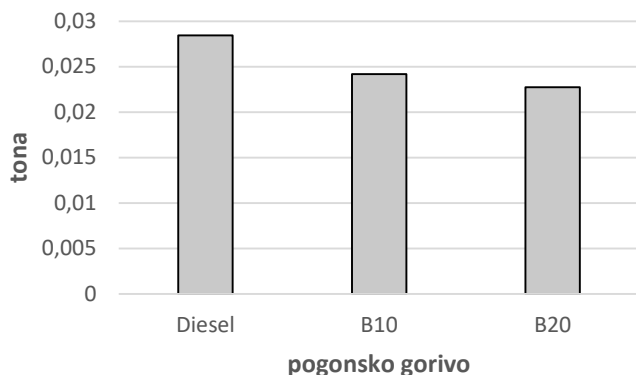


Slika 6. Ukupna godišnja NO_x emisija

Ukupne godišnje NO_x emisije cjelokupnog voznog parka dostavnih vozila prikazane su na Slici 6 za sve tri vrste goriva. Upotrebom konvencijalnog dizela emitovana ukupna godišnja CO₂ emisija voznog parka iznosila je 0.4 tone. Upotrebom mješavina konvencijalnog dizel goriva i biodizela dobijenog od

ulja sjemenki grožđa B10 i B20 zabilježeno je povećanje ukupne emitovane godišnje NOx emisije i to za 1,7% i 2,0% respektivno u odnosu na upotrebu konvencijalnog dizel goriva.

Ukupne godišnje PM emisije cjelokupnog voznog parka dostavnih vozila prikazane su na Slici 7 za sve tri vrste goriva. Upotrebom konvencijalnog dizela emitovana ukupna godišnja PM emisija voznog parka iznosila je nešto više od 0,028 tona. Upotrebom mješavina konvencijalnog dizel goriva i biodizela dobijenog od ulja sjemenki grožđa B10 i B20 zabilježeno je smanjenje ukupne emitovane godišnje PM emisije i to za 15% i 20% respektivno u odnosu na upotrebu konvencijalnog dizel goriva.



Slika 7. Ukupna godišnja emisija PM čestica

V ZAKLJUČAK

Biogoriva mogu predstavljati goriva budućnosti sa kojima se vrlo efikasno može smanjiti emisije izduvni gasova u drumskom saobraćaju. Ukoliko se još radi o obnovljivom biogorivu dobijenom iz otpada, efekat primjene biogoriva može biti značajno veći sa ekološkog aspekta, ali i sa ekonomskog aspekta. Koncepti biorafinerije i usvajanje principa cirkularne bioekonomije mogu biti ključni faktori u potpunom korišćenju otpada za proizvodnju novih proizvoda sa dodatnom vrijednošću. Ovim istraživanjem je pokazano da u voznom parku dostavnih vozila se može ostvariti pozitivan efekat sa aspekta smanjenja izduvne emisije, upotrebom biodizela dobijenog iz ulja sjemenki grožđa. Analiza emisije izduvni gasova koje emituje vozni park dostavnih vozila izvršena je posredstvom softvera COPERT koji je zasnovan na istoimenom modelu. Emisije CO₂ su smanjene za 0,7% upotrebom goriva B10, odnosno za 1,5% upotrebom goriva B20 u poređenju sa upotrebom konvencijalnog dizel goriva. Takođe smanjene su i emisije CO i to za 6% upotrebom B20 goriva, dok su ove emisije ostale ne promijenjene upotrebom B10 goriva u odnosu na upotrebu konvencijalnog dizel goriva. Smanjenje je zabilježeno i kada su u pitanju emisije PM čestica i to za 15% upotrebom B10 goriva odnosno 20% upotrebom B20 goriva u odnosu na konvencijalno dizel gorivo. Osim pozitivnih efekata o kojim svjedoče prethodno pomenuta smanjenja emisija, javlja se i negativan efekat u vidu povećanja NOx emisija i to za 1,7% upotrebom B10 goriva, odnosno za 2% upotrebom B20 goriva u poređenju sa konvencijalnim dizel gorivom. Sva prethodna smanjenja odnosno povećanja emisija jesu u odnosu na trenutno stanje kada vozni park dostavnih vozila upotrebljava isključivo konvencijalno gorivo kao pogonsko gorivo.

