

Dževad Bibić, Ivan Filipović, Boran Pikula, Breda Kegil

ISSN 0350-350X

GOMABN 52, 2, 88-98

Izvorni znanstveni rad / Original scientific paper

POBOLJŠANJE EKOLOŠKIH PERFORMANSI DIZELOVIH MOTORA KORIŠTENJEM MJEŠAVINA KONVENCIONALNIH FOSILNIH GORIVA I BIODIZELA

Sažetak

Uporaba goriva iz obnovljivih izvora energije nije više stvar opredjeljenja pojedinaca da na lokalnoj razini osobnim primjerom doprinesu smanjenju emisije zagađujućih tvari iz ispuha cestovnih vozila, već sveobuhvatna strategija i temelj unapređenja i razvoja globalnog energetskog sektora i ciljani doprinos smanjenju zagađenja okoliša. Kako bi se podcrtao značaj takvih opredjeljenja, u okviru međunarodnih sporazuma jasno se navode ciljevi koji se žele postići u budućnosti. Međutim, pri postavljanju ciljeva u pogledu povećanja obujma korištenja biodizela, treba voditi računa o dostupnosti takvog goriva i o mogućnosti njegove primjene u postojećem voznom parku. Budući da su izvori sirovine i tehnologije za dobivanje biodizela još uvijek na takvoj razini da ne mogu pokriti potrebe cjelokupnog tržišta, a i vozni park je prvenstveno prilagođen za korištenje konvencionalnog fosilnog goriva, prijelazno rješenje je upravo korištenje mješavine ova dva goriva.

U okviru ovog rada razmatrana je uporaba mješavine konvencionalnog fosilnog dizel goriva i biodizela u dizelovim motorima s unutarnjim izgaranjem (SUI) namijenjenih za putna vozila. Analizirani su trendovi promjene energetskih (snaga, moment, specifična potrošnja goriva) i ekoloških (emisija zagađujućih tvari) performansi dizelovih motora u ovisnosti o postotnom udjelu biodizela u mješavini goriva.

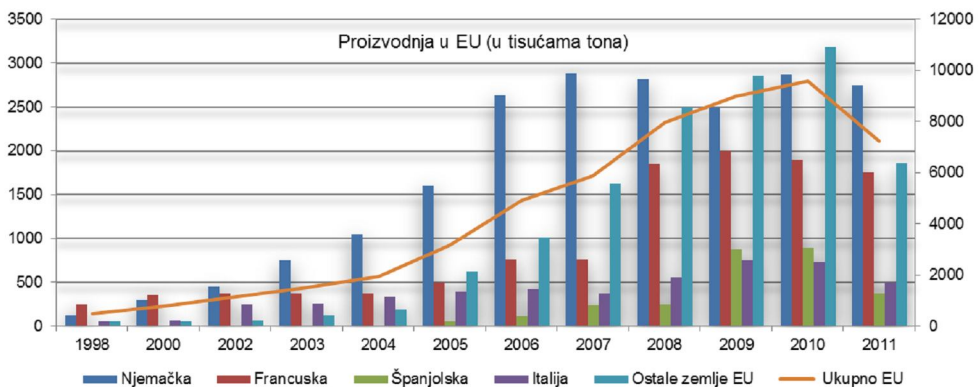
Ključne riječi: *mješavina biogoriva, motor s unutarnjim izgaranjem, performanse*

1. Uvod

Mnogobrojne studije i izvještaji instituta i organizacija europske i svjetske razine nedvojbeno ukazuju na negativan utjecaj upotrebe goriva fosilnog porijekla na zagađenje životnog okoliša i zdravlje čovjeka, npr. [1]. Pri tome se u prvi plan stavlja emisija ugljikovog dioksida CO₂, kao plina koji u značajnoj mjeri doprinosi učinku staklenika, a zatim svi drugi plinovi iz skupine tzv. regulirane emisije.

