

## TREND RAZVOJA KVALITETA MOTORNIH BENZINA I DIZEL GORIVA U SVETU I KOD NAS

*Prioritetan zadatak Naftne industrije Srbije je obnova rafinerijskih kapaciteta posle agresije NATO–a. U kontekstu toga postepeno dostizanje kvaliteta goriva, kao što je u zemljama EU, je imperativ vremena i cilj u NIS–u. U radu je komentarisana uticaj pojedinih karakteristika motornih goriva na performanse i emisiju štetnih materija motora, a date su i tehnološke opcije za ispunjenje zahteva iz buduće specifikacije motornih goriva (EU 2005). U delu zakonske regulative u toku je izrada predloga standarda JUS EN 228 za bezolovne motorne benzine i JUS EN 590 za dizel goriva od strane komisije Saveznog zavoda za standardizaciju.*

Nikada u naftnoj industriji nije se tako brzo, intenzivno i multidisciplinarno radilo na promeni kvaliteta goriva, pre svega motornih benzina i dizela kao u poslednje dve decenije.

Izmene kvaliteta motornih goriva podložna su globalnim, državnim i regionalnim direktivama, standardima, uputstvima i preporukama. Sva ona imaju pre svega ekološki aspekt. Stoga ističemo sledeće opšte direktive koje su istaknute na Evropskoj Konferenciji o preradi nafte (EORC) [1]:

- Direktiva o gorivima,
- Direktiva o motornim vozilima,
- Direktiva za motore,
- Direktiva za sadržaj sumpora u tečnim gorivima,
- Poreske direktive.

Sve ove direktive, manje ili više, plod su sve strožijih i širih ekoloških zahteva. Tako se globalni trendovi vezani za zagađenje vazduha izduvnim gasovima mogu sažeti u sledećim postulatima:

- saobraćaj je, u svetu, glavni izvor zagađenja vazduha štetnim materijama kao što su: olovni i azotni oksidi, isparljiva organska jedinjenja, ugljen monoksid i ugljovodonici;
- zabrinutost stručnjaka i javnog mnjenja zbog zagađenja i uticaja na zdravlje sve više rastu ali svakodnevno raste i broj automobila;
- najveći deo emisije štetnih gasova u drumskom i vazdušnom saobraćaju potiče od motora i goriva;
- svetski odgovor na urbano zagađenje vazduha se koncentriše na izmene u automobilima, motorima i gorivu;
- svetski odgovor na promenu klime obuhvata ograničenje emisije CO<sub>2</sub>.

### TREND RAZVOJA KVALITETA MOTORNIH GORIVA U SVETU

Ekološki zahtevi za kvalitet goriva više se ne zadržavaju samo na uticaj, samog, goriva ili produkata sagorevanja na aero zagađenje već se zahtevi proširuju i na njegov uticaj na vodu, zemljište, biosistem itd. Sva ova ograničenja i do sada predvidivi zahtevi za kvalitetom motornog benzina i dizel goriva za 2005–tu godinu su tehnički i tehnološki rešivi ali po koju cenu i za koje vreme? Nesporno je da sve rafinerije nafte u svojoj tehnološkoj šemi pokušavaju da reše problem "budućeg kvaliteta" motornih goriva. Sa druge strane, uvođenje "novog kvaliteta" nije samo želja i ekološki problem već i realna potreba povezana sa potrebama i mogućnostima pojedinih zemalja.

Oko 15% celokupne količine benzina u svetu sadrži olovo. U skoroj budućnosti se očekuje potpun prestanak korišćenja aditiva na bazi olova. Strožiji propisi o sadržaju sumpora u gorivu se usvajaju u zemljama EU, Severnoj Americi, Japanu, Južnoj Koreji, Hong Kongu i Tajvanu.

Maksimalni sadržaj benzina (5% vol. ili niže) je uopšteno regulisan ili dogovoren. Težnja je da se ostvari 1% ili čak i niži sadržaj. Sadržaj aromata i olefina je uglavnom još uvek neregulisan, osim u Severnoj Americi, EU, Japanu, Meksiku, Južnoj Koreji, Hong Kongu i Tajvanu. Poreske olakšice se sve više nude za "čistije" gorivo.

U godinama koje dolaze očekuje se da će se, u odnosu na benzin, povećati potražnja za dizelom sa niskim sadržajem sumpora. Kvalitet dizel goriva nije ili je vrlo malo regulisan propisima.

Primetni su vrlo visoki sadržaji S u dizelu (500 do 2000 ppm+) u svetu sve do 2007.god. ali i nakon tog perioda. Većina zemalja se usredsredila samo na ograničavanje nivoa sumpora.

### TREND RAZVOJA KVALITETA MOTORNIH GORIVA U EVROPI

Uopšte, nove specifikacije iz 2000. i 2005. god. uključuju velike promene u šemi rafinerijske prerade. Ta-

Adresa autora: S. Bogojević, NIS – Rafinerija nafte Pančevo, Svičevska 66, 26000 Pančevo  
Rad primljen: Decembar 10, 2000.  
Rad prihvaćen: Februar 15, 2001.

Tabela 1. Specifikacije motornog benzina i dizel goriva  
Table 1. Specifications of gasoline and diesel oil

|                                    | Godina |       |       |
|------------------------------------|--------|-------|-------|
|                                    | 1998.  | 2000. | 2005. |
| <b>Benzin</b>                      |        |       |       |
| Benzen, % vol., maks               | 5      | 1     | ?     |
| Aromati, % vol., maks.             | –      | 42    | 35    |
| Olefini, % vol., maks.             | –      | 18    | ?     |
| Sumpor, ppm, maks.                 | 500    | 150   | 50    |
| Kiseonik, % mas., maks.            | –      | 2,7   | ?     |
| Olovo, g/dm <sup>3</sup>           | nema   | –     | ?     |
| <b>Dizel</b>                       |        |       |       |
| Cetanski broj, min.                | 49     | 51    | ?     |
| Gustina, kg/m <sup>3</sup> , maks. | 860    | 845   | ?     |
| PAH, % mas., maks.                 | –      | 11    | ?     |
| T 95, °C, maks.                    | 370    | 360   | ?     |
| Sumpor, ppm, maks.                 | 500    | 350   | 50    |

bela 1 pokazuje specifikacije za benzin i dizel iz 1998. i 2000. god. a navode se i vrednosti koje su već dogovorene za 2005. Preostale specifikacije će biti publikovane krajem Auto Oil Programa 2. koji je pretrpeo određena odlaganja i trebao je da se pojavi sredinom 2000. ali već sada se zna da donošenje zakonskih propisa može potrajati i 2 god. Procenjuje se da je u zemljama EU potrebno najmanje 3 godine za implementiranje promena u rafinerijskoj preradi [1].

U 2000. uvedene su sledeće modifikacije:

#### Benzin

- Zabrana korišćenja aditiva na bazi olova

Tabela 2. Standardi za motorni benzin u EU i nekim zemljama  
Table 2. Regulatives and standards of gasoline in Europe

| Osobine                         | Poljska (1)   | Mađarska (2)  | Češka Republika (3) | Slovačka (4)  | Belorusija (5) | Evropska Unija (6)    |                       |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
|                                 | EN 228: 1993. | EN 228: 1999. | EN 228: 1999.       | EN 228: 1999. | Normal         | Direktiva 98/70 2000. | Direktiva 98/70 2005. |
| Aromati (% vol., max)           | NO            | 42            | 42                  | 42            | NO             | 42                    | 35                    |
| Olefini (% vol., max)           | NO            | 21/18         | 21/18               | 21/18         | NO             | 18                    | utvrdiće se           |
| Benzen (% vol., max)            | 5.0           | 1.0           | 1.0                 | 1.0           | NO             | 1.0                   | NO                    |
| Kiseonik (% mas., max)          | NO            | 2.7           | 2.7                 | 2.7           | NO             | 2.7                   | NO                    |
| Sumpor (ppm, max)               | 500           | 150           | 150                 | 150           | 500            | 150                   | 50                    |
| RVP (kPa, max)                  | 35–100        | 45–100        | 45–100              | 45–100        | 67–93          | 60 leto               | NO                    |
| Olovo (g/dm <sup>3</sup> , max) | 0,013         | 0,005         | 0,005               | 0,005         | 0,013          | nema                  | nema                  |
| NO – nije određen               |               |               |                     |               |                |                       |                       |

1) Od 1. januara 2000. Poljska primenjuje CEN 228:1993. 2) Od 1. januara 2000. Mađarska primenjuje CEN standard EN 228:1999 (Direktiva 98/70). Za premijum benzin sa svojstvima 98/70 2005 daju se poreske olakšice. 3) Češka Republika i 4) Slovačka poštuju važeće CEN zahteve. 5) Belorusija plasira na tržište dva tipa benzina – normal i premijum. Premijum sa 1.000 ppm sumpora. 6) EU 98/70 izuzeće na olovo do 1. januara 2002. za Grčku, Italiju, Španiju i francuske prekomorske teritorije. Izuzeće na sumpor do 1. januara 2002. za Portugal.