LITERATURA

- [1] Rawat, A., Kumar, D., Khati, B.S. A review on climate change impacts, models, and its consequences on different sectors: a systematic approach, *Journal of Water and Climate Change*, Vol. 15, No. 1, pp. 104-126, 2024. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.536>
- [2] Kabir, M., Habiba, U.E., Khan, W., Shah, A., Rahim, S., De los Rios-Escalante, P.R., Faroqui, Z., Ali, L., Shafiq, M. Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review, *Journal of King Saud University - Science*, Vol. 35, No. 5, pp. 102693, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102693>
- [3] Fetisov, V., Gonopolsky, A.M., Davardoost, H., Ghanbari, A.R., Mohammadi, A.H. Regulation and impact of VOC and CO₂ emissions on low-carbon energy systems resilient to climate change: A case study on an environmental issue in the oil and gas industry, *Energy Science and Engineering*, Vol. 11, No. 4, pp. 1516-1535, 2023. <https://doi.org/10.1002/ese3.1383>
- [4] Mbandi, A.M., Malley, C.S., Schwela, D., Vallack, H., Emberson, L., Ashmore, M.R. Assessment of the impact of road transport policies on air pollution and greenhouse gas emissions in Kenya, *Energy Strategy Review*, Vol. 49, pp. 101120, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101120>
- [5] Maurer, R., Kossioris, T., Hausberger, S., Toenges-Schuller, N., Sterlepper, S., Gunther, M., Pischinger, S. How to define and achieve Zero-Impact emissions in road transport?, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 116, pp. 103619, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103619>
- [6] Winkler, L., Pearce, D., Nelson, J., Babacan, O. The effect of sustainable mobility transition policies on cumulative urban transport emissions and energy demand, *Nature Communications*, Vol. 14, No. 1, 2357, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37728-x>
- [7] Dai, J., Alvarado, R., Ali, S., Ahmed, Z., Meo, M.S. Transport infrastructure, economic growth, and transport CO₂ emissions nexus: Does green energy consumption in the transport sector matter?, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 30, No. 14, pp. 40094-40106, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-25100-3>
- [8] Hajam, Y.A., Kumar, R., Kumar, A. Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development, *Environmental Challenges*, Vol. 13, pp. 100747, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100747>
- [9] Beesigamukama, D., Tanga, C.M., Sevgan, S., Ekesi, S., Kelemu, S. Waste to value: Global perspective on the impact of entomocomposting on environmental health, greenhouse gas mitigation and soil bioremediation, *Science of The Total Environment*, Vol. 902, pp. 166067, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166067>
- [10] Malek, W., Mortazavi, R., Cialani, C., Nordström, J. How have waste management policies impacted the flow of municipal waste? An empirical analysis of 14 European countries, *Waste Management*, Vol. 164, pp. 84-93, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.03.040>
- [11] Abbate, S., Centobelli, P., Di Gregorio, M. Wine waste valorisation: crushing the research domain, *Review of Managerial Science*, Vol. 19, pp. 963-998, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00779-5>
- [12] de Castro, M., Baptista, J., Matos, C., Valente, A., Briga-Sá, A. Energy efficiency in winemaking industry: Challenges and opportunities, *Science of the Total Environment*, Vol. 930, 1723383, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172383>
- [13] Ncube, A., Fiorentino, G., Colella, M., Ulgiati, S. Upgrading wineries to biorefineries within a Circular Economy perspective: An Italian case study, *Science of the Total Environment*, Vol. 775, 145809, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145809>
- [14] Bolonio, D., García-Martínez, M.J., Ortega, M.F., Lapuerta, M., Rodríguez-Fernández, J., Canoira, L. Fatty acid ethyl esters (FAEEs) obtained from grapeseed oil: A fully renewable biofuel, *Renewable Energy*, Vol. 132, pp. 278-283, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.010>
- [15] Ahmad, B., Yadav, V., Yadav, A., Ur Rahman, M., Yuan, W.Z., Li, Z., Wang, X. Integrated biorefinery approach to valorize winery waste: A review from waste to energy perspectives, *Science of the Total Environment*, Vol. 719, pp. 137315, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137315>
- [16] Sarno, M., Iuliano, M. Enzymatic production of biodiesel from grapeseed oil, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 80, pp. 301-306, 2020. <https://doi.org/10.3303/CET2080051>

- [17] Fernández, C.M., Ramos, M.J., Pérez, Á., Rodríguez, J.F. Production of biodiesel from winery waste: Extraction, refining and transesterification of grape seed oil, *Bioresource Technology*, Vol. 101, No. 18, pp. 7019-7024, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.04.014>
- [18] Praveena, V., Leenus Jesu Martin, M., Edwin Geo, V. Effect of EGR on emissions of a modified DI compression ignition engine energized with nanoemulsive blends of grapeseed biodiesel, *Fuel*, Vol. 267, pp. 117317, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117317>
- [19] Methodology for the calculation of exhaust emissions – SNAPs 070100-070500, NFRs 1A3bi-iv, <https://copert.emisia.com/copert/methodology/> [pristupljeno 3.03.2025]

AUTORI

msr Marko Lučić, saradnik u nastavi, Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, markol@ucg.ac.me, ORCID [0009-0004-9978-5967](https://orcid.org/0009-0004-9978-5967)
dr Vladimir Vukašinović, vanredni profesor, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, vladimir.vukasinovic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0001-6489-2632](https://orcid.org/0000-0001-6489-2632)
dr Dušan Gordić, redovni profesor, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, gordic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-1058-5810](https://orcid.org/0000-0002-1058-5810)
dr Ivan Grujić, docent, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, ivan.grujic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0003-0572-1205](https://orcid.org/0000-0003-0572-1205)

Ecological Effects of Using Biodiesel Obtained from Grape Seeds in the Fleet of Delivery Vehicles

***Abstract** – Environmental aspects and sustainability are becoming increasingly important in the transport industry, which imposes the need to find alternative fuels that will contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. Biodiesel produced from by-products of the food industry, such as grape seeds, is a sustainable solution that allows for waste reduction and at the same time contributes to the energy transition. The use of grape seed biodiesel supports the principles of the circular economy. This paper analyses the environmental potential of using grape seed biodiesel as an alternative fuel in the delivery vehicle fleet. The COPERT software, which is primarily intended for the calculation of air pollutants from road traffic, was used to analyse exhaust emissions from the delivery vehicle fleet. The results obtained from this research indicate the environmental potential of implementing biodiesel derived from grape seeds as a fuel for delivery vehicles.*

***Index terms** – Biodiesel, Alternative fuels, Exhaust emission, Vehicle fleet*