Na svjetskoj razini je prepoznato i dokazano da korištenje goriva iz obnovljivih izvora energije u velikoj mjeri može doprinijeti smanjenju postojećeg trenda zagađenja životnog okoliša, ali su pojedini takvi izvori ograničeni njihovom dostupnošću, tehnologijom te mogućnošću primjene u pojedinim segmentima industrije, odnosno svakodnevnom životu općenito. Promatrano iz kuta primjene tekućih biogoriva u vozilima, prvenstveno biodizela, ne samo da imaju potencijal već se danas može reći da predstavljaju i alternativu tekućim fosilnim gorivima.

Iako je sveobuhvatni trend povećanja proizvodnje biodizel goriva i njegovog korištenja u zemljama Europske unije izrazito pozitivan, slika 1, količine biodizela koje se plasiraju na tržište ni izdaleka nisu dovoljne da podmire potrebe cjelokupnog svijeta, Europe, pa ni Europske unije.



Slika 1: Trend u proizvodnji biodizela u zemljama EU 1998.-2011. (vrijednosti za 2011. su samo procjene); Izvor: EBB 2011.

Stoga korištenje potencijala biodizela podrazumijeva razvijanje i provedbu globalnih strategija i planova za osiguranje sirovine za proizvodnju, za razvoj tehnologije za proizvodnju, za razvoj tehnologija koje će omogućiti njihovu primjenu u vozilima, te razvoj infrastrukture za njegovo distribuiranje izvan granica zemalja u kojima se proizvodi. Dakle, popularizacija i omasovljavanje korištenja bio goriva treba imati multidisciplinarni pristup koji obuhvaća ekspertna znanja u tehničkim, agrarnim i društvenim poljima. Jedna od strategija u omasovljenju korištenja biogoriva je i njihovo miješanje s fosilnim gorivima u određenom omjeru.

U okviru rada predstavljeni su rezultati eksperimentalnih istraživanja koji ukazuju na potencijal mješavina fosilnih i biogoriva s aspekta njihovog korištenja u motorima s unutarnjim izgaranjem na primjeru dizelovog motora namijenjenog vozilima.

2. Eksperimentalne postavke i rubni uvjeti

Za eksperimente je korišten 6-cilindarski, četverotaktni dizelski motor namijenjen za upotrebu kao pogonskog agregata u autobusima. U tablici 1 dani su osnovni podaci ispitivanog motora.

Tablica 1: Osnovni podaci ispitivanog motora

Motor	Prirodni usis, 4-taktni s MAN postupkom ubrizgavanja goriva
Broj cilindara	6
Promjer i hod klipa	125 mm x 155 mm
Radni obujam	11,413 dm ³
Stupanj zgušnjavanja	18
Kut početka ubrizgavanja goriva	23° KV prije GMT
Nominalna snaga	160 kW / 2200 min ⁻¹
Obrtni moment	775 Nm/1400 min ⁻¹

Određivanje relevantnih pokazatelja rada motora SUI izvršeno je na ispitnom stolu u kontroliranim uvjetima, u laboratoriju TU Maribor. Ispitivanja su izvršena na parcijalnim i na maksimalnom opterećenju motora SUI, kao i kroz ukupno brzinsko područje. Za određivanje sastava ispušnih plinova korišten je i tzv. ESC (*European Stationary Cycle*). Za mjerenje fizikalnih veličina, poput tlaka, temperature, protoka energenata korištene su normirane i za ovo područje ispitivanja uobičajene metode [2]. Pokazatelji rada motora SUI su određivani za različite mješavine fosilnog i biodizela (B25%, B50%, B75%). Korištena goriva su zadovoljavala kriterije o kvaliteti navedene u odgovarajućim normama i preporukama (za fosilni dizel EN 590, za biodizel EN 14214). Osnovne karakteristike korištenih goriva dane su u tablici 2.