- Smanjenje sadržaja sumpora sa 500 na maksimalno 150 ppm
- Smanjenje benzena sa 5 na maksimalno 1% vol.
- Nova specifikacija za aromate sa maksimalno 42% vol.

#### Dizel

- Smanjenje sadržaja sumpora sa 500 na maksimalno 350 ppm
- Gustina (na 15°C) smanjena sa 860 na 845 kg/m<sup>3</sup>
- Cetanski broj (CB) povećan sa 49 na 51
- T95 smanjena sa 370 na maks. 360°C
- Nova specifikacija za policiklične aromate (PAH) sa maksimalno 11% vol.

Već su određene strožije specifikacije u pogledu sadržaja aromata i sumpora u benzinu i sumpora u dizel gorivu za 2005. Uticaj ovih promena realno će zavistiti u mnogome od konfiguracije i strukture prerade nafte u pojedinim rafinerijama.

Uopšteno je prihvaćeno mišljenje da će nove specifikacije za aromate i benzen u benzinu biti ograničavajući faktor kod hidroskiming i hidrokreking rafinerija, dok će rafinerije sa FCC postrojenjem teže da zadovolje nove specifikacije za sumpor u benzinu i dizelu, kao i poliaromate i cetanski broj u dizelu [1].

Prema informaciji, takođe iznetoj na Konferenciji, EORC u Španiji [1], sadašnje stanje i primena propisa za motorna goriva u zemljama srednje i istočne Evrope izgleda kao što je dato u tabelama 2 i 3.

Treba napomenuti da i u zemljama EU kompletno eliminisanje benzina sa TEL (tetraetil olova) ne ide tako lako, uzimajući u obzir tipove i starost voznog parka po-

Tabela 3. Standardi za dizel gorivo u EU i nekim zemljama  
Table 3. Regulatives and standards of diesel oil in Europe

| Osobine                              | Poljska (1)      | Mađarska (2)     | Češka<br>Republika (3) | Slovačka (4)     | Belorusija (5) | Evropska Unija (6)      |                         |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
|                                      | EN 590:<br>1993. | EN 590:<br>1999. | EN 590:<br>1999.       | EN 590:<br>1999. | Zima           | Direktiva<br>98/70 2000 | Direktiva<br>98/70 2005 |
| Poliaromati<br>(% vol., max)         | NO               | 11.0             | 11.0                   | 11.0             | NO             | 11.0                    | NO                      |
| Sumpor<br>(ppm,max)                  | 2.000            | 350              | 350                    | 350              | 2.000          | 350                     | 50                      |
| Cetanski broj<br>(min)               | 49               | 51               | 51                     | 51               | 45 min.        | 51                      | NO                      |
| Gustina na<br>15°C kg/m <sup>3</sup> | 820–860          | 820–845          | 820–845                | 820–845          | 820–860        | 845                     | NO                      |
| Destilacija<br>T95°C,max             | 370              | 360              | 360                    | 360              | 360            | 360                     | NO                      |
| NO – nije određen                    |                  |                  |                        |                  |                |                         |                         |

1) Od 1. januara 2000. u Poljskoj se primenjuju standardi CEN 590 : 1993 osim maks. nivoa sumpora od 0,2% za dizel. 2) Od 1. januara 2000. u Mađarskoj se primenjuje CEN standard EN 590 : 1999(Direktiva 98/70). 3) Češka Republika i 4) Slovačka primenjuju važeće CEN zahteve 5) Belorusija i najveći broj zemalja bivšeg SSSR primenjuje standarde za dizel, zimska i letnja upotreba. Trenutno u pripremi nema novih propisa. 6) Portugal – izuzeće na sumpor u dizelu do 1. januara 2001.

sežno u nekim evropskim državama (Španija, Italija, Grčka, Francuska). Značajan doprinos uvođenju "čistijeg goriva" mogu dati poreske olakšice uvedene u EU :

a) Nemačka, Austrija od 1/11/2001. sa 50 ppm sumpora u dizelu/benzinu iznos od 0,03 DM/L, a od 1/1/2003. za 10 ppm sumpora u dizelu/ benzinu od 0,03DM/L.

b) Danska, za 50 ppm sumpora u dizelu od 18DK/L.

c) Finska, za 50 ppm sumpora u dizelu od 0,15FP/L. a za reformulisani benzin sa 35 % vol. aromata iznos od 0,05 FP/L.

d) Švedska, za dizel MK1 (10 ppm) i MK3 (350 ppm) iznos od 0,53 SEK/L, a za benzin MK1 (50 ppm) i MK2 (150 ppm) iznos od 0,05 SEK/L.

e) Velika Britanija, za 50 ppm sumpora u dizelu iznos od 3p/L i za zamenu i eliminisanje povišenja benzina sa TEL iznos od 2p/L.

f) Belgija, Francuska, Italija, Holandija razmatraju uvođenje opcije poreskih olakšica.

U Evropi se u periodu do 2010. procenjuje porast potrošnje dizel goriva po godišnjoj stopi od 2,1%, a motornih benzina po stopi od 0,2 % [1]. Mada za sada mali, ali ne i zanemarljiv, udeo alternativnih goriva kao ekološki prihvatljivih sve više raste. Pored TNG-a i prirodnog gasa tu je i bio-dizel. Ako se uzme u obzir činjenica da se ubuduće očekuje manjak proizvodnje dizel goriva u Evropi ovaj izvor može da uzme značajnije mesto u ponudi tečnih goriva.

#### JUGOSLOVENSKI STANDARD I PRAVILNIK O KVALITETU ZA MOTORNE BENZINE

Jugoslovenskim standardom za motore benzine, JUS.B.H2.220/1 iz 1993. (izmene i dopune JUS-a iz 1973.), predviđena je proizvodnja 4 gradacije motornih benzina i to 2 sa sadržajem TEL (olova) do 0,4 g/L (MB

91 i MB 95) i 2 gradacije sa sadržajem TEL (olova) do 0,6 g/L [2].

Od 1993. iz NIS-ovih rafinerija isporučivan je MB 95 i MB 86 sa sadržajem olova do 0,4 g/L. S obzirom da nije postojao interes za isporuke MB 91 isti se nije proizvodio u rafinerijama.

Pravilnikom o kvalitetu bezolovnih motornih benzina (objavljen u Službenom listu broj 13/1986) propisani su uslovi u pogledu kvaliteta i metoda ispitivanja za 2 gradacije bezolovnih motornih benzina i to: BMB 95 i 90. Istim Pravilnikom propisana je i obaveza donošenja Proizvođačkih specifikacija. Na tržište je isporučivan samo BMB 95, jer za bezolovni regular, BMB 90, nije postojao interes na tržištu. Dozvoljeni sadržaj olova u BMB je 0,02 g/L, dok je MOB 85, odnosno 81. Ostale fizičko-hemijske osobine BMB-a su iste ili slične onima za olovne MB.

#### JUGOSLOVENSKI STANDARD ZA DIZEL GORIVA

Jugoslovenskim standardom za goriva za brzohodne dizel motore JUS B.H2.410/1 iz 1993. (izmene i dopune JUS-a iz 1973.) predviđena je proizvodnja 5 gradacija dizel goriva i to : D-1, D-2, D-3, D-2S i D2T [2]. Dva su goriva sa sadržajem sumpora do 0,5 % (D1 i D2T), jedno sa sadržajem do 0,2 % (D2S) i ostala dva od 1–1,5 %. Gradacija D2T ne proizvodi se više u NIS-RNP od 1995. i radilo se o tzv. embargo gorivu-bez depresanta. Detaljna specifikacija dizel goriva data je u tabeli 5.

#### UTICAJ POJEDINIH KARAKTERISTIKA MOTORNIH BENZINA NA PERFORMANSE I EMISIJU MOTORA

Motorni benzini moraju da imaju ne samo odgovarajući oktanski broj i kvalitet u primeni, nego i da zadovolje stroge ekološke propise. U tom smislu promenjena je klasična tehnologija proizvodnje motornih benzina

Tabela 4. Standard za MB (JUS B.H2.220/1)

Table 4. Yugoslav standard (JUS B.H2. 220/1) of leaded gasolines

| Karakteristike   | MOTORNI BENZINI SA TEL |                  |                  |                |
|--|------------------------|------------------|------------------|----------------|
|  | NORMAL<br>MB 86        | REGULAR<br>MB 91 | PREMIUM<br>MB 95 | SUPER<br>MB 98 |
| Oktanski broj<br>po istraživačkoj metodi, najmanje (IOB)<br>po motornoj metodi, najmanje (MON) | 86<br>–                | 91<br>81         | 95<br>85         | 98<br>87       |
| Sadržaj olova, g/L, najviše  | 0,6                    | 0,4              | 0,4              | 0,6            |
| Gustina na 15°C, najviše   | Ne utvrđuje se *       |                  |                  |                |
| Destilacija  |                        |                  |                  |                |
| 10 % vol. najviše predestiliše, do °C  |                        |                  |                  |                |
| – u zimskom periodu  | 55                     | 55               | 55               | 55             |
| – u letnjem periodu  | 65                     | 65               | 65               | 65             |
| 50 % vol. najviše predestiliše, do °C  | 115                    | 115              | 115              | 115            |
| Kraj destilacije do °C, najviše  | 215                    | 215              | 215              | 215            |
| Ostatak posle destilacije, % vol.  | 2                      | 2                | 2                | 2              |
| Napon para (REID), bar   |                        |                  |                  |                |
| – u zimskom periodu, najmanje/najviše  | 0,6/0,9                | 0,6/0,9          | 0,6/0,9          | 0,6/0,9        |
| – u letnjem periodu, najmanje/najviše  | 0,35/0,7               | 0,35/0,7         | 0,35/0,7         | 0,35/0,7       |
| Odnos para/tečnost 36/1, °C, najmanje  |                        |                  |                  |                |
| – u zimskom periodu (b)  | 45                     | 45               | 45               | 45             |
| – u letnjem periodu  | 55                     | 55               | 55               | 55             |
| Sadržaj benzena, % (vol.), najviše (c)   | 5                      | 5                | 5                | 5              |
| Sadržaj sumpora, mas %, najviše  | 0,1                    | 0,1              | 0,1              | 0,1            |
| Sadržaj kiseonika, % (mas.), najviše (d)   | 2,5                    | 2,5              | 2,5              | 2,5            |
| Sadržaj smola mg/100 ml, najviše   | 5                      | 5                | 5                | 5              |
| Indukcioni period, min, najmanje   | 420                    | 420              | 420              | 420            |
| Korozija 3 h na 50°C, najviše  | 1                      | 1                | 1                | 1              |
| Boja   | žuta                   | crvena           | zelena           | plava          |

a) Ne utvrđuje se, ali se obavezno unosi u uverenje o kvalitetu

b) U periodu od 1. oktobra tekuće godine do 1.aprila sledeće godine, s tim što se do kraja oktobra, odnosno do kraja aprila mogu stavljati u promet benzini za zimski i letnji period; ova dva meseca smatraju se kao prelazni period iz zimskog u letnji i obrnuto.

c) Ne ispituje se do donošenja standarda.

d) Ne ispituje se do donošenja standarda za metodu ispitivanja.

Tabela 5. Standard za dizel goriva JUS B.H2.410/1

Table 5. Yugoslav standard (JUS B. H2. 410/1) of diesel oils

| Osobine                                    | DIZEL GORIVA               |                            |                           |                          |
|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
|  | D 1                        | D 2                        | D 3                       | D 2S                     |
| Gustina na 15 °C, g/ml                     | 0,80 do 0,84               | 0,81 do 0,86               | 0,83 do 0,88              | 0,81 do 0,86             |
| Destilacija                                |                            |                            |                           |                          |
| – do 300 °C, predestiliše % vol., najmanje | 90                         | –                          | –                         | –                        |
| – do 360 °C, predestiliše % vol., najmanje | –                          | 90                         | 60                        | 90                       |
| Viskoznost na 20°C : mm <sup>2</sup> /s    | 1,0 do 6,5<br>(1,0 do 1,5) | 1,8 do 9,0<br>(1,1 do 1,7) | 5,0 do 25<br>(1,4 do 3,5) | 1,8 do 9<br>(1,1 do 1,7) |
| Temp. stinjanja, °C, ispod                 | –                          | –                          | –5                        | –                        |
| Filtrabilnost, °C, ispod                   |                            |                            |                           |                          |
| za zimski period                           | –17                        | –9                         | –                         | –20                      |
| za letnji period                           | –7                         | +1                         | –                         | –                        |
| Temperatura paljenja, °C, iznad            | 40                         | 55                         | 65                        | 55                       |
| Koks (Konradson), % mas., najviše          | 0,15<br>(od 10% ostatka)   | 0,10                       | 0,30                      | 0,10                     |
| Pepeo, % mas., najviše                     | 0,01                       | 0,02                       | 0,05                      | 0,02                     |
| Voda, % vol., najviše                      | 0,05                       | 0,10                       | 0,25                      | 0,10                     |
| Korozivnost, najviše                       | 1                          | 2c                         | 3a                        | 1                        |
| Sumpor, % mas., najviše                    | 0,50                       | 1,0                        | 1,50                      | 0,2                      |
| Cetanski broj (CB), najmanje               | 45                         | 45                         | 35                        | 45                       |

kao i terminologija. Tako danas govorimo o reformulisanim motornim benzinima (RFG).

RFG je benzin čija je struktura proizvodnje (sastav) promenjena radi smanjenja emisija štetnih materija iz vozila saglasno ekološkim propisima Agencije za zaštitu životne sredine (EPA). O potrebi kontrolisanja pojedinih karakteristika (osobina) goriva i njihov uticaj na emisiju i performanse motora reći će se više u narednom tekstu.

### Oktanski kvalitet goriva

Oktanska vrednost je merilo otpornosti goriva prema nenormalnom (neregularnom) sagorevanju [3]. Postoje dve laboratorijske metode za određivanje OB benzina: jednom se određuje istraživački oktanski broj (IOB), a drugom motorni oktanski broj (MOB). Vrednosti za IOB su veće od vrednosti za MOB i razlika između ove dve vrednosti se naziva osetljivost benzina i ista ne bi trebalo da premašuje vrednost od 10 jedinica.

Vozila su projektovana i kalibrisana za određenu oktansku vrednost. Ako se koristi MB sa nižim OB od potrebnog, dolazi do "lupanja" u motoru što može da prouzrokuje njegovo ozbiljno oštećenje. Korišćenje benzina sa većim OB od potrebnog neće poboljšati performanse vozila.

U svetskoj Povelji goriva navode se tri oktanske gradacije MB i to sa sledećim vrednostima za IOB/MOB: 91/82.5, 95/85 i 98/88 u cilju zadovoljenja maksimalne fleksibilnosti na tržištu [4]. Ne postoji obaveza proizvodnje, odnosno plasmata sve tri gradacije benzina.

### Sadržaj sumpora (S)

Sumpor ima nepovoljna dejstva na ukupnu emisiju i na vek komponenti i samog motora. Sumpor ima značajan uticaj na emisiju vozila zbog smanjenja efikasnosti katalizatora. Smanjenje sumpora će dovesti neposredno do smanjenja emisije na putu iz vozila koja su opremljena katalitičkim konvertorima.

Takođe benzin sa niskim sadržajem S je nužan za uvođenje novih tzv. tehnologija siromašne smeše, kojima se smanjuje potrošnja goriva za 15–20%. Ove tehnologije su veoma osetljive na sumpor u gorivu.

### Sadržaj oksigenata

Organski oksigenati kao što su MTBE, ETBE (metil-, etil-tercijarnibutyl etar) i etanol često se dodaju benzinima za povećanje OB, povećanje benzinskog pula, ali takođe i radi smanjenja emisije CO. Kada se uporede podaci o emisiji za goriva koja sadrže etanol sa onima koje sadrži MTBE prednost je data etrima.

Međutim, u poslednje vreme u SAD se vodi kampanja kojom se traži zabrana korišćenja MTBE, kod proizvodnje MB zbog zagađenja izvora pitke vode, do kojih je došlo pri akcidentnim situacijama. Oksigenati zbog rastvorljivosti lako migriraju sa podzemnim vodama i zagađivali su izvore pitke vode u nekoliko država SAD.

Ova kampanja se vodi pod nazivom: "Čist vazduh i čista voda". Očekuje se zabrana korišćenja MTBE-a u Kaliforniji (SAD) posle 2002. Stručnjaci kompanije UOP predviđaju u narednom periodu potpuno uklanjanje oksigenata iz benzina u Sev. Americi [5].

### Sadržaj olefina

Olefini su nezasićeni ugljovodonici (HC) i u mnogo primera, zbog relativno visoke oktanske vrednosti, dobre su komponente za MB. Benzin dobijen katalitičkim kreovanjem (FCC) je tipičan primer olefinske komponente MB. Međutim olefini u benzinu mogu dovesti do stvaranja taloga i povećane emisije reaktivnih HC (onih koji generišu ozon) i toksičnih jedinjenja kao što su dieni. Olefini su termički nestabilni i mogu dovesti do stvaranja smola i taloga. Uticaj olefina na potencijal generisanja ozona jasno je pokazan u SAD kroz Auto/oil program, kada je dokazano da smanjenje ukupnih olefina sa 20 na 5% značajno smanjuje potencijal generisanja ozona [4].

### Sadržaj aromata

Aromati su jedinjenja koja sadrže najmanje jedan benzenski prsten i predstavljaju dobre "oktanske" komponente benzina i komponente goriva visoke energetske vrednosti. Sadržaj aromata u gorivu može povećati talog koksa u motoru (komori za sagorevanje) i povećati emisiju izduvnih gasova uključujući i ugljen dioksid (CO<sub>2</sub>). Sagorevanje aromata u motorima može da dovede do stvaranja većih koncentracija kancerogenog benzena u izduvnom gasu. Tako na pr. smanjenjem ukupnih aromata sa 45 na 20% dovodi do smanjenja ukupnih štetnih emisija od 24% (74% od ukupne toksične emisije je bio benzen).

### Sadržaj benzena

Benzen se prirodno javlja kao sastavni deo nafte i takođe kao proizvod postrojenja katalitičkog reformiranja benzina na kome se proizvode visokooktanske benzinske komponente. Takođe je poznat kao kancerogena materija. Kontrola nivoa benzena u benzinu, koja je regulisana propisima u mnogim zemljama, najdirektniji je način da se ograniče emisije benzena preko isparavanja ili izduvne emisije automobila.

### Sadržaj olovnih aditiva

Aditivi na bazi olovnih alkila (TEO, TMO) korišćeni su ili se još uvek koriste u nekim zemljama kao jeftin način za povećanje oktanskog broja benzina. Niskoolovni benzini sa sadržajem olova do 0,05 g/L prihvaćeni su na tržištu olovnih benzina. Tako je, još uvek, obezbeđena adekvatna zaštita motora starijih vozila, sa mekim sedištima ventila.

Bezolovni benzini su potrebni radi podrške tehnologijama za kontrolu emisije kao što su katalitički konvertori i senzori kiseonika. Kako se efikasnost katalizatora u

katalitičkim konverterima uvećava, tolerancija na zagađenje olovom se smanjuje, tako da čak i neznatna kontaminacija katalizatora sa olovom može da uništi moderan konvertorski sistem obrade izduvnih gasova.

### UTICAJ OSOBINA DIZEL GORIVA NA PERFORMANSE I EMISIJU MOTORA

Pre nego što je emisija bila propisana, dizel gorivo je moralo da zadovolji neke jednostavne zahteve. Gorivo je moralo da bude pogodno za rukovanje od rafinerije do rezervoara u vozilu, zatim da bude pogodno za korišćenje u sistemu za ubrizgavanje, da se pali spontano i dobro (zadovoljavajuće) sagoreva u motoru [3]. Takođe, ne bi trebalo da se sa vremenom degradira ili da ošteti površine sa kojima je u dodiru.

Neke sadašnje osobine dizela kao što su: viskoznost, tečenje na niskim temperaturama i temperatura paljenja su kontrolisane da bi se obezbedila zadovoljavajuća performansa motora.

Druge osobine goriva kao što su: cetanski broj (CB), sadržaj aromata, gustina, sadržaj sumpora (S) i ASTM destilacija utiču i na emisiju i na performanse motora. O njima će biti više podataka u narednom tekstu.

#### Cetanski broj goriva

Cetanski broj (CB) je merilo kvaliteta dizel goriva i rezultat je moto testa koji meri kašnjenje paljenja goriva, odnosno vreme od ubrizgavanja do paljenja ili samopaljenja goriva. Na vreme kašnjenja paljenja utiču mnoge od fizičkih osobina goriva: viskoznost, gustina i opseg ključanja i njegov hemijski sastav.

Cetanski broj se određuje upoređenjem kašnjenja paljenja dizel goriva sa smešom referentnog goriva. Visok CB je pokazatelj (indikacija) da gorivo ima kraće kašnjenje paljenja.

Povećanjem CB, na primer, sa 51 na 61, namešavanjem dizelskih komponenti sa visokim CB ili dodavanjem aditiva, uočeno je smanjenje emisije NO<sub>x</sub> (pri malom opterećenju motora), smanjenje emisije CO, kao i smanjenje emisije nesagorelih ugljovodonika. Čestice emitovane iz dizel motora sadrže između ostalog: ugljenisanu garež (čad), nesagorele ugljovodonike koji se definišu terminom rastvorljive organske frakcije (SOF) i sulfate nastale oksidacijom SO<sub>2</sub>.

Merenje CB korišćenjem ispitnog motora je skupo i zahteva dosta vremena. Kao rezultat, koristi se cetanski indeks (CI) kao alternativna specifikacija u nekim zemljama. CI je procena stvarnog CB goriva uz korišćenje različitih karakteristika goriva kao što su: gustina goriva na 15°C i temperatura pri kojoj predestiliše 50% goriva (ASTM), ili gustina goriva na 15 °C i njegova anilinska tačka.

Postoje brojne korelacije za određivanje CB pomoću vrednosti za CI. Cetanski broj je veći za nekoliko jedinica od cetanskog indeksa. Standardne korelacije ne važe kod ispitivanja čistih ugljovodonika (HC), sintetskog goriva i dizel goriva kojima su dodati aditivi radi poboljšanja cetanskog broja (CB).

#### Sadržaj aromata

Sadržaj aromata u dizel gorivu se odnosi na aromatska jedinjenja koja u svom molekulu sadrže jedan ili više benzenskih prstena (poliaromatski ugljovodonici, PAH).

Najnovija proučavanja su pokazala da smanjenje aromata dovodi do smanjenja svih regulisanih emisija, dok druga ukazuju da smanjenje emisije nesagorelih HC, NO<sub>x</sub> i čestica čađi (PM) može da se ostvari samo smanjenjem udela PAH u dizel gorivu. Kod malog opterećenja motora, veći deo PAH iz dizel goriva može se naći u rastvorivim organskim frakcijama (SOF).

#### Gustina

Ako gorivo ima manju gustinu potrebno je duže vreme ubrizgavanja da se dobije ista masa goriva u cilindru. Duže vreme ubrizgavanja dovodi do nižih temperatura pri sagorevanju goriva i manjeg stvaranja NO<sub>x</sub>. Kod većeg opterećenja i većih brzina motora, period dužeg ubrizgavanja uzrokuje nepotpuno sagorevanje, odnosno veću emisiju nesagorelih ugljovodonika i ugljen monoksida.

#### Sumpor

Sumpor u dizel gorivu sagoreva dajući sumpor dioksid (SO<sub>2</sub>). Deo SO<sub>2</sub> dalje oksidiše u sulfate, koji se vežu sa vodom stvarajući jedan deo čestičnih materija. Kada se koristi odgovarajući katalizator, radi smanjenja emisije HC, CO i PM, SO<sub>2</sub> može da se oksidiše do sulfata. To može dovesti do značajnog povećanja emisije PM zbog smanjenja efikasnosti katalizatora.

Niskosumporni dizel je neophodan za efikasan rad savremenih uređaja i postupaka post-tretmana izduvnih gasova iz dizel motora kao što su: selektivna katalitička redukcija, katalitička oksidacija, plazma prigušivači, NO<sub>x</sub> redukcija.

#### ASTM destilacija

Opseg destilacije dizel goriva ima značajan uticaj na učinak motora, naročito u motorima sa umerenim i visokim brzinama [3].

Ako je gorivo previše isparljivo motor gubi snagu i efikasnost zbog parnog "džepa" u sistemu goriva ili zbog loše penetracije kapi u cilindar. S druge strane, ako je isparljivost mala, motor gubi snagu i efikasnost kao rezultat lošeg atomiziranja goriva. Značajna su oba opsega destilacije: početni (T10) i završni (T90). Ako je 10% temperatura destilacije suviše visoka motor teško startuje, a ako je 90% temperatura suviše visoka povećava se emisija nesagorelih ugljovodonika.

#### OPCIJE ZA ISPUNJENJE ZAHTEVA IZ BUDUĆE SPECIFIKACIJE ZA MOTORNE BENZINE (EU 2005.)

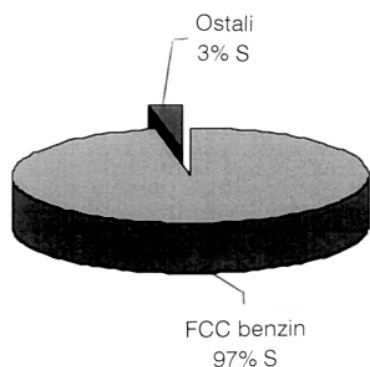
Iz uporednog pregleda postojeće i buduće specifikacije za reformulisane benzine (RFG, tabela 1) uočava se drastično smanjenje sadržaja sumpora, smanjenje aromata kao i očekivani trend smanjenja sadržaja ben-

zena, olefina i ograničenja udela MTBE-a. Najveći izazov za Rafinerije biće pitanje: Kako zadržati oktansku vrednost benzina, a ispuniti zahtevanu specifikaciju?

Sadržaj sumpora je najveće ograničenje benzinskog pula, dok bi MTBE mogao da bude sledeći složen zadatak. U narednom tekstu date su tehnološke opcije za ispunjenje buduće specifikacije za RFG kako ih vide stručnjaci IFP-a i UOP-a, poznati licencori procesa prerade nafte i neki od proizvođača katalizatora.

### Smanjenje sadržaja sumpora

Sadržaj sumpora u motornom benzinu smanjiće se sa sadašnjih 150 na 50 ppm. Na bazi analiza sadržaja sumpora u pulu komponenata za motorni benzin uočava se da 90–98% sumpora potiče od benzina dobijenog pri katalitičkom krekovanju (FCC).



Slika 1. Poreklo sumpora (S) u benzinskom pulu NIS-a

Figure 1. Sulphur origin (S) in the gasoline production of the Serbian Oil Industry (NIS)

U vezi izbora rešenja za smanjenje sadržaja sumpora postavlja se racionalno pitanje: "Da li tretirati sirovinu za FCC, vakuum gasno ulje (VGU) odnosno atmosferski ostatak (ARO) ili tretirati FCC benzin kao produkt"? Dakle, postavlja se pitanje prethodnog ili naknadnog tretmana.

Pretretman šarže za FCC ima sledeće prednosti:

- zadovoljava se specifikacija za sumpor;
  - povećava se prinos benzina za oko 8 % i TNG-a od 3–4 %;
  - smanjuje se sumpor u lakom cikličnom ulju (LCU) i prinos kosa;
  - smanjuje se emisija SO<sub>2</sub> na FCC postrojenju.
- Međutim, pretretman ima i sledeće nedostatke:
- potrebna su znatna investiciona sredstva ;
  - ne smanjuju se olefini u benzinu;
  - raspoloživost vodonikom (obezbeđenje dodatnih količina H<sub>2</sub>).

Kod postretmana FCC benzina postoje i sledeće opcije:

- smanjenje kraja destilacije FCC benzina (sečenjem 180+ frakcije);
- proces selektivne HDS FCC benzina – Prime G+™ (IFP);

- ISAL™ proces (UOP);
- IRVAD proces selektivne adsorpcije S (Blach & Veatch).

Izdvajanje–sečenje frakcije 180°C+ FCC benzina je parcijalno rešenje i njime se sadržaj sumpora smanjuje za 40%, ali se smanjuje i prinos FCC benzina. Ostala rešenja u potpunosti zadovoljavaju buduću specifikaciju za sadržaj sumpora od 50 ppm S u pulu (ili čak 10 ppm) uz zadržavanje postojećeg prinosa benzina i uz neznatno smanjenje ili zadržavanje oktanskog broja. Kod klasičnog procesa HDS FCC benzina javljaju se problemi sa smanjenjem oktanskog broja od 3–8 jedinica zbog zasićenja olefina.

Kod Prime-G+ tehnologije debutanizirani FCC benzin se uvodi u prvi reaktor gde se diolefina selektivno hidrogenizuju pri blagim uslovima, a zatim izlazni tok iz reaktora ulazi u glavnu Prime-G+ sekciju gde se podvrgava dubokom HDS-u. Sadržaj sumpora u izlaznom toku je oko 50 ppm uz smanjenje oktanskog broja benzina za 1,5 jedinicu. Postoji 7 komercijalnih Prime-G+ procesa [6].

UOP-ov ISAL proces bazira na jednostepenom reaktoru i sistemu dvostrukog katalizatora i to jednog za hidroobradu, a drugog za hidrokonverziju. Zadatak prvog katalizatora je uklanjanje sumpornih i azotnih jedinjenja i zasićenje olefina, a drugog katalizatora selektivno krekovanje n-parafina i hidroizomerizacija (radi zadržavanja oktanskog broja). Procesni uslovi su slični onima za hidroobradu. ISAL proces još nema komercijalnu primenu. Takođe ni IRVAD proces firme Blach & Veatch, gde se adsorpcijom iz tečnog benzinskog toka uklanjaju nepoželjne primese (organska jedinjenja koja sadrže S,N,O) nema komercijalnu primenu [7].

U cilju iznalaženja optimalnog rešenja potrebna je izrada studije izvodljivosti sa zadatkom optimizacije benzinskog pula. Potrebno je pronaći rešenje sa minimalnim investicionim ulaganjima, ali uz zadržavanje fleksibilnosti da se ispune i budući propisi. Optimalno rešenje je specifično za svaku Rafineriju i mora da se nađe između dve gornje opcije (pretretmana i postretmana) ili kombinovanjem ove dve opcije. Takođe, bilans vodonika je jedan od ključnih elemenata kod izbora optimalnog rešenja.

### Smanjenje sadržaja aromata

Sadržaj aromata u benzinu smanjiće se sa 42 (2000.) na 35% vol. u 2005. (usvojena vrednost). Najvažniji izvor aromata u benzinskom pulu su reformati. Rafinerije bez drugih izvora benzina, osim reformata i lakog benzina, neće lako ispuniti novu specifikaciju za aromate u RFG. FCC benzin ima, pozitivan, razblažujući efekat na sadržaj aromata u ukupnom benzinskom pulu.

Tehnološke opcije za smanjenje sadržaja aromata su:

- smanjenje oštine rada na reformingu;
- promena opsega destilacije šarže za reforming (IBP/FBP);
- proizvodnja petrohemijskih (BTX ekstrakcija);

- efekti razblaženja pomoću: izomerizata, alkilata, etra...

Smanjenje oštine reformiranja ima negativne posledice i doprinosi značajnom smanjenju oktanskog broja i proizvodnje vodonika (H<sub>2</sub>). Ovi negativni efekti mogu da se kompenzuju izomerizacijom lakog benzina, alkilacijom i procesima proizvodnje jedinjenja sa visokim oktanskim brojem (MTBE; TAME i dr.).

### Smanjenje sadržaja benzena

Oko 81% benzena u reformulisanom benzinu (RFG) ima poreklo iz reformata, 17% iz FCC benzina i 2% iz drugih izvora. Moguće su 3 strategije u cilju smanjenja sadržaja benzena u benzinu sa reforminga:

- izdvajanje benzena predfrakcionacijom;
- smanjenje pritiska ili oštine na reformingu;
- izdvajanje benzena iz reformata: zasićenjem ili ekstrakcijom.

Predfrakcionacijom može da se smanji proizvodnja benzena za oko 50%. Ovo je najmanje skupo rešenje ako se raspoložuje drugim visokooxtanskim komponentama (izomerizatom, alkilatom i oksigenatima). Međutim, ovo rešenje je suviše ukoliko sadržaj benzena u proizvodu bude ispod 1% vol.

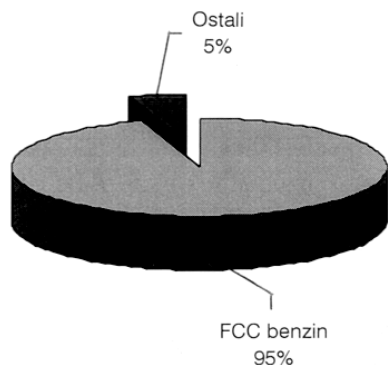
Proces hidrogenacije lakog reformata (Benfree™ proces IFP-a), proces ekstraktivne destilacije ili ekstrakcije benzena (Sulfolan proces UOP-a) su rešenja koja obezbeđuju sadržaj benzena u proizvodu ispod 0,1% vol. Kontrolisanje i regulacija sadržaja benzena i aroma je deo izazova u ispunjenju novih specifikacija reformuliranih motornih benzina (RFG).

### Smanjenje sadržaja olefina

Očekuje se u 2005. god. usvajanje standarda u pogledu sadržaja olefina od 14–18% vol. FCC benzin je glavni izvor olefina u pulu RFG benzina (Slika 2).

Tehnološke opcije za smanjenje olefina u RFG su:

- alkilacija lakog krekovanog benzina (LKB/LCN) sa FCC-a (C5 alkilacija);
- eterifikacija LKB – proces TAME;



Slika 2. Poreklo olefina u benzinskom pulu NIS-a  
Figure 2. Olefin origin in the gasoline production of the Serbian Oil Industry (NIS)

- poboljšanje oktanskog broja C5/C6 izomerizacijom;

- razblaženje sa oksigenatima (MTBE, ETBE).

Smanjenje sadržaja oksigenata

Budućnost etara je neizvesna, zbog problema zašćenja izvora pitke vode MTBE-om. Kao prvi korak očekuje se smanjenje oksigenata u RFG na 2–3% (EU 2005.). Očekuje se zabrana korišćenja oksigenata u Kaliforniji sa mogućim širenjem zabrane na sve države SAD, verovatno Kanadu i Evropu.

Alternative MTBE-u su :

- poboljšanja u radu procesa alkilacije;
- dimerizacija izobutilena – proizvod je pseudo-alkilat (IOB+MOB) /2 = 95–99

### OPCIJE ZA ISPUJENJE SPECIFIKACIJE I POTRAŽNJE ZA DIZEL GORIVO (EU 2005)

Razmotrene su moguće opcije za ispunjenje izazova novih specifikacija, kao i povećanja potražnje dizel goriva. Moguća rešenja za svaki od ovih izazova data su polazeći od najjednostavnijeg ka najkompleksnijem rešenju [3]. Iako se za poboljšanje određenih karakteristika dizel goriva mogu da koriste aditivi, u narednom tekstu govori se samo o tehnološkim rešenjima, odnosno poboljšanjima u procesima prerade.

### Smanjenje sadržaja sumpora

Sadržaj sumpora u dizel gorivu od 0,035 % mas. (350 ppm) je sada uobičajena vrednost ili planirana u većini razvijenih zemalja sveta. Budućom specifikacijom za dizel gorivo (2005.) planira se dalje smanjenje sadržaja sumpora na 50 ili čak na 30 ppm. Ograničenje sadržaja sumpora u dizelu klase I u Švedskoj za gradske zone je već određeno na 10 ppm.

Da bi se zadovoljili zahtevi buduće specifikacije dizela, rafinerije imaju kao mogućnost izmenu nabavke sirove nafte ili kondenzata koji imaju niži nivo sumpora. Cilj je smanjenje nivoa sumpora u dizelskom pulu tako da postojeći kapaciteti za hidrobradu (HDT) budu sposobni da zadovolje novu niskosumpornu specifikaciju goriva. Iako ova strategija ograničava fleksibilnost rafinerija, može biti efikasna samo za manje smanjenje S u pulu dizela, a ako je potrebna veća izmena nivoa sumpora obična promena strukture nafte nije dovoljna.

Hidrodesulfurizacija (HDS) srednjih destilata je najefikasniji metod za kontrolisanje sadržaja sumpora u dizel gorivu. Većina rafinerija već ima instalirane kapacitete za HDS dizela radi zadovoljenja specifikacije od 350 ppm. Instalisanje dodatnih HDS kapaciteta ili rekonstrukcija postojećih, biće verovatno potrebna u većini rafinerija u narednom periodu. Projektni uslovi novog HDS-a dizela određeni su karakteristikama sirovine, zahtevanim osobinama proizvoda i željenim ciklusom rada postrojenja. Potreba da se proizvede dizel sa veoma malim sadržajem sumpora iz težih sirovina ili iz sirovina sa većim sadržajem sumpora zahteva oštrije uslove na postrojenju za HDS. Tako, na primer, viši pritisak i niža



prostorna brzina su potrebni za sirovine teške za obradu, kao što su lako cikličko ulje (LCU) sa FCC-a i dr.

### Smanjenje sadržaja aromata

Dok je u specifikaciji za dizel gorivo za 2000. ograničen samo sadržaj poliaromata (PAH) na 11 % vol, u specifikaciji EU za dizel 2005. planira se ograničenje ukupnog sadržaja aromata (< 20 % vol), uz dalje smanjenje sadržaja PAH. Ako se analizira nova specifikacija može se zaključiti da je ista izražena u terminima *hemijskog sastava*, a ne terminima *fizičkih osobina goriva*. Sadržaj sumpora, PAH i ukupnih aromata pripadaju hemijskom sastavu goriva. Smanjenje aromata je ključna odluka u zadovoljenju specifikacije za 2005. jer se smanjenjem aromata poboljšavaju i drugi kvaliteti dizela kao što su CB i gustina, a konačno, za izdvajanje S do nivoa od 50 ppm potrebno je znatnije zasićenje aromatskih jedinjenja.

Rafinerije imaju na raspolaganju nekoliko opcija za smanjenje sadržaja aromata u dizel gorivu. Nabavkom pretežno parafinske nafte dobiće se dizel koji ima niži sadržaj aromata ali ne dovoljno nizak da zadovolji buduću specifikaciju dizela. Takođe jedna od opcija za smanjenje aromata je preusmerenje, namešavanje, visoko aromatskih komponenti dizel goriva (npr. LCU sa FCC-a) u pul ulja za loženje (klase EL, S). Međutim ovo rešenje je u suprotnosti sa povećanom potražnjom za dizelom i s druge strane u suprotnosti je sa smanjenim trendom potrošnje loživih ulja.

Za zasićenje aromata, u većoj meri, rešenje je postrojenje sa katalizatorom od plemenitih metala u sistemu koji se obično sastoji od dva reaktora. U prvom se uklanjaju organska jedinjenja sumpora i azota, jer su ova jedinjenja i pri niskim koncentracijama veoma štetna (katalitički otrovi) za katalizatore od plemenitih metala (Pt, Pd na zeolitu), koji se koristi u drugom reaktoru radi zasićenja aromata.

Kao moguća tehnološka rešenja nude se :

- PRIME-D tehnologija IFP-a koja se sastoji iz 2 integrisana stepena hidrobrade-HDS i HAD [6];
- zasićenje aromata primenom katalizatora AS-250 (UOP) ili ASAT (Süd Chemie) od plemenitog metala;
- procesi blagog hidrokrekinga (HCC) za izuzetno nepovoljne sirovine sa visokim sadržajem aromata (npr. LCU) poput procesa MHUG, MAKFinig i dr. [7].

### Povećanje cetanskog broja (CB)

Najjednostavniji način za poboljšanje CB-a je korišćenje aditiva za poboljšanje paljenja. Drugi način je da se izmeni udeo pojedinih vrsta ugljovodonika u gorivu. Linearni parafini imaju najviši CB, a aromati sa više benzenovih prstena imaju najniži CB. Poboljšanje CB je stoga povezano i sa zasićenjem aromata.

Mnoga od organskih jedinjenja koja sadrže sumpor i azot u molekulu, a koja su identifikovana u netretiranom dizelu, imaju složenu strukturu sa više aromatskih prstenova. U procesu HDS pri uklanjanju sumpornih i azotnih jedinjenja i zasićenja aromata dolazi i do povećanja od 3-5 jedinica cetanskog broja. Što je veći sa-

držaj sumpora u šarži za HDS to je veće povećanje cetanskog broja posle njegove obrade vodonikom. Za većinu komponenata dizel goriva duboko zasićenje aromata je dovoljno za ispunjenje buduće specifikacije za CB.

Za frakcije kao što su LCU sa postrojenja za FCC, koje mogu da sadrže i do 80 vol. % aromata, potrebna je mnogo oštrija hidrobrada. Čak i nakon zasićenja aromata u mononaftene ili dicitkloaftene, povećanje CB može biti nedovoljno, pa se mora pribeći raskidanju ovih zasićenih prstenastih struktura i njihovom prevođenju u parafine i izoparafine primenom blagog hidrokrekinga (MHC).

### Smanjenje završne temperature destilacije (EBP)

Najjednostavniji način smanjenja završne temperature pri ASTM destilaciji je da se smanji kraj destilacije dizela u destilacionoj koloni. Nažalost, ova aktivnost smanjuje prinos dizela. U toku hidrobrade (HDT), radi smanjenja sumpora u dizelu, smanji se za oko tri stepena i EBP

Ako se hidrokreking (HCC) koristi za povećanje CB ovaj proces može takođe da se koristi i za smanjenje kraja destilacije dizela (do 42°C). Sa odgovarajućim katalizatorom ova procesna jedinica može da izdvoji S i zasiti armoate do visokog stepena konverzije, poveća CB selektivnim raskidanjem aromatskog prstena i smanji EBP na željenu vrednost. Ukupan prinos dizela može realno da se poveća istovremenim povećanjem temperature izdvajanja srednjih destilata pri destilaciji nafte.

### Zadovoljenje potražnje

Potražnja za dizel gorivom raste većom stopom nego uopšte potražnja za energijom. U zemljama EU procenjuje se da će potražnja za dizel gorivom u narednim godinama (do 2010.) da raste po godišnjoj stopi od 2,1 % [1]. Izazov za rafinerije je da pronađu načine da zadovolje rastuću potražnju za dizel gorivom uz proizvodnju goriva visokog kvaliteta. Najjednostavniji način za zadovoljenje povećane potražnje je da se nabave dizelske komponente iz drugih rafinerija. Međutim isporuke ovih frakcija i njihova cena biće, verovatno, limitirani u godinama koje dolaze. Rafinerije mogu takođe izabrati, kao rešenje, kupovinu nafte određenog tipa.

Nezavisno od tipa nafte može da se optimizuje frakcionacija radi maksimalne proizvodnje materijala opsega destilacije dizela na svim postrojenjima. Osim toga, temperatura sečenja može da se podesi radi usmerenja dela teškog benzina sa katalitičkog reforminga u petrolejski pul i tako poveća proizvodnja srednjih destilata. Višak kerozina, posle hidrobrade, može da se nameša u dizel radi uklanjanja sumpora.

Sledeća opcija zahteva instalisanje dodatnih postrojenja za obradu postojećih destilatnih tokova unutar rafinerija, kao što su LCU sa FCC ili postrojenja za koksovane. Dalje povećanje proizvodnje dizel goriva podrazumeva modifikacije postojećeg procesnog hardvera radi povećanja prinosa destilatnih goriva. FCC postrojenje može da radi u dizelskom režimu i tako poveća pri-

nos LCU, koje se posle HDT nameša u pul dizela. Dizelskim režimom rada FCC smanjuje se prinos benzina, pa zbog toga može biti potrebno da rafinerija radi u parcijalnom dizelskom režimu radi uravnoteženja potražnje.

Ako gornje opcije ne obezbeđuju dovoljne kapacitete za proizvodnju dizela radi zadovoljenja rastuće potražnje mora da se razmisli o izgradnji konverzionih kapaciteta radi proizvodnje dizela iz vakuum gasnog ulja (VGU), odnosno izgradnji postrojenja za hidrokrekovanje (HCC).

Izbor bilo koje od ovih opcija mora se staviti u kontekst specifične potražnje, regionalnih zahteva, visine investicionih ulaganja, kao i pojedinačnih ograničenja u Rafinerijama.

### MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE MB I DIZELA PREMA STANDARDU EU 2000.

U cilju optimalne proizvodnje MB i dizela integralno je razmatran sav raspoloživi benzinski/dizelski pul u Naftnoj industriji Srbije (NIS) i Petrohemiji i korišćenjem LP modela procenjene su mogućnosti proizvodnje MB/dizela prema specifikaciji EU 2000. Pretpostavljena je prerada sirove nafte u Srbiji od 4.800 kt/god., obnova i rad svih izgrađenih postrojenja za proizvodnju komponenata za MB i dizela, kao i razmena komponenata između Rafinerija u Pančevu i Novom Sadu i Petrohemije u Pančevu. Obim prerade sirove nafte je definisan na bazi procenjene potrošnje u narednom periodu MB (oko 1.000 kt/god) i dizela (oko 1500 kt/god) na tržištu Jugoslavije.

*Tabela 6. Prosečan kvalitet benzinskog pula NIS*  
*Table 6. Average quality of the gasoline produced by the Serbian Oil Industry (NIS)*

| Parametar kvaliteta | Pul NIS | EU 2000. |
|---------------------|---------|----------|
| IOB, bez olova      | 93-94   | 91-95-98 |
| Sumpor, ppm         | 903     | ≤ 150    |
| Benzen, % vol.      | 1,31    | ≤ 1      |
| Aromati, % vol.     | 33,2    | ≤ 35     |
| Olefini, % vol.     | 21,2    | ≤ 14     |
| Kiseonik, % mas.    | 0,17    | ≤ 2,7    |

U benzinskom pulu najveće je učešće FCC benzina (40%) i platformata (oko 19%). Iako je učešće FCC benzina u ukupnom benzinskom pulu 40 mas%, odnosno 38 vol%, njegov doprinos sadržaju sumpora u pulu je čak 97 % i sadržaju olefina oko 95 % (slike 1 i 2).

Na osnovu podataka navedenih u tabeli 6 može se uočiti da benzinski pul bitno odstupa u kvalitetu od standarda EU 2000. po sadržaju sumpora i olefina, nešto manje po sadržaju benzena, a da zadovoljava specifikaciju po sadržaju aromata i kiseonika. Iz raspoloživog pula moguće je proizvesti oko 49 % MB prema EU 2000 (EN 228) i oko 51% MB prema važećem JUS standardu/pravilniku. Da bi se realizovala pretpostavljena struktura proizvodnje MB, koja je značajna zbog budućeg

tranzitnog saobraćaja kroz našu zemlju, kao i zbog delimične proizvodnje ekološki boljih benzina nisu potrebna ulaganja u nova postrojenja i tehnologije, već su neophodna samo ona investiciona ulaganja koja će omogućiti rad postojećih postrojenja, puno angažovanje sekundarnih postrojenja i optimalno korišćenje ukupnog pula.

Kod upoređenja dizelskog pula (tabela 7) sa specifikacijom EU 2000. (EN 590) uočava se ogromna razlika u sadržaju sumpora, dok bi ostali parametri mogli relativno lako da se ispune.

*Tabela 7. Prosečan kvalitet dizelskog pula NIS*  
*Table 7. Average quality of the diesel oil produced by the Serbian Oil Industry (NIS)*

| Parametar kvaliteta        | Pul NIS | EU 2000. |
|----------------------------|---------|----------|
| Cetanski broj              | 51,2    | > 51     |
| Sumpor, ppm                | 8000    | ≤ 350    |
| Gustina, kg/m <sup>3</sup> | 0,850   | ≤ 845    |
| Polaromati (PAH), % mas.   | 8,24    | ≤ 11     |
| T 95, °C                   | 3       | ≤ 360    |

3

Ukupno raspoloživi HDS kapaciteti u rafinerijama u Pančevu i Novom Sadu su oko 860 kt/god. Projektima ovih pogona nije predviđena proizvodnja dizela do nivoa sadržaja S od 350 već od oko 1000 ppm. Postoji mogućnost proizvodnje simboličnih količina dizel goriva sa 350 ppm S, preradom domaće ili skupih uvoznih niskosumpornih nafte. Za rad ovih postrojenja u režimu kvaliteta EU 2000. i za hidrodosulfurizaciju šarži (lakah/teških gasnih ulja), dobijenih preradom uvoznih sirovih nafte tipa REB/Irak/Iran i sl., potrebne su rekonstrukcije u smislu: promene katalizatora, realizacije projekata prenamene šarži postrojenja (u obe rafinerije), obezbeđenje vodonika (u NIS-RNP), dodatne rekonstrukcije reaktorske sekcije i dr. Realizacijom svih ovih projekata bila bi moguća proizvodnja dizela prema EU 2000. od oko 860 kt/god. ili oko 57 % od ukupno proizvedenih količina dizela dobijenih godišnjom preradom 4.800 kt sirove nafte.

### ZAKLJUČAK

Reformulacija transportnih goriva, koja je započela zbog sve strožijih ekoloških propisa sa reformulisanim motornim benzinima u SAD i proširila se na mnoge razvijene zemlje, prolazi kroz svoju treću fazu i sada se već govori o reformulisanim dizel gorivima (RFD). Inicijativa za buduću specifikaciju dizel goriva (2005.) potekla je od zemalja EU, pre svih Švedske.

Kvalitet motornih goriva u Jugoslaviji značajno ostaje za kvalitetom u razvijenim zemljama EU u 2000. ali i za kvalitetom goriva u nekim susjednim zemljama. Postepeno uvođenje kvaliteta kao što je u zemljama EU je imperativ vremena i cilj, kako zbog značajne pozicije Srbije za tranzitni saobraćaj u Evropi, tako i zbog doprinosa očuvanju i zaštiti životne sredine.

Postoji više mogućnosti za ispunjenje buduće specifikacije za benzin i dizel gorivo. Neka od tehnoloških rešenja su navedena u radu, a u cilju izbora optimalnog rešenja potrebno je da se u rafinerijama, s obzirom na specifičnosti benzinskog i dizelskog pula, okruženja i dr. urade studije izvodljivosti.

Nakon bombardovanja i teških razaranja obe rafinerije u 1999. prioritetan zadatak u NIS-u je obnova rafinerijskih kapaciteta. Tamo gde za to bude uslova, paralelno sa obnovom, pristupiće se i realizaciji manjih projekata rekonstrukcije i modernizacije rafinerijskih postrojenja i instalacija.

Posle završene obnove i projekata rekonstrukcije svih sekundarnih postrojenja i uz optimalno korišćenje svih raspoloživih komponenata moguće je u NIS-ovim rafinerijama, u narednom periodu, proizvesti samo ograničene količine motornih benzina i dizela prema važećim standardima EU za 2000.

Za potpunu proizvodnju motornih benzina i dizel goriva prema zahtevima EU 2000. potrebna su investiciona ulaganja u nove procese i tehnologije u postojećim rafinerijama. Kod izbora novih tehnologija treba da se vodi računa o potrebi ispunjenja i kvaliteta EU 2005.

U delu zakonske regulative učinjen je prvi korak koji se odnosi na inoviranje naših standarda za motorna goriva (naftne derivate). To je svakako nužan preduslov, ali ne i dovoljan. Od strane Saveznog zavoda za stan-

dardizaciju pokrenuta je inicijativa za izradu novih YU standarda za MB i D goriva kojima bi se definisale osobine goriva i metode ispitivanja. Predloženo je da naši standardi budu projektovani za kvalitet EU 2000/98. Naravno, zbog potrebnih investicionih ulaganja u rafinerije, biće potreban određen vremenski pomak u primeni istih u Jugoslaviji.

Potrebna sredstva ili barem deo sredstava mogla bi da se obezbede kroz dokapitalizaciju rafinerija, kreditnim aranžmanima, kao i uvođenjem, od strane države, podsticajnih taksi za povećanje proizvodnje ekoloških goriva.

#### LITERATURA

- [1] European Oil Refining Conference (EORC), Marbella, Spain, May 2000.
- [2] JUS Standardi za motorne benzine i dizel goriva-JUS B.H2.220/1 i JUS B.H2.410/1, 1993. (Izmene i dopune)
- [3] S. Veinović, R. Pešić i S. Petković, "Pogonski materijali motornih vozila", B.Luka/Kragujevac, 2000.
- [4] UOP "Diesel Fuel - Specifications and Demand for 21st Century", Des Plaines, Illinois, 1998.
- [5] UOP Refining Seminar "Maximising Refinery Profitability", Paris, 22. novembar 1999.
- [6] IFP Refining Seminar "On the Road to EURO 2005", Paris, 22. novembar 1999.
- [7] The European Refinery Technology Conference (ERTC), Paris, 22-24. novembar 1999., Zbornik radova
- [8] World-Wide Fuel Charter, December, 1998.

#### SUMMARY

(Professional paper)

#### QUALITY DEVELOPMENT TRENDS OF MOTOR GASOLINE AND DIESEL FUEL IN THE WORLD AND YUGOSLAVIA

Savo Bogojević<sup>1</sup>, