

Mr Aleksandar Bukvić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnoizdavački zavod,
Beograd

SMANJENJE EMISIJE IZDUVNIH GASOVA UPOTREBOM ALTERNATIVNIH GORIVA

UDC: 662.756 : 502.17

Rezime:

Ekološki problemi izazvani saobraćajem pripadaju „prvoj vrsti“ zagađenja u urbanim sredinama. Emisije aerozagađenja štetnim materijama, poreklom iz motora SUS, visoke su, bez obzira na mogućnost smanjivanja. Prognoze o rezervama nafte uvek su nametale potrebu i intenzivirale istraživanja supstitucije mineralnih goriva. U svetu je sve aktuelniji trend istraživanja obnovljivih izvora energije. Zaštita životne sredine i smanjenje potrošnje energije glavni su pravci budućeg razvoja motora i vozila. Sa tog aspekta analizirane su emisije prirodnog gasa i biodizela RME u poređenju sa klasičnim gorivom.

Ključne reči: saobraćaj, motori SUS, životna sredina, zagađenje, zaštita, alternativno gorivo, prirodni gas, biodizel RME.

DECREASE EMISSIONS „GREEN HOUSE“ GASES USING ALTERNATIVE FUELS

Summary:

Ecology problems of transport appertain „first class“ pollution in urban environment. The forecast about the reserves of crude petroleum have always imposed the need for intensified researches on substitution of conventional mineral fuels. The trend of research of renewable sources is more and more actual in the world. Environmental preservation and the reduction of energy consumption are the main directions for future engine and vehicle developments. From that aspect, emissions produced by certain fuels have been analyzed and compared with natural gas and biodiesel RME.

Key words: traffic, engine IC, human environment, pollution, protection, alternative fuel, natural gas, biodiesel RME.

Uvod

Motori SUS dostigli su zavidan nivo usavršenosti, kako u pogledu teorijske obrade njihovih procesa, tako i u pogledu konstrukcije. Pri postavljanju ove činjenice ne mogu se zanemariti sve oštriji zahtevi koji se postavljaju pred motore vezani za zagađenje čovekove sredine. Upotrebom naftnih derivata izduvni gasovi motora sadrže, u manjoj ili većoj meri, opasne toksične komponente, neprijatan miris i

čad. Na normalne uslove životnog ambijenta utiču, takođe, i vibracije i buka koju stvaraju motori SUS.

Želja za čistijom i zdravijom prirodnom sredinom, visokim životnim standardom, ali i konačnost klasičnih energetskih izvora, navela je svetsku zajednicu da propisima natera proizvođače i potrošače na drugačiji i sve stroži odnos prema životnoj okolini. Iz tabele 1 vidi se kako se zakonski propisi menjaju tokom devedesetih godina u Evropi.

U 1999. godini u odnosu na 1992. za 72% smanjen je procenat čestica, sadržaj CO za 82% i sadržaj HC+NO_x za 48% [1].

*Tabela 1
Zakonski propisi koji se odnose na izduvne emisije
za vozila*

| | EURO I (1992) | | EURO II (1996) | | EURO III (1999) |
|---------------------------|------------------|------|-------------------|-----|--------------------|
| | IDU | DU | IDU | DU | IDU & DU |
| HC+NO _x (g/km) | 0,97 | 1,36 | 0,7 | 0,9 | 0,5 |
| CO (g/km) | 2,72 | 2,72 | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| Čestice (g/km) | 0,14 | 0,2 | 0,08 | 0,1 | 0,04 |

Zahtev svetske zajednice bio je da proizvođači do 2005. godine smanje potrošnju goriva za 15% u odnosu na 1995. godinu, a za 20% do 2015. godine. Već su stupile na snagu regulative kojima se znatno smanjuju granice dozvoljenih štetnih emisija, kao i niskosumpornog goriva. Može se reći da ovaj faktor zakonskog ograničenja usmerava pravac razvoja motora i komponenata, ali i postavlja pitanje kom alternativnom energentu treba dati prednost u XXI veku, kao gorivu motora sa unutrašnjim sagorevanjem. U serijsku proizvodnju su ušli motori SUS, koji ispunjavaju standarde EURO IV i V.

Sve izraženiji ekološki problemi izazvani saobraćajem, pripadaju danas „prvoj vrsti“ zagađenja u urbanim sredinama. Tako, u suštini drastično narušavanje životne sredine, uslovljeno je stvarnim stanjem saobraćajnih sistema kao posledicom određenih promena. U stvarnom dometu štetnosti, posebno su značajni uticaji prouzrokovani eksploatacionim odlikama vozila u saobraćaju i (ne)kvalitetom goriva.

Emisije izduvnih gasova (ugljenmonoksid, azot, sumporni oksidi, ugljovodonici, olovo, formaldehidi i dr.) koji potiču iz motora SUS putničkog i teretnog saobraćaja uvek su visoke, bez obzira na mogućnost smanjivanja nekih zaga-

đivača. U Srbiji je stanje još nepovoljnije zbog lošeg tehničkog održavanja i dugog veka korišćenja motornih vozila. Prema nekim analizama, automobili u Srbiji su u proseku stari 12 godina, a ima ih oko milion. Konfuziju o stvarnom stanju unosi podatak o skoro 250 000 uvezenih vozila koja, bez obzira na očuvanost karoserije, najvećim delom predstavljaju tehnički „otpad“ Evrope. Motori takvih vozila emituju gasove koji su po količini i sastavu štetnih sastojaka izvan postojećih ekoloških i tehničkih standarda. Zaštita životne sredine i smanjenje potrošnje energije glavni su pravci budućeg razvoja motora i vozila. Sa tog aspekta potrebna je ozbiljna naučnoistraživačka analiza emisije alternativnih izvora energije, pre svega prirodnog gasa i biodizela RME u poređenju sa klasičnim gorivom.

Rafinerije u Srbiji, prvenstveno zbog NATO bombardovanja i nemogućnosti ulaganja u nove postupke prerade, mogle bi se ubrzo naći u ekološkom embargu Evrope. Količina sumpora u gorivu za dizel motore veća je nego u zapadnoj Evropi, a odnedavno je smanjen i procenat olova u benzinu (sa 0,6 na 0,4). U razvijenim zemljama olovo skoro da je izbačeno iz goriva upotrebom bezolovnog benzina. Na ovaj povećan sadržaj ove dve, po zdravlje i okolinu izuzetno opasne materije nadovezuju se i emisije čvrstih čestica karakterističnih za nepotpuno sagorevanje goriva u istrošenim motorima.

Emisija izduvnih gasova i saobraćajne buke prvenstveno zavisi od tipa motora koje koristi motorno vozilo. Struktura aerozagađenja u izduvnim gasovima zavisi od režima rada motora. Buka izazvana radom dizel motora veća je za oko 10 dB od buke koju stvara rad benzinskog motora.

Sve navedene činjenice ukazuju na to da Vojska Srbije, kao veliki potrošač goriva, mora pratiti razvoj motora i goriva za motore SUS. Direktiva Evropske unije ukazuje na neophodnost supstitucije fosilnog dizel goriva sa 0,75% biogoriva godišnje. U ukupnoj potrošnji transportnih goriva biogorivo do 2010. godine treba da učestvuje sa 5,75%, a sa 20% do 2020. godine. Što se tiče prirodnog gasa sve je više motornih vozila na ulicama koja pokreću motori koji su prilagođeni da koriste prirodni gas (auto gas).

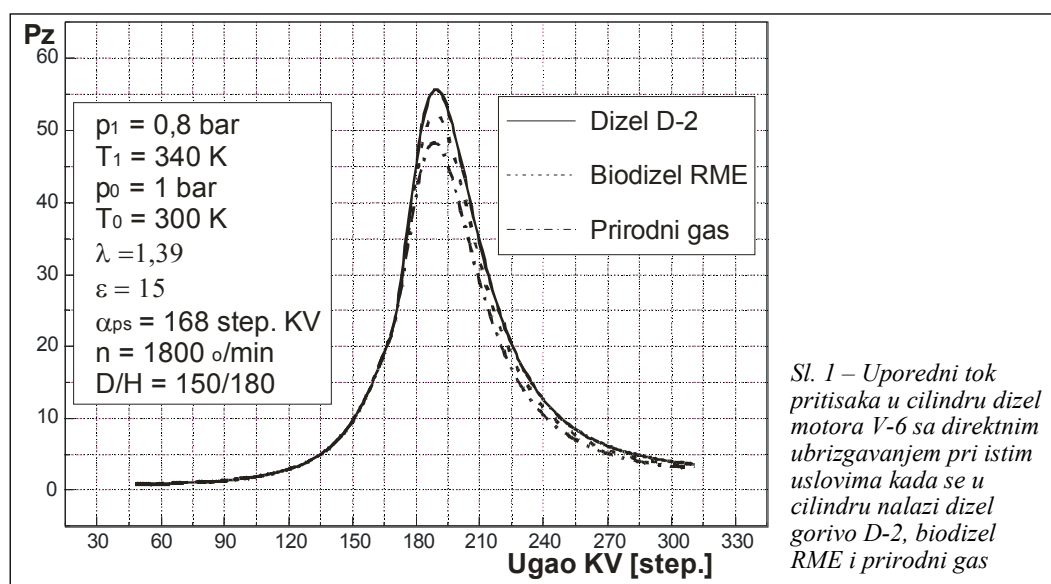
Modelirani rezultati primene dizel goriva D-2, biodizela i prirodnog gasa kod dizel motora V-6 sa direktnim ubrizgavanjem

Da bi neko gorivo zadovoljilo uslove primene mora se razmatrati sa više aspekata. Pored fizičko-hemijskih karakteristika primenjeno gorivo mora dati zadovoljavajuće indikatorske pokazatelje rada

motora. Primenjene su tri vrste goriva: dizel D-2, biodizel RME i prirodni gas.

Kao rezultat matematičkog modeliranja visokopritisnog dela ciklusa u cilindru dizel motora V-6 slika 1 prikazuje neke od rezultata koji su dobijeni u toku modeliranja. U cilindru motora nalazio se realan gas sa disocijacijom, što je usložilo modeliranje procesa i dalo približno realne rezultate.

Na slici 1 prikazana je zavisnost toka pritisaka od ugla kolena kolenastog vratila za različite vrste goriva, pri prvom prolazu proračuna radnog ciklusa modeliranog motora. Osnovni podaci za modelirani motor uzeti su iz tehničkog uputstva TU-1 za PT-76, kako je dato za dizel motor V-6 [6], dok su ostali usvojeni. Pritisak na početku kompresije je pretpostavljen $p_1 = 0,8$ bar. Takt kompresije počinje od trenutka kada je usisni ventil zatvoren, a u ovom slučaju to je $\alpha_2 = 48^\circ$ KV posle UMT. Sabija se čist vazduh, pa u periodu sabijanja na dijagramu postoji jedna linija.



Prva razlika u dijagramu odnosi se na ubrizgavanje različitih vrsta goriva, što je prikazano u tabeli 2. Ta razlika počinje od početka sagorevanja goriva, $\alpha_{PS} = 168^\circ$ KV posle UMT (ili $\alpha_{PS} = 12^\circ$ KV pre SMT). Primećuje se da se najveći pritisak ($p_z = 55,62$ bar, kod $\alpha = 189^\circ$ KV posle UMT) ostvaruje kada se u cilindru nalazi dizel gorivo D-2, nešto niži je pritisak za biodizel RME ($p_z = 52,21$ bar kod $\alpha = 189^\circ$ KV posle UMT), a najniži pritisak ostvaruje se kada se u cilindru nalazi prirodni gas ($p_z = 48,24$ bar kod $\alpha = 189^\circ$ KV posle UMT). Najveći uzrok takve razlike u veličini ostvarenog pritiska je u toplotnoj moći različitih goriva. Najveću toplotnu moć ima dizel gorivo D-2 (42 700 kJ/kg) [7], nešto nižu toplotnu moć goriva ima biodizel RME (36 800 kJ/kg prema standardu ÖNORM, mada neki autori daju veće vrednosti donje toplotne moći za biodizel RME), dok najnižu toplotnu moć goriva poseduje prirodni gas (33 232 kJ/m³) (prema izveštaju sa čvorišta u Batajnici).

mineralnih primesa (u gasovitim gorivima ne postoje mineralne primese):

$$C + H + S + O + N + W + A = 100\%$$

Elementarni procentualni sastav dizel goriva D-2 sačinjava ugljenik sa oko 85,63% i vodonik sa oko 14,37% [8]. Nešto manji procenat ugljenika poseduje biodizel RME, 77,6%, dok vodonika ima 12,1%. Prirodni gas u svom sastavu ima oko 75% ugljenika, a vodonika oko 25%. Iz izloženog se vidi da procenat ugljenika pada od dizel goriva D-2 preko biodizela RME do prirodnog gasa, a da procenat vodonika raste kod prirodnog gasa.

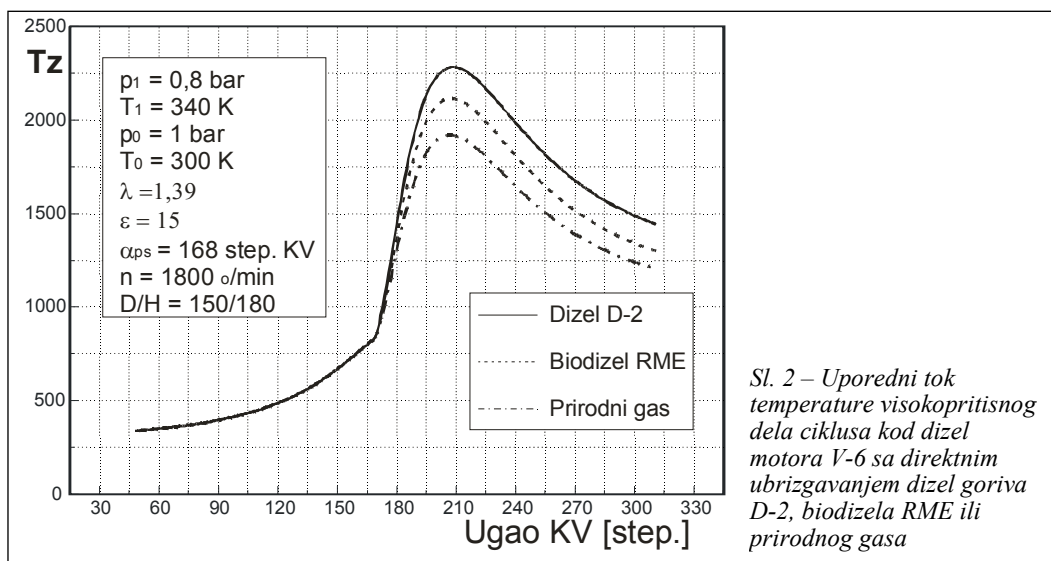
Sa slike 1 može se videti da je takt ekspanzije kod ove tri vrste goriva skoro „paralelan“. Stvaran oblik indikatorskog dijagrama najpribližniji je kod dizela D-2 i biodizela RME, što se ne može reći i za prirodni gas. Verovatno bi se politropska linija ekspanzije promenljivog eksponenta produkata sagorevanja prirodnog gasa mnogo razlikovala od dobijene, jer bi se ovaj gas morao paliti nekom određenom količinom „pilot“ goriva (verovatno dizel gorivom D-2) ili bi se motor morao prepraviti u dizel (gasni) motor koji radi po oto principu (upaljenje mase gasa u cilindru svećicom, što se u ovom radu nije razmatralo), tako da bi rezultat bio različit od prikazanog. To će potvrditi i procentualni elementarni sastav prirodnog gasa. Vidi se da je procenat vodonika u ovom gorivu najveći i uzrokovao bi drugačiji tok ekspanzije.