Tablica 2: Karakteristike dizela i biodizela

Gorivo	Dizel	Biodizel
Kinematička viskoznost pri 30 °C [mm ² /s]	3,34	5,51
Površinska napetost pri 30 °C [N/m]	0,0255	0,028
Toplinska vrijednost [kJ/kg]	43.800	38.177
Cetanski broj [-]	45-55	>51

Zbog različitih fizikalnih osobina fosilnog i biodizela javljaju se i određene razlike u procesu formiranja radne smjese goriva i zraka [2-4]. Razlike u svojstvima promatranih goriva prvenstveno utječu na optimalni kut ubrizgavanja goriva [5, 6], fizikalne procese miješanja goriva i zraka, vrijeme pritajenog izgaranja [2, 6], što u konačnici ima utjecaja na izgaranje unutar motora SUI, odnosno performanse motora s aspekta razvijene snage i emisija ispušnih plinova.

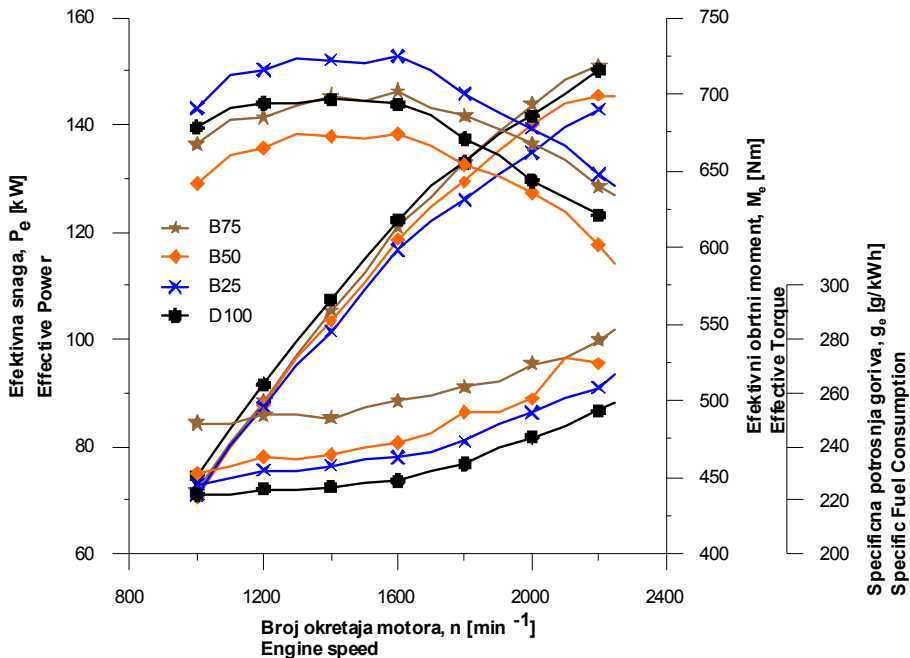
Tijekom istraživanja konstatirano je da je povećanjem udjela biogoriva u mješavini fosilnog i biodizela, za dostizanje optimalnih performansi motora SUI, neophodno smanjivati kut ubrizgavanja goriva [7, 8]. Osnovne karakteristike promatranih goriva koje doprinose ovakvom zaključku u prvom redu su viskoznost i cetanski broj.

Prema preporukama proizvođača motora SUI za fosilni dizel optimalni kut ubrizgavanja goriva je 23° KV prije GMT, a sukladno provedenim istraživanjima pokazalo se da je za mješavine B75, B50, B25 optimalan kut ubrizgavanja 20° KV, 21° KV, 22° KV prije GMT respektivno [7].

3. Analiza rezultata

Da bi se mogli dobiti usporedivi podaci relevantnih pokazatelja rada motora SUI pri korištenju različitih mješavina goriva, pri za njih optimalnim kutovima ubrizgavanja goriva, promjenama u ciklusnoj dobavi goriva održavana je snaga motora SUI u približno jednakim iznosima. Pri tome se vodilo računa da se efektivni stupanj iskorištenja tijekom svih ispitivanja nalazi u tolerantnom području od 3 %.

