

Damir Butković, Alan Vrdoljak, Feđa Holub

ISSN 0350-350X

GOMABN 41, 5, 279-301

Pregledni rad/Review

UDK 665.733.5 : 614.7 : 621.436.013.4/.068.3/.068.7 (497.13)(4-62)

MOTORNI BENZINI - NOVI ZAHTJEVI TRŽIŠTA

Sažetak

Pokušavajući zadovoljiti suprotstavljene zahtjeve za zaštitom okoliša i zahtjeve tržišta za poboljšanjem performanci vozila automobilska industrija je u posljednjih nekoliko godina razvila čitav niz tehničkih rješenja koja pred proizvođače goriva postavljaju sve strože zahtjeve za kvalitetom.

Nova izvedbena rješenja benzinskih motora danas se već u značajnoj mjeri mogu naći i na domaćem tržištu, a primjena zakonske regulative kojom se ograničava dopuštena emisija ispušnih plinova iz osobnih automobila dodatno će utjecati na trend povećanja udjela novoprodučenih vozila.

U radu je dan pregled nove automobilske tehnologije, kao i međusobni utjecaj novih izvedbenih rješenja benzinskih motora i kvalitete motornih benzina. U cilju utvrđivanja potrebe za promjenom kvalitete motornih benzina, analizirana je struktura motornog fonda u Republici Hrvatskoj. Također je dan i pregled zakonske regulative koja ima utjecaj na zahtjeve za kvalitetom motornih benzina.

UVOD

Naglašena briga za zaštitom okoliša kao i zahtjevi za poboljšanjem performanci osobnih vozila odredili su pravce u kojima se pooštavaju zahtjevi postavljeni pred proizvođače vozila i goriva:

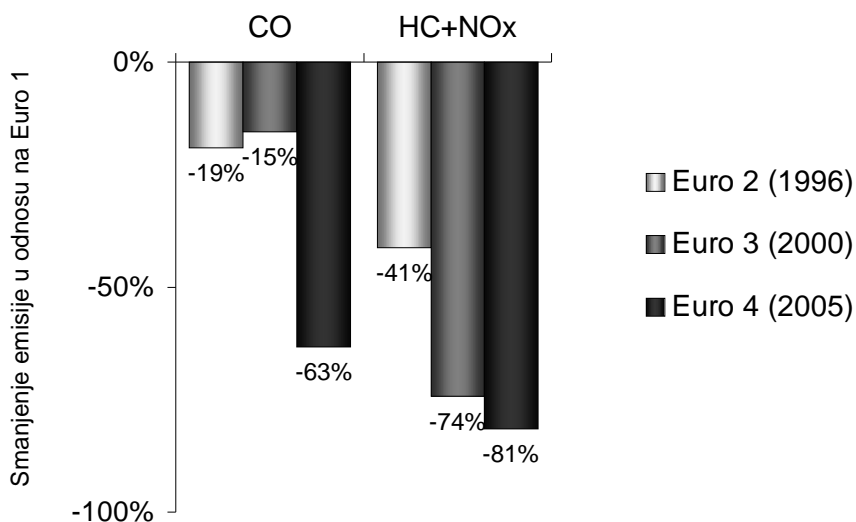
- smanjenje utjecaja transporta na okoliš,
- zadovoljenje očekivanja kupaca u odnosu na značajke vozila, ekonomičnost, vozivost i trajnost.

Dinamiku i oštrinu ovih zahtjeva moguće je pratiti jedino zajedničkim djelovanjem razvoja novih tehničkih rješenja vozila i poboljšavanja kvalitete goriva.

Sve stroži zahtjevi za smanjenjem emisije ispušnih plinova iz benzinskih motora regulirani su europskom normom Euro 3, koja je na snazi od 2000. godine, a oštrina zahtjeva vidljiva je iz prikaza pooštavanja u odnosu na početnu normu Euro 1 (slika 1). Tako je vidljivo da je od početka primjene Euro 1 do stupanja na snagu Euro 3 norme bilo potrebno smanjiti emisiju ugljikovodika i dušičnih oksida za čak 74%, a ugljičnog monoksida za 15%. Međutim, danas već ne tako daleka budućnost jest norma Euro 4, koja zahtijeva dodatna smanjenja emisije ispušnih plinova, što je posebno izraženo u zahtjevu za značajnim smanjenjem emisije ugljičnog monoksida.

Slika 1: Zahtjevi europskih normi i njihov međusobni odnos

Figure 1: Requirements of the Euro standards and their mutual relationship



Emission reduction with regard to Euro 1

NOVE TEHNOLOGIJE

Ovako značajne promjene u smislu ograničavanja emisije ispušnih plinova u relativno kratkom vremenu pokretač su ubrzanog razvoja u automobilskoj

industriji. Tako je čitav niz novih tehničkih rješenja omogućio uspješno zadovoljenje europskih zahtjeva. Neka od takvih rješenja, a koja su u najvećoj mjeri odgovorna za pooštavanje zahtjeva za kvalitetom goriva, odnose se na poboljšanja:

- pripreme gorive smjese
 - neizravno ubrizgavanje goriva
 - izravno ubrizgavanje goriva
- kontrole izgaranja
 - dijagnostika rada motora
- sustava za obradbu ispušnih plinova
 - katalitički konverteri
 - povrat ispušnih plinova

Priprema gorive smjese

Razvoj sustava za pripremu gorive smjese donosi najznačajnija poboljšanja i u smislu zaštite okoliša i u smislu poboljšanja performanci i ekonomičnosti motora. Tako je tijekom 90-tih proizvodnja motora s rasplinjačem gotovo nestala, a primat su preuzeli sustavi s neizravnim ubrizgavanjem u više točaka. Krajem 90-ih pojavljuju se motori s izravnim ubrizgavanjem goriva, koji donose značajna poboljšanja u smanjenju potrošnje goriva uz istovremeno povećanje snage motora i unapređenje ostalih performanci. Zbog navedenih razloga primjena tehnologije izravnog ubrizgavanja u naglom je porastu, a kako ova tehnologija omogućuje i zadovoljenje zahtjeva norme Euro 4 u narednim godinama očekuje se njezina sve veća primjena.