Tabela 2
Uporedna tabela pritisaka i temperatura dobijenih matematičkim modeliranjem

| Vrsta goriva | Maks. pritisak dobijen modeliranjem (bar) | Srednji indikator. pritisak dobijen modeliranjem (bar) | Maks. temp. dobijena modeliranjem (°K) | Srednja temp. dobijena modeliranjem (°K) |
|--------------|---|--|--|--|
| Dizel D-2 | 55,6 | 6,7 | 2282,5 | 1202,5 |
| Biodizel RME | 52,2 | 6,0 | 2115,0 | 1123,6 |
| Prirodni gas | 48,2 | 5,27 | 1920,0 | 1049,7 |

Do razlike u sagorevanju dovodi i elementarni sastav različitih goriva. U opštu formulu za procentualno učešće pojedinih hemijskih elemenata u gorivima dodato je procentualno učešće vlage i

Uticaaj prelaza toplote, na osnovu dobijenog dijagrama, različit je kod sve tri vrste goriva. Najveća količina toplote odaje se kada je u cilindru dizel gorivo D-2, nešto manja količina pri ubrizga-



Sl. 2 – Uporedni tok temperature visokopritisnog dela ciklusa kod dizel motora V-6 sa direktnim ubrizgavanjem dizel goriva D-2, biodizela RME ili prirodnog gasa

nom biodizel gorivu RME, a najmanja količina toplote odaje se kada je u cilindru prirodni gas. Ova konstatacija proističe iz procentualnog elementarnog sastava pojedinih goriva, koja je već navedena. Pri proračunu je korišćena formula Eichelberga za koeficijent prelaza toplote kod sve tri vrste goriva.

Sa slike 2 može se videti da tok temperature ima istu liniju do početka sagorevanja. Od tog trenutka (168° KV posle UMT) u cilindru sagorevaju tri različite vrste goriva sa različitim hemijskim sastavom i vrednostima donje toplotne moći. Različiti hemijski sastav utiče na vrednosti koeficijenata linearizovanih izraza za veoma brza izračunavanja termodinamičkih svojstava gasa u cilindru, kao i na maksimalnu temperaturu koja se ostvaruje u cilindru. Tako je pri upotrebi dizel goriva u cilindru ostvarena najveća temperatura ($T_{Z, \max} = 2282,491^\circ \text{ K}$ pri $\alpha = 208^\circ \text{ KV}$ posle UMT), nešto niža pri upotrebi biodizela ($T_{Z, \max} = 2115,048^\circ \text{ K}$ pri $\alpha = 208^\circ \text{ KV}$ posle UMT), a najniža

pri upotrebi prirodnog gasa ($T_{Z, \max} = 1920,046^\circ \text{ K}$ pri $\alpha = 207^\circ \text{ KV}$ posle UMT). S tim u vezi najopterećeniji su elementi motora koji koristi dizel gorivo D-2, nešto manje kod motora koji koristi biodizel gorivo RME, a najmanje su opterećeni elementi motora koji koristi prirodni gas. Treba naglasiti da stvarna vrednost temperature pri upotrebi prirodnog gasa mora biti različita od dobijene iz već pomenutih razloga (načina paljenja goriva).

Emisija izduvnih gasova primenom prirodnog gasa

Brzi razvoj svetske privrede baziran je, uglavnom, na eksponencijalnom rastu potrošnje energenata i sirovina. Pod „gasovima staklene bašte“ podrazumevaju se ugljen-dioksid, metan, azotni oksidi, ugljen-monoksid i nemetanske isparljive komponente. Kada se uzme u obzir da na saobraćaj otpada 31,5% ukupne potrošnje energije u svetu, a samo na drumski

saobraćaj 75,6%, može se zaključiti da ova istraživanja sve više zahvataju oblast motora i mogu se očekivati stroži zakonski propisi koji će naterati proizvođače motora da svoj proizvod prilagode ovim uslovima. Drugi pravac razvoja motora SUS daje mogućnost uvođenja alternativnih goriva čije su rezerve znatno veće u odnosu na naftu, podrazumevajući pod tim i uvođenje novih pogonskih sistema, zasnovanih na drugim vidovima energije. Mada postoje različite procene i predviđanja, najveće šanse ima prirodni gas kao gorivo motora SUS za neki konačan period. Najbolje uslove za kvalitetno gorivo ispunjava vodonik, ali tehnološki razvoj još uvek ne dozvoljava njegovu primenu. Postoje uspeli eksperimenti vozila, čije motore pokreće vodonik. Relativno velike zalihe ovog goriva omogućavaju rešenje pogona motora na dug period.

Prirodni gas ima nižu cenu u odnosu na konvencionalna goriva, a i emisija izduvnih gasova je niža od emisije goriva na bazi naftnih derivata. To sve čini ovo gorivo atraktivnim za upotrebu u gradskim uslovima. Procenjuje se da u SAD, Kanadi, Japanu, Novom Zelandu, Italiji i Holandiji ima oko četiri miliona vozila koja koriste prirodni gas kao gorivo [1]. Na primer, u Gethenburgu (Švedska) ve-

liki broj gradskih autobusa koriste prirodni gas kao gorivo. U Srbiji se, za sada, prirodni gas primenjuje za pokretanje samo kod benzinskih motora, uglavnom u privatnom vlasništvu.