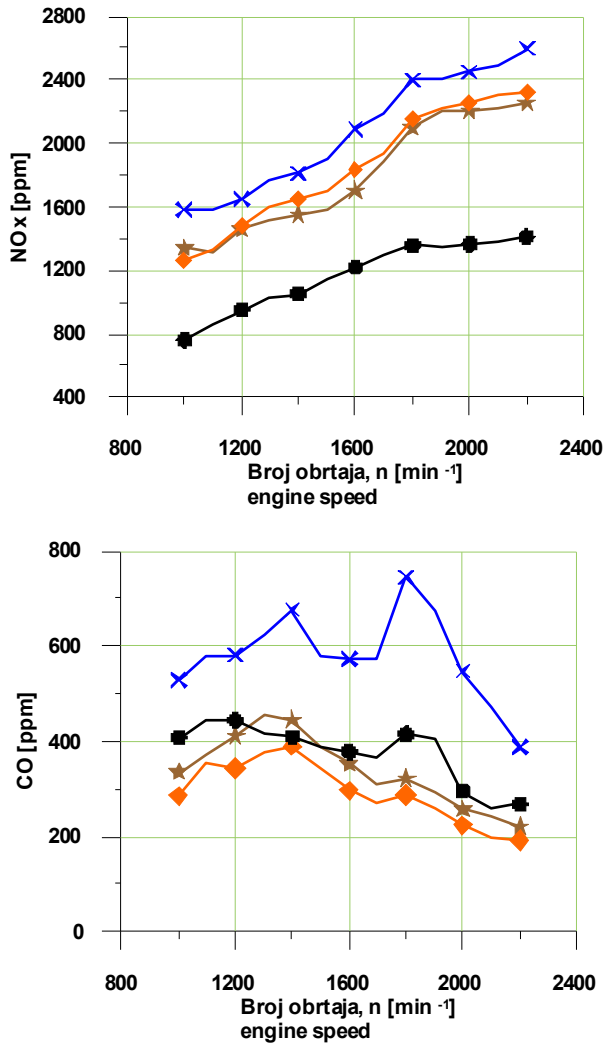
Sa slike 2 je vidljivo da se povećanjem udjela biodizela u mješavini povećavala i specifična potrošnja goriva kao rezultat manje toplinske vrijednosti biodizela.



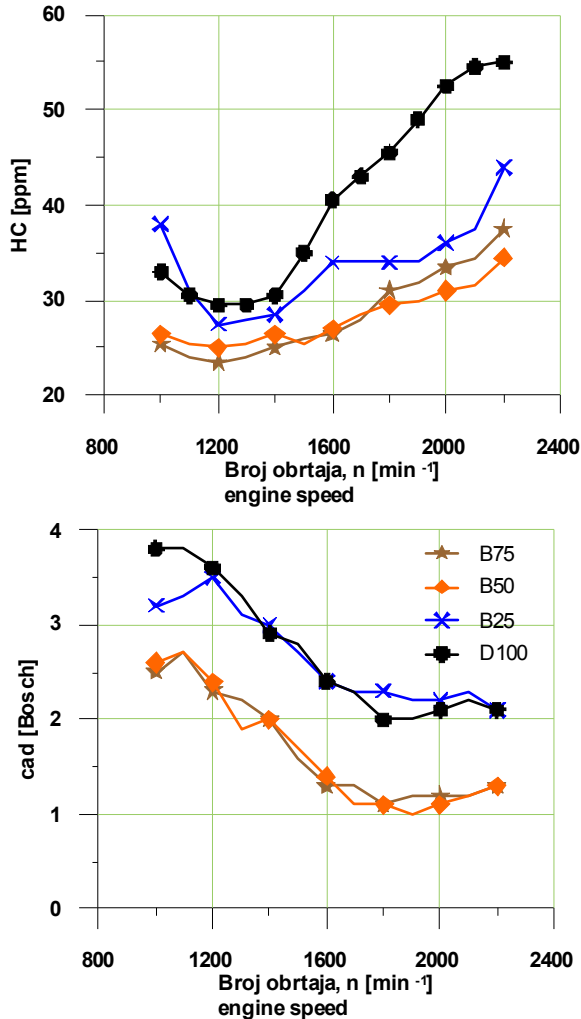
Slika 2: Efektivna snaga P_e , efektivni okretni moment M_e i specifična potrošnja goriva g_e za dizel i mješavine biodizel – dizel pri optimalnim kutovima ubrizgavanja

Emisije najznačajnijih reguliranih komponenti iz ispuha motora SUI (NO_x , CO, HC, i čađa) su prikazane na slici 3. Vidljivo je da se povećanjem udjela biodizela u mješavini slika emisije poboljšava u korist većeg postotka biodizela (osim emisije NO_x , te emisije CO za slučaj B25).