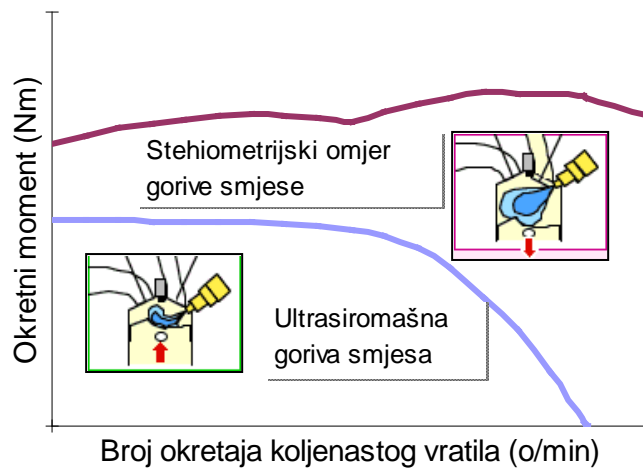
Sam sustav za pripremu gorive smjese temeljen na tehnologiji izravnog ubrizgavanja omogućuje rad motora u dva različita režima ovisno o opterećenju motora (slika 2). Tako tijekom većeg opterećenja motor radi sa stehiometrijskim omjerom gorive smjese, a samo ubrizgavanje goriva započinje na kraju takta usisa, dok u uvjetima gradske vožnje, dakle nižeg i srednjeg opterećenja motor radi s ultra siromašnom gorivom smjesom, a ubrizgavanje goriva započinje na kraju takta kompresije.

U odnosu na motore s neizravnim ubrizgavanjem kod tehnologije s izravnim ubrizgavanjem samo ubrizgavanje započinje znatno kasnije čime se skraćuje raspoloživo vrijeme za isparavanje goriva, što povećava osjetljivost motora na udio teže isparivih komponenata goriva. Ovo je naročito izraženo u režimu rada s ultra siromašnom smjesom, gdje zbog nepotpunog

isparavanja goriva može doći do dodatnog osiromašenja smjese i izostanka zapaljenja, što može dovesti do ozbiljnih problema u radu motora.

Slika 2: Režimi rada motora s izravnim ubrizgavanjem goriva u komoru za izgaranje

Figure 2: Engine operation regimes with direct fuel injection into combustion chamber



Torque (Nm)

Ultra lean fuel mixture

Stoichiometric fuel mixture ratio

Crankshaft rpm (o/min)

Primjenom tehnologije izravnog ubrizgavanja ostvaruje se također i značajno smanjenje emisije ispušnih plinova. Tako se u režimu rada sa stehiometrijskim omjerom gorive smjese ostvaruje smanjenje od 10 do 20% ugljikovodika i ugljičnog dioksida i preko 50% dušičnih oksida, dok se u režimu rada s ultra siromašnom gorivom smjesom ostvaruje smanjenje ugljikovodika i ugljičnog monoksida i preko 75%, a povećava se količina dušičnih oksida. Problem povećanja emisije dušičnih oksida u režimu rada s ultra siromašnom smjesom rješava se korištenjem mogućnosti povećanja količine povrata ispušnih plinova kao i primjenom NO_x katalitičkih pretvarača.

Kontrola izgaranja

Svrha sustava dijagnostike rada motora (OBD – On Board Diagnostic) je otkrivanje pogrešaka u radu vozila, kao i pogrešaka u međusobnom funkcioniranju sustava kontrole ispuha i sustava ubrizgavanja goriva, kako bi se postigla zadovoljavajuća kvaliteta ispuha. OBD sustavi time skraćuju vrijeme između pojave pogreške i njezinog otklanjanja. Postavljanjem dvaju osjetila kisika prije i poslije katalizatora preko mjerenja udjela kisika u ispušnim plinovima može se mjeriti i stanje katalizatora, tj. njegova efikasnost. Indikatori OBD sustava na kontrolnoj ploči u automobilu mogu javljati pogrešku i zbog smanjenja efikasnosti katalizatora zbog povećanog sadržaja sumpora u gorivu.

Prednost OBD sustava je što održavaju u dobrom stanju sustave kontrole ispuha, a praćenjem njihova rada i podataka koje skupljaju moguć je daljni napredak automobilske tehnologije ka zadovoljenju zahtjeva za emisijom ispušnih plinova.

Osjetilo kisika lambda sonda koja se postavlja prije katalizatora, registrira količinu kisika u ispuhu i uz elektroničku podršku obrađene dobivene informacije šalje središnjem sustavu za nadzor motora. Sustav kontrole ispušnih plinova daje ključne informacije o procesu izgaranja koji se na osnovi toga, ako je potrebno, može poboljšati. Prevelika količina kisika u ispuhu znači i povećanje dušičnih oksida, što se eliminira većom količinom izgorjenih plinova koji se vraćaju ponovno u cilindar (EGR ventil). Bolji nadzor rada motora omogućuje čišći ispuh, ali i povećava vijek trajanja motora.

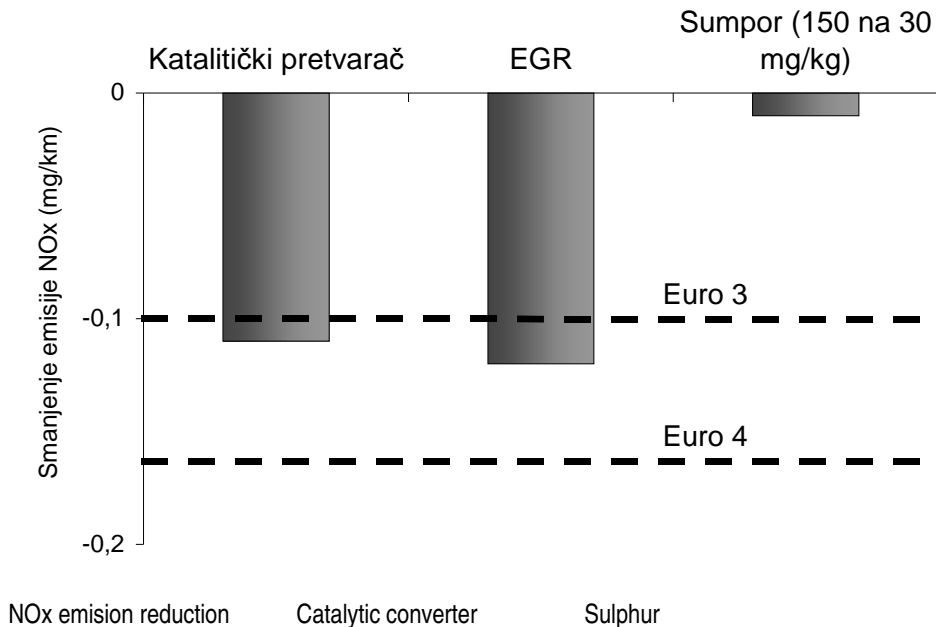
Obradba ispušnih plinova

Oštrinu zahtjeva kojima se ograničava emisija ispušnih plinova uz svu primjenu novih tehnologija nije moguće postići bez dodatnih sustava za obradbu ispušnih plinova. Tako se danas najčešće koriste katalitički pretvarači trostrukog djelovanja koji su sposobni, uz reduciranje ugljikovodika i ugljičnog monoksida, reducirati i količinu dušičnih oksida u ispušnim plinovima. Ovakvi sustavi danas uspijevaju zadovoljiti Euro 3 zahtjeve. No, daljnja poboljšanja u pravcu zadovoljenja Euro 4 moguća su primjenom NOx katalitičkih pretvarača. Značajna poboljšanja u smanjenju emisije dušičnih oksida također se osiguravaju povratom ispušnih plinova u komoru za izgaranje.

Uspoređujući utjecaj tehnologije, u prvom redu sustava za obradbu ispušnih plinova, i kvalitete goriva na smanjenje emisije vidljiva je značajna prednost na strani tehnologije (slika 3).

Slika 3: Utjecaj tehnologije na smanjenje emisije u odnosu na kvalitetu goriva

Figure 3: Technological impact on emission reduction with regard to fuel quality



Primjera radi, da bi se dostiglo Euro 3 zahtjeve bilo je potrebno od 1996. do 2000. godine osigurati smanjenje emisije dušičnih oksida od 0,1 mg/km. Ovakvo smanjenje bilo je moguće osigurati jedino primjenom katalitičkih pretvarača i tehnologije povrata ispušnih plinova, dok bi značajno i vrlo zahtjevno smanjenje sadržaja ukupnog sumpora u gorivu sa 150 na 30 mg/kg donijelo gotovo beznačajano smanjenje emisije dušičnih oksida.

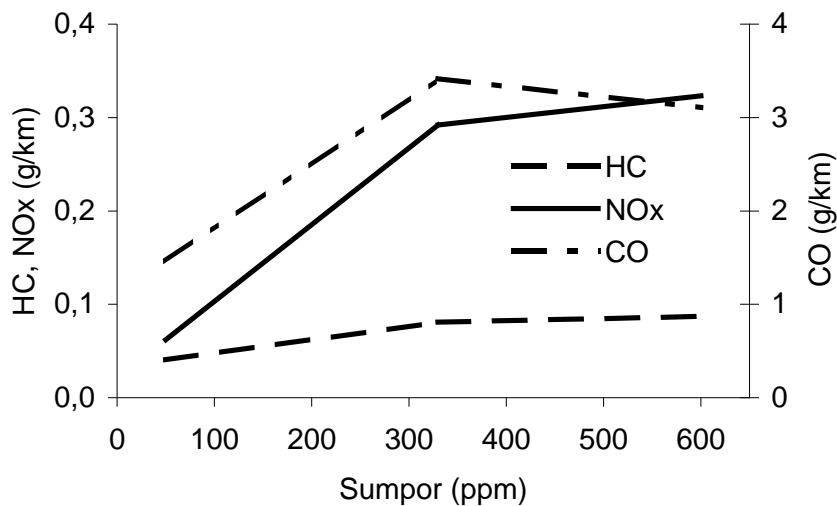
ZNAČAJKE GORIVA

Značajke goriva odgovorne za kvalitetu rada motora imaju utjecaj na učinkovitost novih tehnologija, te su stoga izložene stalnim i sve strožim zahtjevima za promjenama. Ove značajke možemo podijeliti u nekoliko grupa ovisno o njihovom primjenskom značaju. Tako možemo izdvojiti sadržaj sumpora kao značajku koja najviše utječe na učinkovitost sustava za obradbu ispušnih plinova. Zatim značajke koje u najvećoj mjeri utječu na

vozivost, kao što su točke destilacije i tlak para, te značajke poput sadržaja olefina i aromata koje povećavaju sklonost goriva ka nastajanju taloga u motoru.

Izravni utjecaj sadržaja sumpora u gorivu na smanjenje emisije ispušnih plinova gotovo je beznačajan u odnosu na njegov utjecaj na učinkovitost rada sustava za obradbu ispušnih plinova. Na primjeru jednog katalitičkog pretvarača trostrukog djelovanja vidljivo je da se povećanjem sadržaja sumpora povećava emisija dušičnih oksida i ugljičnog monoksida, pa tako razina od 150 ppm predstavlja gornju granicu sadržaja sumpora, kojom se može osigurati zadovoljenje zahtjeva Euro 3 (slika 4).

Slika 4: Utjecaj sumpora na emisiju ispušnih plinova
Figure 4: Sulphur Impact on Exhaust Gas Emission

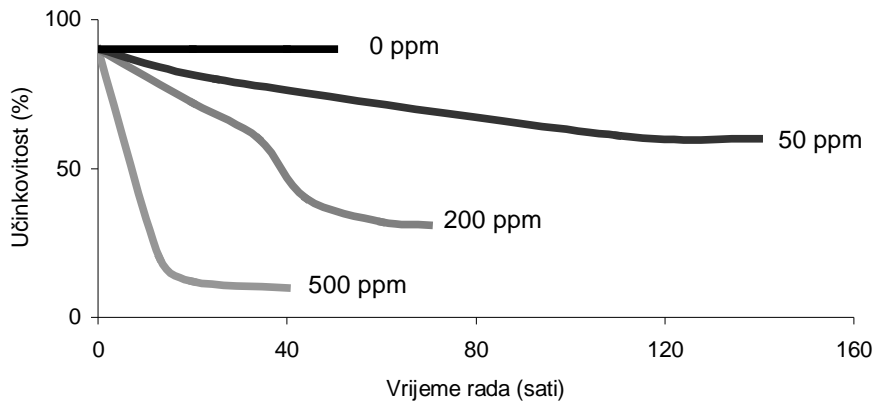


Sulphur (ppm)

Kod naprednijih NOx katalitičkih pretvarača za ukupni sadržaj sumpora od 500 ppm za približno 20 sati rada učinkovitost pada sa 90 na svega 20%, dok se smanjenjem sumpora na 50 ppm tijekom 150 sati rada osigurava smanjenje učinkovitosti za samo 30% (slika 5).

Slika 5: Utjecaj sumpora na učinkovitost sustava za obradbu ispušnih plinova

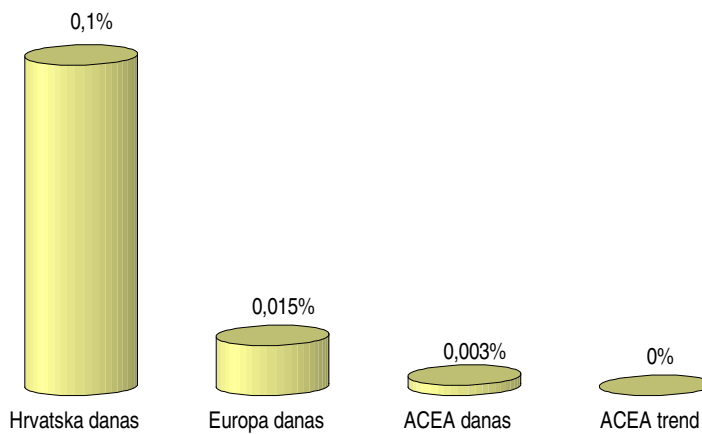
Figure 5: Sulphur Impact on the Exhaust Gas Treatment System Efficiency



Efficiency time (hrs) of operation

Slika 6: Sadržaj sumpora u motornim benzinima (%m/m)

Figure 6: Sulphur Content in Motor Gasoline (%m/m)



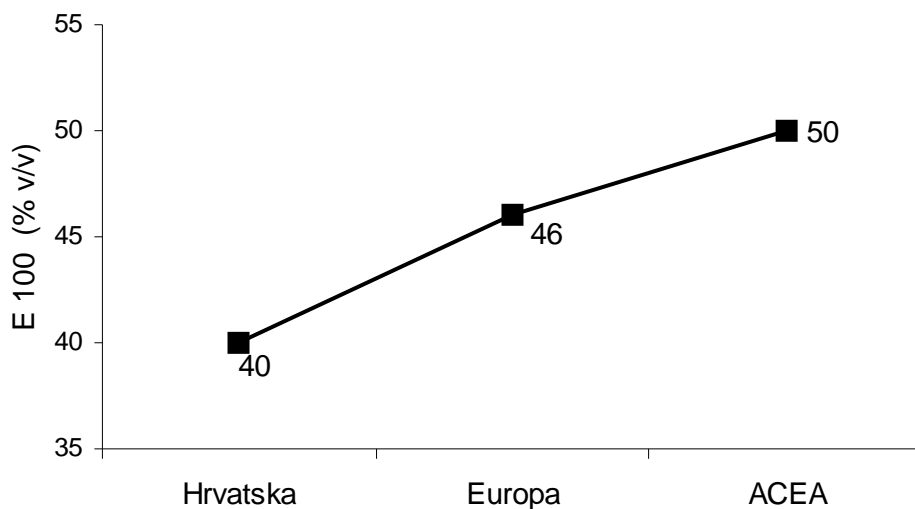
Croatia today Europe today ACEA today ACEA – trend

Za razliku od Republike Hrvatske, gdje je razina ukupnog sumpora od 0,1% previsoka da se osigura potrebna učinkovitost sustava za obradbu ispušnih plinova, Europa danas ima gotovo sedam puta manje sumpora, dok preporuke proizvođača vozila idu korak dalje i sadržaj sumpora ograničavaju na 30 ppm, što je gornja granica koja zadovoljava i najsuvremenije sustave za obradbu ispušnih plinova, naravno s trendom i daljnjeg smanjenja do potpunog uklanjanja sumpora (slika 6).

Isparivost motornih benzina je značajka izravno povezana s pojmom vozivosti pod kojim se podrazumijeva mogućnost pokretanja hladnog i zagrijanog motora, oklijevanje odnosno nepravilnosti rada motora kod ubrzavanja i stabilnost rada motora na konstantnom broju okretaja koljenastog vratila. Vozivost, kao isključivo primjenska značajka motornih benzina nije regulirana normama za bezolovne motore benzine, a najčešće se iskazuje kao računski vrijednost u obliku indeksa vozivosti. Osim vozivosti, isparivost motornih benzina ima također znatan utjecaj na zagrijavanje motora odnosno vrijeme potrebno da hladan motor dostigne radnu temperaturu, kao i potrošnju goriva.

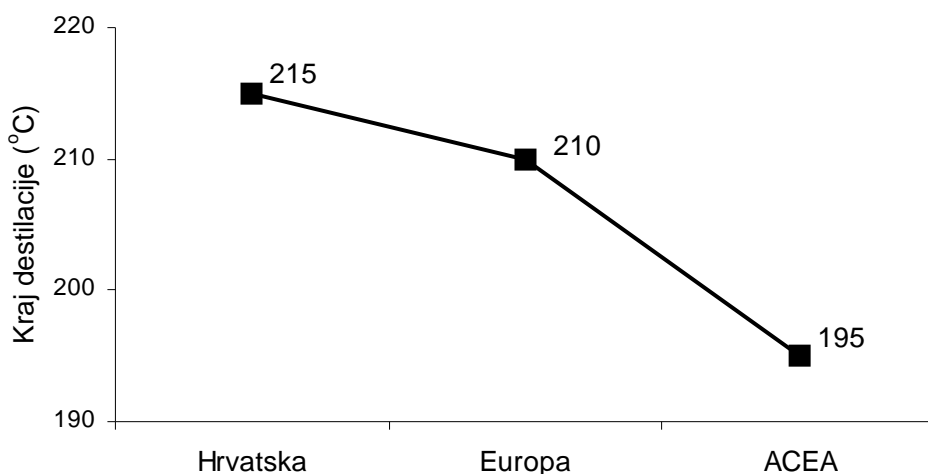
Slika 7: Minimalno isparena količina goriva na 100°C (E100)

Figure 7: Minimal Volume of Evaporated Fuel at 100°C (E 100)



Osim navedenih utjecaja, trend smanjenja udjela teže isparivih komponenata goriva posljedica je i skraćivanja raspoloživog vremena za isparavanje goriva odnosno pripremu gorive smjese, što je izrazito naglašeno u radu motora s izravnim ubrizgavanjem. Ovako iskazani trend smanjenja udjela teže isparivih komponenata motornih benzina očituje se kroz zahtjeve za povećanjem donje granice tlaka para kao i povećanjem minimalno isparene količine goriva na 100°C (slika 7).

Slika 8: Smanjenje temperature kraja destilacije motornih benzina
Figure 8: Motor gasoline distillation end temperature lowering



End distillation

Croatia

Europe

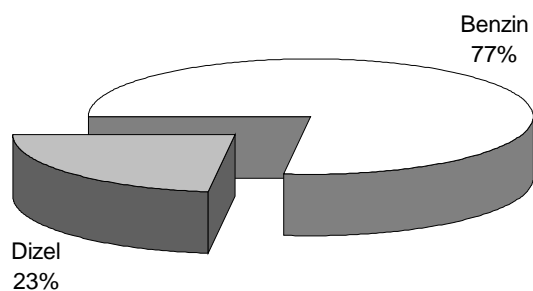
Uz povećanje udjela lakše isparivih komponenata u srednjem području destilacijske krivulje uočava se i trend smanjenja temperature kraja destilacije što izravno utječe na smanjenje udjela komponenti koje povećavaju sklonost goriva k formiranju taloga u motoru (slika 8).

Osim navedenih utjecaja na vozivost i sklonost formiranju taloga u motoru smanjenje udjela teže isparivih komponenti pozitivno utječe i na smanjenje emisije ispušnih plinova.

Imajući u vidu nagli razvoj tehnologije benzinskih motora i zahtjeve koji se postavljaju na primjenske značajke goriva potrebno je napomenuti da osim značajki goriva koje su regulirane normama zadovoljenje zahtjeva tržišta u

velikoj mjeri ovisi i o značajkama koje norme za motorne benzine ne reguliraju ali je poznat njihov utjecaj na učinkovitost i sigurnost rada motora. Tako utjecaj goriva na formiranje taloga u motoru, iako nije reguliran normom za bezolovne motorne benzine u uvjetima značajnih poboljšanja ostvarenih razvojem sustava za pripremu gorive smjese, postaje vrlo važan čimbenik osiguranja pravilnog rada motora, a samim tim i zadovoljenja postavljenih zahtjeva i u smislu smanjenja emisije i u smislu zadovoljenja očekivanja krajnjeg korisnika.

Slika 9: Osobna vozila registrirana u Republici Hrvatskoj
Figure 9: Passenger Vehicles Registered in Croatia



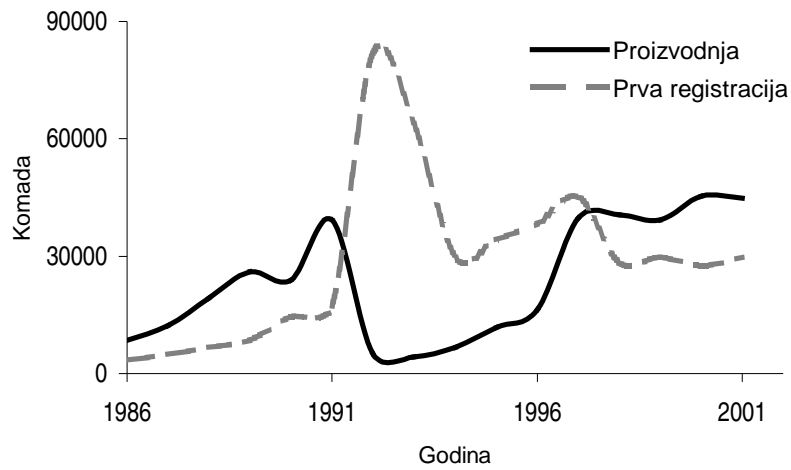
Diesel gasoline

STRUKTURA MOTORNOG FONDA NA DOMAĆEM TRŽIŠTU

Bez obzira na posljednjih godina iskazani trend porasta udjela osobnih vozila opremljenih s dizelovim motorom, ipak su vozila s benzinskim motorima još uvijek najzastupljenija na domaćem tržištu, što pokazuje i analiza podataka o ukupnom broju registriranih osobnih vozila u Republici Hrvatskoj (slika 9).

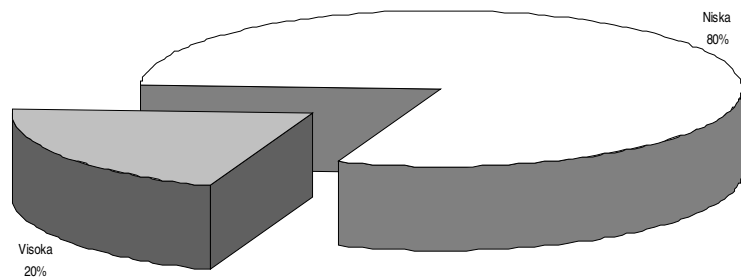
Analizom starosne strukture motornog fonda u drugoj polovici 90 uočljiv je trend porasta udjela novo proizvedenih osobnih vozila u odnosu na starija vozila prvi put registrirana u Republici Hrvatskoj (slika 10). Prijelomna točka je 1998. godina kada nakon dužeg razdoblja stagnacije dolazi do značajnijeg obnavljanja motornog fonda.

Slika 10: Struktura motornog fonda u Republici Hrvatskoj
 Figure 10: Vehicle Pool Structure in Croatia



Pcs Production First registration Year

Slika 11: Zahtjevnost benzinskog motornog fonda u Republici Hrvatskoj
 Figure 11: Croatian Gasoline Vehicle Pool Demand Level



high low

ZAKONSKA REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Pozitivne promjene strukture motornog fonda u smislu povećanja udjela novoproduktivnih vozila, čime se osigurava bolja zaštita okoliša i smanjenje potrošnje energije, dodatno su potencirane zakonskom regulativom u Republici Hrvatskoj, u prvom redu:

1. Naredbom o homologaciji vozila s obzirom na emisiju štetnih spojeva u skladu s gorivom koje se upotrebljava (NN 94/02 od 09.08.2002.)
2. Pravilnikom o izmjenama i dopunama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila (NN 02/01 od 10.01.2001.) i Pravilnikom o izmjenama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila (NN 149/02 od 13.12.2002.)

Pravilnikom o homologaciji vozila propisano je da se cestovna motorna i priključna vozila prije uvoznog carinjenja (vrijedi za vozila koja se uvoze u Republiku Hrvatsku), odnosno prije puštanja u promet (vrijedi za vozila koja se proizvode u Republici Hrvatskoj) moraju podvrgnuti provjeri homologacijske podobnosti. Ova provjera ima zadatak spriječiti uvoz sigurnosno i ekološki nepodobnih vozila koja u trenutku uvoza i prve registracije ne odgovaraju homologacijskim propisima u zemlji uvoza. Osim Pravilnika o homologaciji u Republici Hrvatskoj se primjenjuju i naredbe o homologaciji kojima se u skladu s međunarodnim pravilnicima (ECE-pravilnici) dopušta stavljanje u promet samo vozila koja su homologirana, odnosno koja zadovoljavaju traženu razinu kakvoće.

Provjera homologacijske podobnosti vozila koja se uvoze i prvi put registriraju u Republici Hrvatskoj započela je 15. rujna 1997. godine. Od tog datuma svako vozilo, osim propisom izuzetih, prije uvoznog carinjenja podvrgava se homologacijskom pregledu.

Naredbom o homologaciji vozila s obzirom na emisiju štetnih spojeva u skladu s gorivom koje se upotrebljava od 09. kolovoza 2002. godine definirane su granične vrijednosti emisije ispušnih plinova sukladne zahtjevima Euro 3 norme. Primjena ove Naredbe započinje od 01.10.2002. za nove homologacije tipova vozila i od 01.04.2003. za homologacije svih novih vozila. Ovakvom naredbom sprječava se uvoz tehnički zastarjelih vozila, što istodobno doprinosi povećanju udjela novih, visoko zahtjevnih vozila na domaćem tržištu, čime se osiguravaju značajna poboljšanja u zaštiti okoliša i uštedi energije.

U cilju osiguranja ispravnosti sustava za obradbu ispušnih plinova, kao i podešenosti sustava za pripremu i zapaljenje gorive smjese, u Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila definirana je obveza provedbe eko testa u sklopu redovnog tehničkog pregleda vozila.

Naime, sukladno Pravilniku o tehničkim pregledima vozila te njegovim izmjenama i dopunama od 01. listopada 2003. godine redovni tehnički pregled može se ovjeriti jedino ukoliko se utvrdi tehnička ispravnost vozila na eko testu, tijekom kojeg se mjerenjem utvrđen sastav ispušnih plinova uspoređuje s podacima proizvođača vozila.

Eko test se sastoji od vizualne kontrole ispušnog i usisnog sustava, sustava za paljenje i napajanje i razvodnog mehanizma, te mjerenja sastava ispušnog plina. Izmjerene i izračunate vrijednosti u ispušnom plinu se uspoređuju s posebno pripremljenim proizvođačkim podacima za EKO TEST, a ako proizvođački podaci nisu poznati, izmjerene i izračunate vrijednosti se uspoređuju s propisanim zakonskim vrijednostima.

Imajući u vidu mogući utjecaj kvalitete goriva na učinkovitost i trajnost sustava za obradbu ispušnih plinova, obvezna provedba eko testa predstavlja dodatni zahtjev za osiguranje kvalitete sukladne zahtjevima novoprodučenih vozila.

ZAKLJUČAK

Iz prikaza novih tehničkih rješenja koja se primjenjuju u novim izvedbama benzinskih motora vidljivo je kako uspijevaju zadovoljiti sve strože zahtjeve za smanjenjem emisije ispušnih plinova uz značajno poboljšanje performanci motora. Međutim, važno je uočiti značajan utjecaj kvalitete goriva na učinkovitost i životni vijek novih izvedbenih rješenja, u prvom redu sustava za obradbu ispušnih plinova, što je i glavni pokretač pooštavanja zahtjeva za kvalitetom motornih benzina.

Iz prikaza starosne strukture benzinskog motornog fonda u Republici Hrvatskoj očividno je da su primjenski zahtjevi većinskog udjela benzinskih motora zadovoljeni važećim specifikacijama za motorne benzine.

Osiguravanjem raspoloživosti dvije kvalitete bezolovnog motornog benzina BMB 95 koje bi bile sukladne udjelima i zahtjevima starih niskozahajevnih i novih visokozahajevnih vozila, moguće je u potpunosti zadovoljiti primjenske zahtjeve cjelokupnog benzinskog motornog fonda Republike Hrvatske te istovremeno postići pozitivne pomake u zaštiti okoliša.

MOTOR GASOLINES - NEW MARKET REQUIREMENTS

Abstract

Trying to meet the contrasting requirements for environmental protection and market requirements for the improvement of vehicle performances, the automotive industry has over the past few years developed a number of technical solutions facing fuel manufacturers with increasingly stringent quality requirements.

The new designs of gasoline engines may today be found on the local market to a considerable extent, while the implementation of legal regulations limiting the permissible emission of exhaust gases from passenger vehicles shall have an additional impact on the newly manufactured vehicles share increase trend.

The paper provides a review of the new automobile technology, as well as the mutual impact of the new gasoline engine designs and motor gasoline quality. In order to define the need to change the quality of motor gasolines, we have analyzed the structure of the vehicle pool in Croatia. We have also provided a review of the legal regulations impacting the motor gasoline quality requirements.

INTRODUCTION

Pronounced environmental protection concern as well as requirements for improving passenger vehicle performances have set the directions in which requirements imposed upon vehicle and fuel manufacturers are becoming more stringent:

- reduced transportation environmental impact,
- meeting customer requests in terms of vehicle properties, cost effectiveness, driveability and durability.

The dynamics and stringency of these requirements may only be monitored through a joint development of technical automotive solutions and improved fuel quality.

Increasingly stringent requirements for reducing exhaust emission from gasoline engines have been regulated through the European standard Euro 3, in force as of 2002, while the stringency of the requirements may be seen through comparison with the initial standard Euro 1 (Figure 1). We may thus observe that from the beginnings of implementing Euro 1 to the entry into

force of Euro 3 it was necessary to reduce hydrocarbon and nitrogen oxides emission by as much as 74%, and that of carbon monoxide by 15%. However, today we are already facing the Euro 4 with an additional requirement for reducing exhaust gas emission, especially when it comes to reducing the carbon monoxide emission.

NEW TECHNOLOGIES

Such considerable changes in the sense of limiting exhaust emission within a relatively short time have caused a speedy automotive industry development. Thus, a whole series of new technical solutions has enabled a successful meeting of the Euro requirements. Some of these solutions, responsible for the more stringent fuel quality requirements, concern the following:

- fuel mixture preparation
 - indirect fuel injection
 - direct fuel injection
- combustion control
 - engine operation diagnostics
- exhaust gas processing system
 - catalytic converters
 - exhaust gas recirculation

Fuel mixture preparation

Development of the system for fuel mixture preparation has brought the most significant improvements in terms of both environmental protection and engine performance and cost effectiveness. Thus, in the course of 90s, the production of engines equipped with a carburetor has almost vanished, yielding room to the systems with indirect multipoint injection. Towards the end of the 90s, engines with direct fuel injection appeared, bringing significant improvements in terms of fuel consumption reduction, with a simultaneous engine power increase and advancement of other performances. Due to these reasons, the implementation of direct injection technology has faced an abrupt increase. Since it enables the meeting of the Euro 4 standard requirements, we are expecting its increased application in the years to come.

The system for fuel mixture preparation based on direct injection technology itself enables engine performance under two different regimes, depending on engine load (Figure 2). During higher load, the engine operates with a

stoichiometric fuel mixture share, while the injection itself begins at the end of the intake stroke. Under conditions of city traffic on the other hand – entailing low and medium load – the engine operates on an ultra lean fuel mixture, while the fuel injection begins at the end of the compression stroke.

With regard to indirect injection engines, direct injection technology entails a much retarded injection, thus shortening the time for fuel evaporation, increasing the engine's sensitivity to the share of poorly volatile fuel components. This particularly regards the ultra lean mixture operating regime, where, due to uncomplete fuel evaporation, the mixture may be rendered further lean and ignition may cease, causing serious engine operation troubles.

The application of direct injection technology also considerably reduces exhaust emission. Thus the stoichiometric fuel mixture share regime enables a 10-20% reduction of hydrocarbons and carbon dioxide and over 50% of nitrogen oxides, while the ultra lean fuel mixture operating regime causes an over 75% reduction of hydrocarbons and carbon monoxide, while the volume of nitrogen oxides increases. The issue of nitrogen oxide increase in the ultra lean mixture operating regime is resolved by using the possibility of increasing the volume of returned exhaust gases, as well as by applying NOx catalytic converters.

Combustion Control

OBD systems (OBD – On Board Diagnostic) serve for identifying errors in vehicle operation, as well as those in the mutual functioning of the exhaust control and fuel injection systems, in order to achieve a satisfactory exhaust gas quality. OBD systems thus reduce the time between error appearance and its removal. By setting two oxygen sensors before and after the converter, thus measuring oxygen share in the exhaust gases, it is possible to measure the converter's state i.e. its efficiency. OBD system indicators may report an error on the vehicle's control panel also due to reduced converter efficiency caused by increased fuel sulphur content.

The advantage of OBD systems is that they keep the exhaust control systems in good shape, while – by monitoring their operation, through the data they collect, they enable a further development of the automotive technology towards meeting exhaust emission requirements.

Oxygen sensor (the Lambda probe) set before the converter registers the exhaust oxygen content and forwards the data obtained to the central vehicle control system. The exhaust gases control system provides key information on the combustion process, which may be improved based on that, if

necessary. Excessive oxygen content in the exhaust entails also increased nitrogen oxides, eliminated by increased combusted gas volume returned to the cylinder (EGR valve). Better engine control enables cleaner exhaust, while also extending the engine's service life.

Exhaust Gases Processing

The stringency of requirements limiting exhaust gas emission cannot be achieved without additional exhaust gas treatment systems. Most frequently used today are the catalytic converters with triple effect capable of reducing hydrocarbon, carbon monoxide and nitrogen oxide exhaust content. They manage to meet the Euro 3 requirements. However, further improvements to meet Euro 4 requirements are possible by applying NOx catalytic converters. Considerable improvements in reducing the emission of nitrogen oxides are also ensured by recirculating exhaust gases back to the combustion chamber.

By comparing the technological impact of primarily the exhaust gas treatment system and of fuel quality on emission reduction, we may observe a considerable advantage of the former (Figure 3). For example, in order to meet the Euro 3 requirements, it was necessary in the 1996-2000 period to ensure nitrogen oxide emission reduction in the amount of 0.1 mg/km. Such reduction could be achieved only by applying catalytic converters and exhaust gas recirculation technology, while the considerable and very demanding reduction of total fuel sulphur content from 150 to 30 mg/kg would bring about a practically neglectable nitrogen oxide emission reduction.

FUEL CHARACTERISTICS

Fuel characteristics responsible for engine operation quality impact the efficiency of new technologies, which is why they are faced with constant and increasingly stringent requests for changes. These characteristics may be broken down into several groups, depending on their applicative significance.

We may thus single out sulphur content as the property impacting the exhaust gas treatment system efficiency the most. It is followed by properties impacting driveability, such as distillation points and vapour pressure, and olefin and aromatics content, increasing the fuel's tendency to generate sludge in the engine.

Direct fuel sulphur content impact on exhaust gas emission reduction is practically neglectable with regard to its impact on the efficient operation of the exhaust gas treatment system. On the example of a catalytic converter with triple effect we may observe that sulphur content increase is accompanied by nitrogen oxide and carbon monoxide emission increase, the level of 150 ppm thus presenting the top sulphur content level capable of ensuring Euro 3 requirements (Figure 4).

In more advanced NOx catalytic converters, for total sulphur content of 500 ppm the efficiency drops from 90 to merely 20% after approximately 20 hours of operation, while sulphur reduction to 50 ppm during 150 hours of operation ensures efficiency reduction by only 30% (Figure 5).

Unlike Croatia, where the total sulphur level in the amount of 0.1% is too high to ensure the necessary efficiency of the exhaust gases treatment system, Europe today has nearly seven times less sulphur, while vehicle manufacturer recommendations go a step further by limiting sulphur content to 30 ppm, being the top limit satisfying even the most sophisticated exhaust gas treatment systems, - of course, with the trend of further sulphur reduction until its complete phase out (Figure 6).

Motor gasoline volatility is directly associated with the notion of driveability, being the ability to start both cold and warm engine; uneven engine running while accelerating and its stability at a constant crankshaft rpm. Driveability, being a solely applicative property of motor gasoline, has not been regulated by unleaded motor gasoline standards, while it is most frequently expressed as a numerical value in the form of driveability index. Apart from driveability, motor gasoline volatility also has a considerable impact on engine warm up i.e. the time necessary for a cold engine to reach the operating temperature, as well as on fuel consumption.

Apart from the above impacts, the trend of reducing the share of less volatile fuel components is the result of shortening the time available for fuel evaporation i.e. fuel mixture preparation, especially pronounced in the operation of direct injection engines. This trend is seen through requests for increasing the bottom vapour pressure limit, as well as the minimal volume of evaporated fuel at 100°C (Figure 7).

Along with the increase of the volatile components share in the middle of the distillation curve, we may observe the trend of lowering the end distillation temperature, directly impacting the lowering in the share of components increasing the fuel's tendency to generate sludge (Figure 8).

Apart from the said impact on driveability and sludge formation, lowering of the less volatile components share has a positive impact also on the lowering of the exhaust gas emission.

Given the abrupt development of the gasoline engine technology and the requirements imposed upon the applicative fuel properties, we must point out that – apart from fuel properties regulated by standards – the meeting of market requirements largely depends on the properties which are not regulated by motor gasoline standards, but have a well-known impact on the efficiency and safety of engine operation.

Thus the fuel impact on sludge formation, although not regulated by the unleaded gasoline standard, under conditions of significant improvements achieved by developing the system for fuel mixture preparation, becomes a very important factor of ensuring proper engine operation, and hence also of meeting the requirements set both in terms of emission reduction and meeting enduser expectations.

VEHICLE POOL STRUCTURE ON THE LOCAL MARKET

Regardless of the recent trend indicating increase in the share of passenger vehicles powered by diesel engines, the vehicles powered by motor engine still prevail on the local market. This is shown also by the analysis of data on the total number of registered vehicles in Croatia (Figure 9).

The analysis of the vehicle pool age in the second half of the 90s indicates an increased share of the newly produced passenger vehicles with regard to older ones registered for the first time in Croatia (Figure 10). The breaking point occurred in 1998 when – after a long stagnation period – the vehicle pool was more considerably renewed.

In keeping with such a trend, there has been a considerable increase in the share of newly produced vehicles. We may thus estimate that – out of the total number of gasoline powered vehicles – the share of newly produced passenger vehicles meeting Euro 3 and Euro 4 standards, being much more sensitive and demanding in terms of fuel quality, on the local market amounts to nearly 20% (Figure 11).

LEGAL REGULATIONS IN CROATIA

Positive changes of the vehicle pool structure in the sense of increasing the share of newly produced vehicles – thus ensuring improved environmental protection and reduced energy consumption – are additionally encouraged by legal regulations in Croatia, especially the following:

1. Order on Vehicle Homologation With Regard to Noxious Compounds Emission Consistent with the Fuel Used (Official Gazette 94/02 of 9 August, 2002)
2. Regulations on the Additions and Amendments to the Regulations on the Technical Verification of Vehicles (Official Gazette 02/01 of 10 January, 2001) and Regulations on the Amendments to the Regulations on the Technical Verification of Vehicles (Official Gazette 149/02 of 13 December, 2002)

Regulations on vehicle homologation prescribe that onroad motor and tow vehicles before import taxing (valid for vehicles being imported into Croatia) i.e. before joining the traffic (valid for vehicles manufactured in Croatia) must pass the homologation checkup. This checkup is intended for preventing the import of unfit vehicles in terms of safety and environmental protection, which, at the time of their first registration, do not meet homologation regulations of the importing country. Apart from the Homologation Regulations, in force in Croatia are also the Orders on Homologation, permitting – in keeping with international regulations (the ECE regulations) – participation in traffic only to homologated vehicles i.e. those meeting the required quality level.

The checking of homologation aptness of vehicles being imported for first registration in Croatia began on 15 September, 1997. Ever since each vehicle – apart from those exempt by the regulations – must pass the homologation checkup before import taxing.

The Order on Vehicle Homologation With Regard to Noxious Compounds Emission Consistent with the Fuel Used of 9 August 2002 sets the limit values of exhaust gases in keeping with the Euro 3 standard. The implementation of the Standard has began on 1 October, 2002 for new vehicle type homologations, and shall begin on 1 April, 2003 for homologations of all new vehicles. Such an Order prevents the import of technically outdated vehicles, at the same time contributing to the increase in the share of new, highly demanding vehicles on the local market, ensuring considerable improvements in environmental protection and energy saving.

In view of ensuring the correct operation of the exhaust treatment system, as well as the setting of the system for preparation and combustion of the fuel mixture, the Regulations on the Additions and Amendments to the Regulations on the Technical Verification of Vehicles imposes the need to perform an eco-test in the scope of a regular vehicle technical verification.

Namely, in keeping with the Regulations on the Technical Verification of Vehicles and its Additions and Amendments of 1 October, 2003, regular

technical verification may only be performed if eco-test is successful, during which exhaust content is being compared with the vehicle manufacturers' data.

The eco-test consists of a visual inspection of the exhaust and suction system, as well as ignition, supply and distribution systems. The values obtained are compared with the data prepared by the manufacturers specifically for the eco-test. If manufacturer data are not known, they are compared with the values set by the law.

Given the possible impact of fuel quality on the efficiency and durability of the exhaust treatment systems, the mandatory eco-test performance constitutes an additional requirement for ensuring the quality consistent with the requirements of newly produced vehicles.

CONCLUSION

From the presentation of new technical solutions applied on new gasoline engine designs we may observe that they manage to meet the increasingly stringent requirements for reducing exhaust emission, with a considerable improvement of engine performances. However, it is significant to observe the important impact of fuel quality on the efficiency and service life of the new design solutions – primarily of the exhaust treatment system – which is at the same time also the main incentive for rendering the motor gasoline requirements more stringent.

From the review of the gasoline motor pool age in Croatia, we may observe that the application requirements of the major gasoline engine share have been met by the valid gasoline engine specifications.

By ensuring two unleaded motor gasoline quality levels consistent with the requirements of old vehicles with low requirements and those new with high ones respectively, it is possible to completely meet the application requirements of the entire gasoline engine pool in Croatia, while at the same time achieving positive environmental protection effects.

Literatura / References:

1. Keith Owen, Trevor Coley, Automotive Fuels Reference Book, SAE, 1995
2. World – wide Fuel Charter, ACEA / Alliance / EMA / JAMA, April 2000
3. Fuel quality, vehicle technology and their interaction, Concawe Report No. 99/55, May 1999
4. Potential of exhaust after treatment and engine technologies to meet future emissions limits, Concawe Report No. 99/62, September 1999
5. ACEA data of the sulphur effect on advanced emission control technologies, ACEA, July 2000
6. Naredba o homologaciji vozila s obzirom na emisiju štetnih spojeva u skladu s gorivom koje se upotrebljava, NN 94/02, 09.kolovoz.2002.
7. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila, NN 02/01, 10.siječanj 2001.
8. Pravilnik o izmjenama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila, NN 149/02, 13.prosinac 2002.
9. Gasoline Direct Injection Engine, <http://www.mitsubishi-motors.co.jp>

Ključne riječi / Key words:

665.733.5. motorni benzini	motor gasoline
614.7 zahtjevi zaštite okoliša	environment protection requirements
621.434 benzinski motori	gasoline engines
621.436 013.4 ubrizgavanje goriva	fuel injection
621.436.068.3 povrat ispušnih plinova	exhaust gas recirculation
621.436.068.7 katalitička konverzija ispušnih plinova	exhaust gas catalytic conversion

Autori / Authors:

Damir Butković, dipl. ing; e-mail: damir.butkovic@ina.hr

Alan Vrdoljak, dipl. ing; e-mail: alan.vrdoljak@ina.hr

Fedža Holub, dipl. ing; e-mail: feda.holub@ina.hr

INA-industrija nafte d.d. Zagreb, Sektor trgovina na malo, Odsjek za kvalitetu

Primljeno / Received:

03.12.2002.