Najveći problem kod ovog goriva je skladištenje. Međutim, jedna od najvećih njegovih prednosti je postizanje nisko-toksične emisije izduvnih gasova. To potvrđuju i primeri gde je emisija CO niža zbog nepostojanja lokalne nehomogenosti smeše u komori motora. Emisija HC je niža zbog manje debljine zone gašenja plamena iz koje potiču nesagoreli HC. Emisija NO_x može biti niža zbog mogućnosti rada sa siromašnijim smešama, u kojima je temperatura sagorevanja niža, i sa kasnijim prepaljenjem. Emisija čestica (čadi) niža je zbog nepostojanja nukleusa goriva bez dodira sa vazduhom, koji mogu biti izvor izdvojenog ugljenika koji bi stvorio toksične čestice.

Korišćenje prirodnog gasa kod teških vozila omogućuje smanjenje izduvne emisije naročito vidljivog dima, a time i smanjenja zagađenja životne sredine. Najveći problem je smanjenje emisije NO_x koja se kreće od 3 do 5 g/kWh. Niže vrednosti postižu se korišćenjem trostepenih katalizatora. U tabeli 3 prikazane su emisije nekih gasnih motora [1].

Tabela 3

Emisija izduvnih gasova pri upotrebi prirodnog gasa

| Motor, gorivo | V _z dm ³ | P _z kW | CO g/kWh | HC g/kWh | NO _x g/kWh | Čestice g/kWh | Metoda ispitiv. |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| MAN 2866, TWC, LPG | 12,0 | 177 | 1,0 | 0,3 | 4,0 | < 0,05 | ECE R49 |
| VALMET 612, TWC, LPG | 7,4 | 130 | 2,1 | 0,7 | 1,1 | – | ECE R49 |
| GMC 454, TWC, NG, TC | 7,4 | 170 | 14,2 | 1,6 | 1,9 | 0,02 | US HDT |
| SCANIA/RICARDO, TWC, NG, TC | 11,0 | 180 | 1,4 | 1,5 | 2,5 | 0,02 | US HDT |
| DAF 1160, LB, NG | 11,6 | 122 | 0,15 | 2,5 | 3,4 | < 0,05 | ECE R49 |
| CUMMINS, LB, NG, TC | 10,0 | 180 | 3,0 | 3,8 | 4,6 | – | 13 Mode |
| VOLVO/MARINTEK, LB, LPG, TC | 9,6 | 180 | 0,1 | 0,4 | 3,7 | – | ECE R49 |

Upoređenjem dobijenih podataka sa propisima koji su dati za emisiju dizel motora može se konstatovati da većina ovih motora ispunjava propise EURO 2.

Gasna goriva oslobađaju manje količine CO₂ (0,20 kg CO₂/kWh) nego dizel goriva (0,26 kg CO₂/kWh). Uputstva koja se daju za granice emisije u 2000 (smanjenje za 50–60%) nameću pravac razvoja motora koji ih moraju zadovoljiti. Radi toga je Mercedes-Benz razvio gasne motore za laka i srednje teška vozila i autobuse čije su emisije manje za 50% od onih koje propisuje EURO-2. To se može videti iz tabele 4.

Tabela 4
Emisija gasnih motora u odnosu na EURO propise

| Vrsta propisa, motora | CO g/kWh | HC g/kWh | NO _x g/kWh | Čestice g/kWh |
|-----------------------|----------|----------|-----------------------|---------------|
| EURO 1 | 4,5 | 1,1 | 8 | 0,36 |
| EURO 2 | 4,0 | 1,1 | 7 | 0,15 |
| GASNI MOTOR | 2,0 | 0,5 | 3,5 | 0,05 |

Znatno smanjenje emisija kod gasnih motora postignuto je uz korišćenje Lambda sonde i trostepenog Oxy-katalizatora. Baza za razvoj gasnih motora M366 LAG (6-cilindrični, vodom hlađeni, od 170 kW) i M447 (6-cilindrični, vodom hlađeni, od 175 kW) bili su dizel motori OM366 i OM447 za laka i srednje teška vozila.

Sličan primer gasnog motora ostvaren je u mađarskoj firmi RABA, gde su izgrađena tri (jedan je još u fazi ispitivanja) gasna motora. Kakve su rezultate stručnjaci ove firme postigli u izgradnji gasnih motora G 10 DE-190, G 10 TE-165 i G 10 TE-190 (ovaj poslednji je još u fazi ispitivanja) može se videti iz tabele 5.

Tabela 5
Emisija izduvnih gasova RABA-gasnih motora

| Vrsta motora | HC g/kNjH | CO g/kNjH | NO _x g/kNjH | Katalizator |
|--------------|-----------|-----------|------------------------|-------------|
| G 10 DE-190 | 0,2 | 0,29 | 2,07 | da |
| G 10 TE-165 | 0,36 | 1,0 | 3,8 | da |
| G 10 TE-190 | < 0,6 | < 2,0 | < 5,0 | ne |

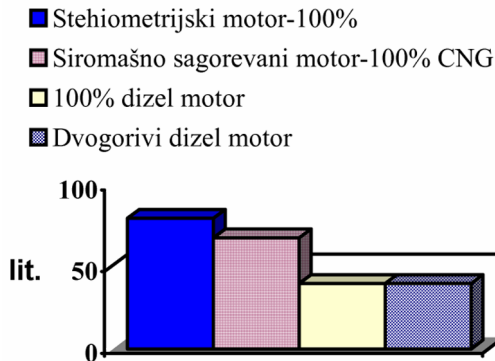
Kada se ovi podaci uporede sa propisima EURO 2 može se konstatovati da gasni motori proizvedeni u fabrikama RABA u potpunosti zadovoljavaju propise. Čak se može konstatovati da su smanjili količinu štetnih izduvnih gasova u odnosu na gasne motore koji su proizvedeni u Mercedes-Benzu. Snižavanje emisije NO_x izvršeno je na prva dva modela primenom katalizatora.

To su do sada bili gasni motori sa paljenjem smeše električnom varnicom, stvoreni na konstrukciji serijskih dizel motora koji pokreću mnoga vozila širom sveta.

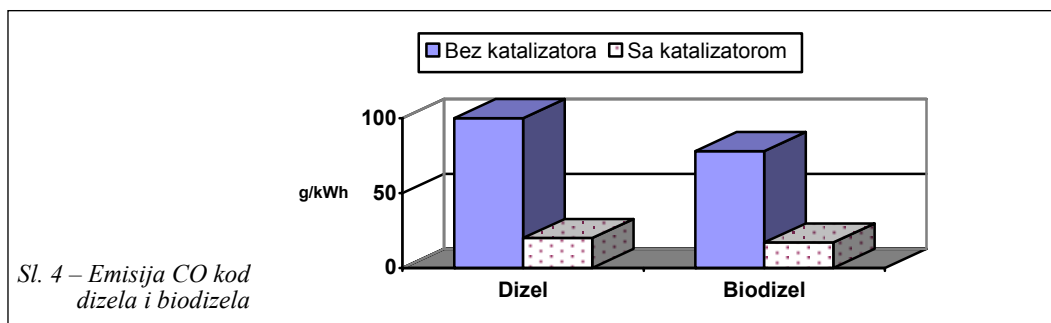
Programe multipoint dvogorivih dizel motora održavaju mnogi proizvođači. Takvi motori pokreću autobuse i kamione u mnogim zemljama od kojih su neke: Brazil, Kanada, Mađarska, Iran, Japan, Koreja, Rusija, Velika Britanija, USA i dr. [3]. Primer jednog takvog motora je dizel motor RABA 2156 koji je ugrađen u autobuse moskovskog gradskog saobraćaja. On radi i zimi i leti, po 12 časova na dan. Procenat prirodnog gasa u gorivu koje pokreće ovaj motor je 83%. Emisija izduvnih gasova je niža nego kod klasičnih dizel motora, ali emisija NO_x je visoka u početnom periodu rada motora. Što je veća upotreba prirodnog gasa na uštrb smanjenja pilot goriva (za oko 3–4% manje pilot goriva), to će se i ova emisija smanjiti za oko 1 g/kWh.

Slično iskustvo može se preneti i iz Japana [3], gde je korišćen multipoint dvogorivi dizel motor za pokretanje kamiona. On je izrađen na osnovu motora Isuzu Elf, gde je, takođe, primenjen katalizator i recirkulacija izduvnih gasova. Rezultat takve primene je motor koji u potpunosti zadovoljava stroge japanske propise zaštite čovekove okoline. Taj test nalazi se u Japanskom automobilskom istraživačkom institutu (JARI).

U istraživanju [4] koje je izvedeno u Calgaryu (Kanada) došlo je do zanimljivih rezultata u vezi sa emisijom izduvnih gasova. Upoređivani su motori snage preko 100 kW: klasičan dizel motor, stehiometrijski motor, motor sa siromašnim sagorevanjem (100% CNG) i multipoint dvogorivi dizel motor.



Sl. 3 – Poređenje potrošnje različitih motora



Sl. 4 – Emisija CO kod dizela i biodizela

Može se videti da je potrošnja stehiometrijskog motora i motora sa siromašnim sagorevanjem (100% CNG) veća od dvogorivog dizel motora i klasičnog dizel motora za oko 30–40%.

Ako se uporedi npr. emisija izduvnih gasova kod ovakvih motora [4] dobijaju se rezultati kao što su u tabeli 6.

Tabela 6
Uporedna zagađenja različitih goriva

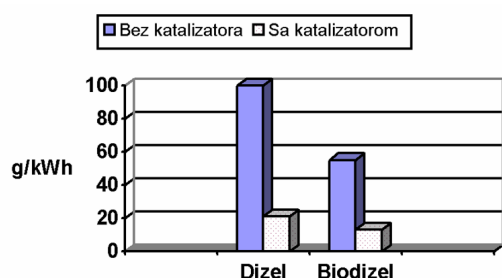
| Izduvni gas | Jed. | Oto motor | Dizel motori | |
|-------------|----------|-------------|--------------|------------|
| | | kombinovani | dvogorivi | 100% dizel |
| CO | g/100 km | 262 | 13 | 524 |
| NOX | g/100 km | 459 | 302 | 708 |
| HC | g/100 km | 918 | 354 | 131 |
| Čestice | g/100 km | 7 | 7 | 13 |

Vidi se da su u toku ovog ispitivanja dvogorivi dizel motori imali manje toksičnu emisiju izduvnih gasova u odnosu na kombinovani oto motor. Emisija izduvnih gasova multipoint dvogorivog dizel motora u odnosu na klasičan dizel je neuporedivo niža, što opravdava njegovu upotrebu.

Smanjenje zagađivanja biodizel gorivom

Danas se velika pažnja u svetu (kod nas od 1994. do 1995. godine) poklanja istraživanju biodizela kao alternativnog goriva dobijenog iz biljnih ulja. Korišćenjem biodizela za pokretanje poljoprivrednih mašina zatvorio bi se ciklus proizvodnje.

Do sada se kod dizel motora najboljim pokazalo u upotrebi biljno esterifikovano ulje od uljane repice [1] ili repičin metil-estar. Potrošnja metil-estra repičinog ulja u odnosu na dizel gorivo D-2 za oko 10% je veća, jer je donja toplotna moć ovog goriva 86% od one koju ima dizel gorivo D-2.



Sl. 5 – Emisija HC kod dizela i biodizela

Proizvođači biodizela, uglavnom zagovaraju njegovu upotrebu upravo iz ekoloških razloga. Međutim, ispitivanja koja su vršena u Nemačkoj 1995. godine ne pružaju veliku nadu da će se ovo gorivo koristiti kao ekološko. Ispitivanja su izvršena na motorima 200 kW-NFZ i Deutz-Diter. Pokazalo se da je emisija CO₂, slika 4, kod biodizela za oko 20% manja od one koja je izmerena kod dizel goriva D-2. Isto se pokazalo i u stacionarnim i u nestacionarnim uslovima, dok je upotrebom Oxy-katalizatora emisija smanjena za oko 30%. Razlike u emisiji HC su znatno veće, što prikazuje slika 5.

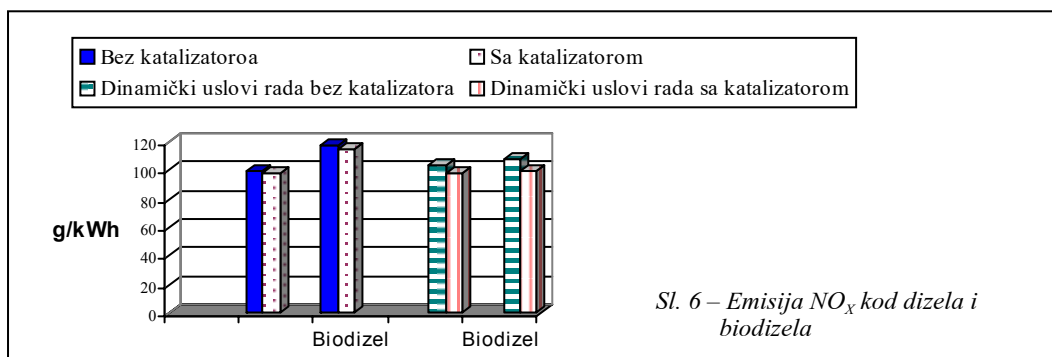
Sa slike 5 se vidi da je emisija HC oko 20–50% niža kod biodizela od one kod dizel goriva, i u stacionarnim i u nestacionarnim uslovima rada motora. Znatno manja emisija HC kod biodizela objašnjava se njegovom višom tačkom ključanja, tj. isparavanja.

Emisije NO_x su oko 15% veće kod biodizela nego kod dizela i u stacionarnim i u nestacionarnim uslovima.

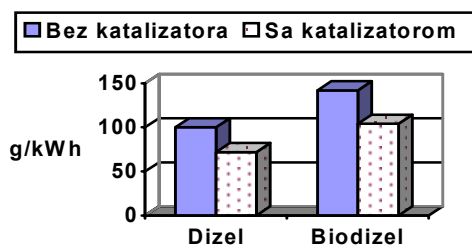
Što se tiče emisije čestica one su u stacionarnim uslovima kod biodizela oko 20% veće nego kod dizela, dok je ta razlika za nestacionarne uslove nešto manja. Kada se upotrebi katalizator situacija je obrnuta.

Možda je emisija aldehida, pored negativnog uticaja na zaptivke i boje, najveći nedostatak biodizela, pošto je ova materija kancerogena. Emisija aldehida je znatno veća i u stacionarnim i u dinamičkim uslovima rada motora kod biodizela u odnosu na dizel gorivo D-2. Naročito je veći sadržaj formaldehida [1], što potvrđuje slika 7, gde su prikazani svi aldehidi zajedno.

Drugi izvor [5] govori o upotrebi biodizela u Evropi, kao goriva koje ima veliku perspektivu. Primer je uzet iz nemačke firme Mercedes-Benz, gde je vršeno ispitivanje metil-estra repičinog ulja, po standardu za biodizel DIN V 51606, što prikazuje slika 8.



Sl. 6 – Emisija NO_x kod dizela i biodizela



Sl. 7 – Emisija aldehida u stacionarnim uslovima rada

Zaključci se mogu svesti na sledeće [9]:

- konvencionalni dizel motori mogu raditi na biodizel RME bez velike modifikacije;

- biodizel RME može biti upotrebljen čist ili pomešan sa konvencionalnim dizel gorivom D-2;

- metil-ester goriva su netoksična za ljude, sigurna u rukovanju i biodegradivna. Osim toga, preporučuje se njihovo čuvanje u rezervoarima sa vodom;

- takođe, komponente nisu isparljive ispod tačke ključanja;

- izduvni gasovi oslobođeni su komponenti olova, SO₂ i halogena;

- čađ je ovde znatno smanjena, što pokazuje i slika 4.8. Smanjeni su i nesa-goreli ugljovodonici i ugljenmonoksid, kada se koristi oksidacioni katalizator;

- emisija NO_x je u znatnom porastu, ukoliko nisu izvršene promene na motoru;
- dobre performanse u samopaljenju daju esterski rezultati pri lakom pokretanju motora;

- potrošnja goriva slična je potrošnji pri korišćenju konvencionalnog dizel goriva D-2.

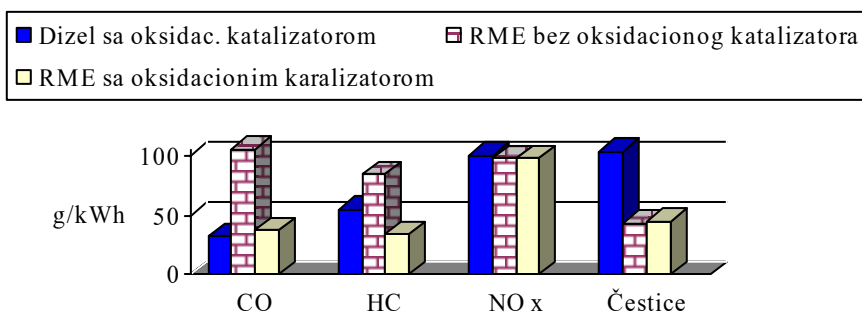
Na slici 8 prikazani su rezultati višegodišnjeg ispitivanja nakon čega se u Mercedes-Benzu 1994. daje odobrenje za korišćenje biodizela RME u serijskim automobilskim i kamionskim dizel motorima. Samo godinu dana kasnije, 1995, u Volkswagenu daju isto takvo odobrenje.

Slične standarde proteklih godina su usvojile Austrija, Italija i još neke druge evropske zemlje.

Zaključak

Saobraćaj uzrokuje 40–50% zagađenja, koja ugrožavaju kvalitet vazduha u gradovima. Nivo azotnih oksida je u trećini gradova u svetu iznad propisanih granica, a više od polovine ima prekomerne nivoe.

Primenom novih motora i kvalitetnijih goriva, kontrolom emisija stanje u svetu postaće bolje u narednih 10 godina,



Sl. 8 – Rezultati 13-modnog testa emisije izduvnih gasova dosledno ECE, R 49

ali će znatnim povećanjem broja motornih vozila globalno zagađivanje vazduha ponovo početi da raste.

Uloga ulične mreže u gradu mnogo je značajnija od samog zadovoljenja kretanja i parkiranja vozila. Ona mora da se gradi i rekonstruiše tako da, pored zadovoljenja funkcionalnih zahteva saobraćaja, obezbedi očuvanje životne sredine.

Pored tehničkih inovacija na motorima, primene kvalitetnijih izvora energije, stroge kontrole emisija, strožih standarda kvaliteta vazduha, neophodno je preduzeti mere za ograničavanje upotrebe automobila i korišćenje masovnog prevoza putnika. Kvalitet organizacije javnog putničkog prevoza u gradu i nivoi usluge najviše utiču na masovnije korišćenje javnog prevoza, a time i na kvalitet životne sredine.

Konvencionalni dizel motori mogu koristiti biodizel RME bez velike modifikacije [9]. Metil-ester goriva su netoksična za ljude, sigurna pri rukovanju i biodegradivna. Izduvni gasovi su oslobođeni komponenti olova, SO₂ i halogena, a čađ je znatno smanjena. Smanjeni su i nesago-

reli ugljovodonici i ugljen-monoksid, kada se koristi oksidacioni katalizator. Emisija NO_x je u znatnom porastu, ukoliko nisu izvršene promene na motoru. Dobre performanse u samopaljenju daju rezultat pri lakom pokretanju motora, a potrošnja goriva je slična potrošnji pri korišćenju konvencionalnog dizel goriva D-2.

Literatura:

- [1] Radojević, N. i dr.: Razvoj dizel motora sa aspekta ekonomičnosti i zaštite životne sredine i mogućnosti primene alternativnih goriva, Savetovanje „Racionalno gazdovanje energijom u širokoj potrošnji“, Beograd, 1997.
- [2] Kuburović, M. i dr.: Emisija „gasova staklene bašte“ pri korišćenju goriva u širokoj potrošnji, Savetovanje „Racionalno gazdovanje energijom u širokoj potrošnji“, Beograd, 1997.
- [3] Beck, J. i dr.: The diesel dual fuel engine-practical experience and future trends, Internal paper, Toronto, Ontario, Canada, 1995.
- [4] Badakhshan, A. i dr.: The multipoint diesel dual fuel transport engine its merits in fuel efficiency, economics and green house gas emission, Internal paper, The University of Calgary, 1996.
- [5] Varese, R., Varese, M.: Methyl ester biodiesel: opportunity or necessity?, Padova, Italy, 1994.
- [6] BTR-50, TU-I, opis, rukovanje i tehničko održavanje, SSNO Beograd, 1981.
- [7] Živković, M.: Motori sa unutrašnjim sagorevanjem, I deo, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
- [8] Bukvić, A.: Aspekti primene alternativnih goriva, specijalistički rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.