Sa slike je, također, vidljivo da se slika emisije ne popravlja drastično za slučajeve mješavina B50 i B75, već su približno jednake. Negativno povećanje emisije NO_x za slučaj korištenja biodizela može se promatrati u kontekstu sastava goriva, odnosno povećanog sadržaja O_2 u biodizelu u odnosu na gorivo fosilnog porijekla.



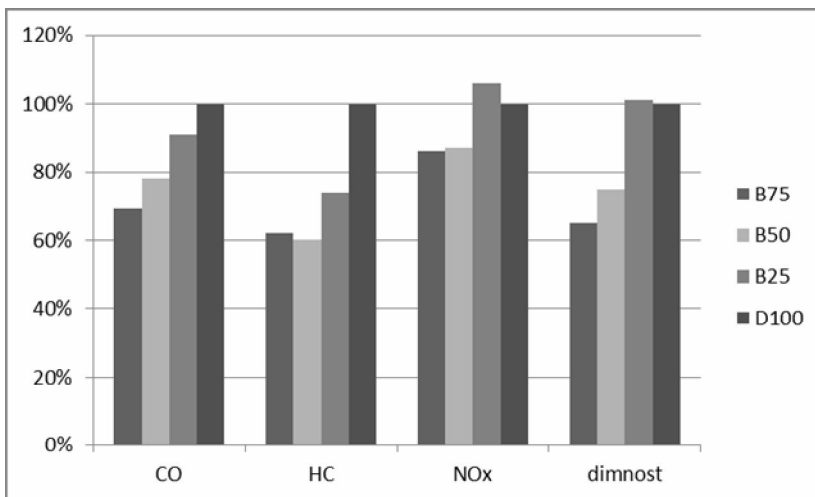
Slika 3a: Emisija najizraženijih štetnih komponenti (NO_x , CO) u ispušnim plinovima motora SUI za slučaj različitih mješavina biodizel - dizel pri optimalnim kutovima ubrizgavanja



Slika 3b: Emisija najizraženijih štetnih komponenti u ispušnim plinovima motora SUI za slučaj različitih mješavina biodizel - dizel pri optimalnim kutovima ubrzavanja

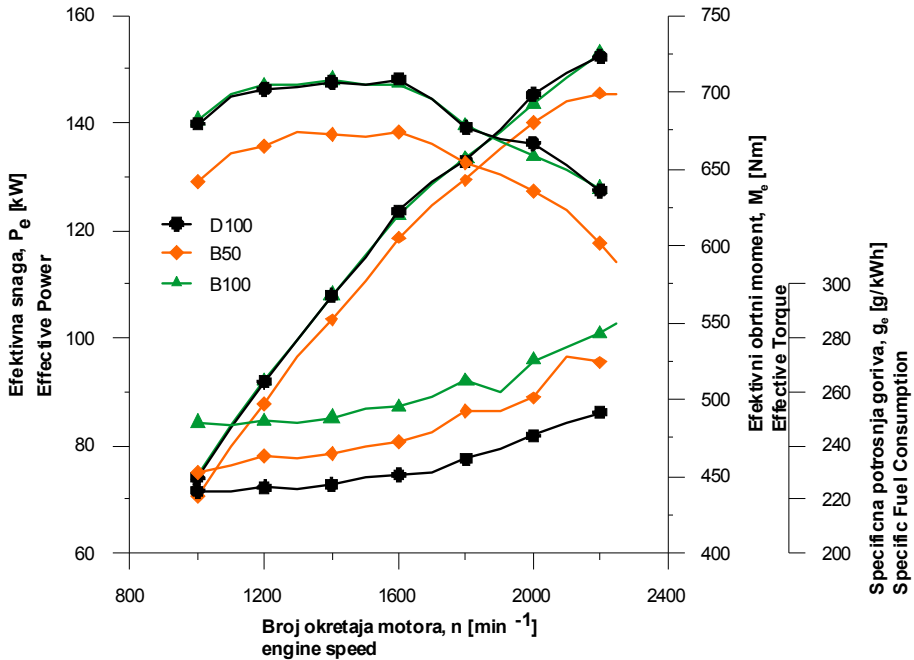
Ispitivanjima emisije ispušnih plinova motora s unutarnjim izgaranjem putem europskog stacionarnog ciklusa, uključujući i odgovarajuće predviđene težinske čimbenike, napravljena je relativna usporedba pojedinačnih emisija s optimalnim kutom ubrzavanja za pojedine mješavine u odnosu na korištenje fosilnog dizela (slika 4). Sa slike 4 se vidi da i u ovom slučaju postoje pozitivni trendovi u smanjenju pojedinih komponenti u ispušnim plinovima i da je trend izraženiji ukoliko je u mješavinu goriva uključen veći postotak biodizela.

Kao što je već zaključeno promatrajući sliku 3, slika 4 daje ponovnu potvrdu da su doprinosi povećanja udjela biodizela s 50 % na 75 % u mješavini u granicama vidljivog i nameće se ideja da se, u svrhu omasovljavanja korištenja biodizela i u geografskim regijama u kojima je biodizel teže dostupan na tržištu, napravi kompromis s gledišta optimalnih parametara motora SUI za slučaj korištenja pojedinačnih goriva [8]. Naime, podešavanjem kuta ubrizgavanja na pumpi visokog tlaka na vrijednost od 21° KV prije GMT ne bi se puno izgubilo na performansama motora SUI (snaga) pri korištenju fosilnog dizela, ali bi se koristilo optimalno područje rada motora SUI za slučaj upotrebe mješavine u omjeru 50 % biodizela. Na taj način u značajnoj količini bi se zamijenila upotreba fosilnog dizela s biodizelom, a krajnjim korisnicima bi opet ostala mogućnost da bez osjetnijeg pada snage motora SUI, za slučaj nedostatka biodizela, koriste fosilni dizel, odnosno u slučaju da biodizela ima u dovoljnim količinama, koriste i isključivo biodizel bez naknadnih podešavanja na sustavu za ubrizgavanje goriva.

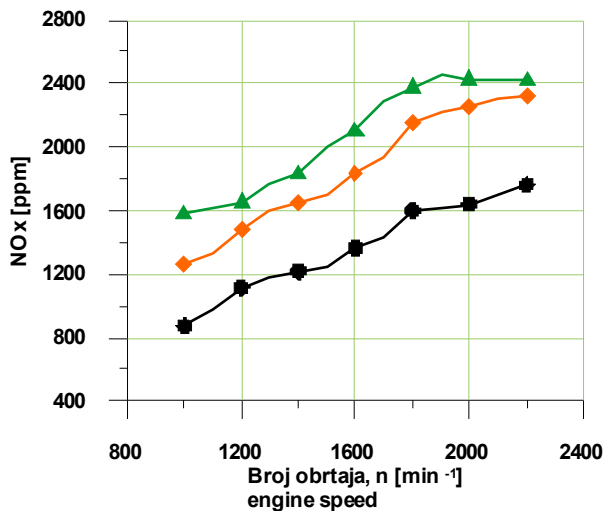


Slika 4: Relativna emisija štetnih komponenti u ispuhu motora SUI za različite mješavine biodizela i dizel goriva za optimalne kutove ubrizgavanja

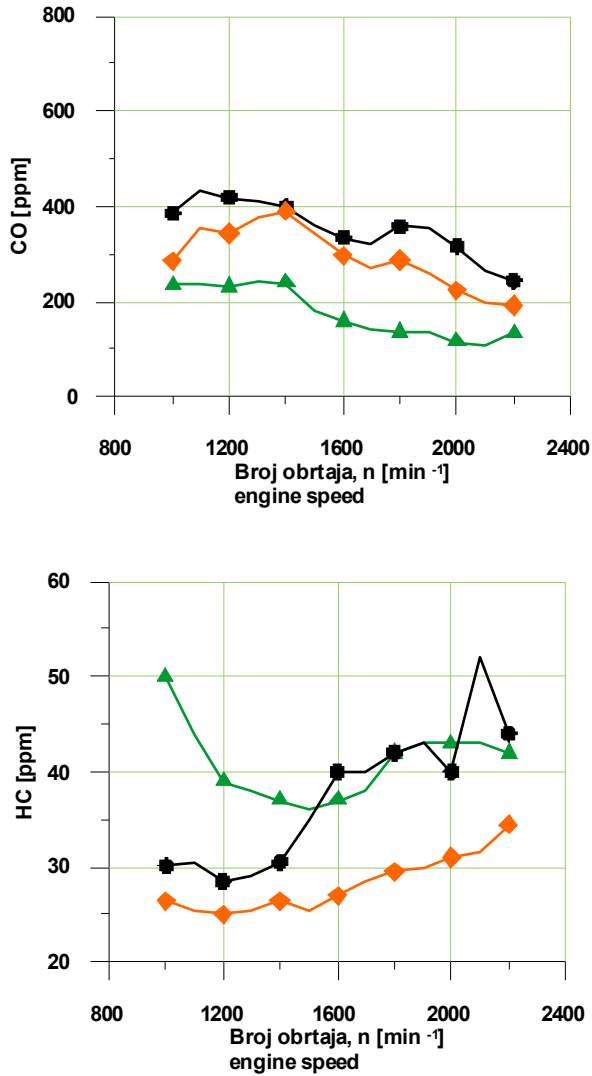
Na slikama 5 i 6 usporedno su prikazane performanse motora SUI pri korištenju fosilnog i biodizela, te mješavine B50 za slučaj kuta ubrizgavanja goriva od 21° KV prije GMT. Uzimajući u obzir da prilikom ispitivanja motora SUI s mješavinama biodizela nije uočen nenormalan rad, te na osnovi iskustva drugih istraživača u području dugotrajne uporabe mješavina fosilnog i biodizela, prvenstveno mješavine B50 [9], može se zaključiti da za područja u kojima nije osigurana redovna opskrba biodizela, ili u ograničenim količinama, moguće je za konstrukciju motora SUI iznaći odgovarajući optimalni kut ubrizgavanja goriva koji će biti kompromisno rješenje s aspekta snage i emisije pojedinih komponenti u ispušnim plinovima motora SUI.



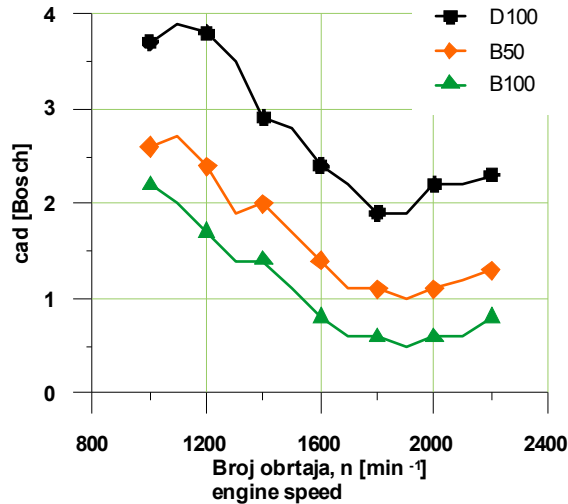
Slika 5: Efektivna snaga P_e , efektivni okretni moment M_e i specifična potrošnja goriva g_e za dizel i mješavinu B50 i biodizel pri kutu ubrizgavanja goriva od 21° KV prije GMT



Slika 6a: Emisija NO_x u ispušnim plinovima motora SUI za slučaj korištenja fosilnog i biodizela, te mješavine B50 pri kutu ubrizgavanja goriva od 21° KV prije GMT



Slika 6b: Emisija najizraženijih štetnih komponenti (CO, HC) u ispušnim plinovima motora SUI za slučaj korištenja fosilnog i biodizela, te mješavine B50 pri kutu ubrizgavanja goriva od 21° KV prije GMT



Slika 6c: Emisija najizraženijih štetnih komponenti u ispušnim plinovima motora SUI za slučaj korištenja fosilnog i biodizela, te mješavine B50 pri kutu ubrizgavanja goriva od 21° KV prije GMT

4. Zaključak

U okviru rada predstavljene su rezultati istraživanja utjecaja različitih mješavina fosilnog i biodizel goriva na performanse rada motora SUI s aspekta ostvarene snage i emisije pojedinih komponenti u ispušnim plinovima. O poboljšanjima performansi motora SUI upotrebom biodizela može se govoriti u kontekstu koncentracije pojedinih štetnih komponenti u ispušnim plinovima motora SUI (izuzev emisije NO_x), dok se energetske parametri (snaga, moment) mogu zadržati na približnim vrijednostima kao za slučaj korištenja fosilnog dizela, uz povećanje specifične potrošnje goriva kao posljedice niže ogrjevne vrijednosti biodizela.

Pokazano je da korištenje mješavina goriva koje imaju visok udjel biogoriva, predstavlja nadasve moguć scenarij za popularizaciju i omasovljavanje upotrebe biogoriva i u regijama gdje je dostupnost biodizela ograničena. Naime, svaki dizelov motor se bez većih ulaganja može prilagoditi da, bez značajnog pada snage, koristi biodizel, odgovarajuće mješavine fosilnog i biodizela i fosilni dizel, a da se pri promjeni goriva naknadno ne mora podešavati, odnosno prepravljati motor.

Literatura

- [1] Pieprzyk B., Kortūke N., Hilje P. R., The impact of fossile fuels-greenhouse gas emissions, environmental consequences and socio-economic effects, Final report, ERA-Energy Research Architecture, November 2009.
- [2] Bibić Dž., Karakteristike sagorijevanja bio dizela i njegovih mješavina sa fosilnim gorivima u dizel motorima, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Sarajevo, 2007.
- [3] Kegl B., Project Mobilis-Civitas II-Fuel Properties, WD 5.4.L-4, University of Maribor, Maribor, 2005.
- [4] Pikula B.: Istraživanje karakteristika sistema za ubrizgavanje pri upotrebi dizela, biodizela i njihovih mješavina u različitim eksploatacionim uslovima, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Sarajevo, 2007.
- [5] Kegl B., Experimental investigation of optimal timing of the diesel engine injection pump using biodiesel fuel, *Energy & Fuels* 2006, 20, 1460-1470.
- [6] Bibić Dž., Filipović I., Hribernik A., Pikula B.; Investigation into the effect of different fuels on ignition delay of M-type diesel combustion process, *Thermal Science*, 12 (2008) 1, pp. 103-114.
- [7] Kegl B., Hribernik A., Eksperimental analysis of injection characteristics using biodiesel fuel, *Energy & Fuels*, 20, 2006, 2239-2243.
- [8] Bibić Dž., Hribernik A., Filipović I., Kegl B., Utjecaj bio goriva na performance dizelovog motora, *Goriva i maziva*, 50, 4, 2011, 317-325.
- [9] Gateau P., Twelve years of using 50% RME fuel mixture in heavy trucks and light, AEA 2006-5-6 April 2006-Poitiers, Futuroscope.

Autori

prof. dr. sc. Dževad Bibić, prof. dr. sc. Ivan Filipović, prof. dr. sc. Boran Pikula, Mašinski fakultet Sarajevo, Odsjek za motore i vozila, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
e-adresa: bibic@mef.unsa.ba, fillipovic@mef.unsa.ba, pikula@mef.unsa.ba
prof. dr. sc. Breda Kegl
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Republika Slovenija
e-adresa: breda.kegl@uni-mb.si

Primljeno

01.10.2012.

Prihvaćeno

07.02.2013.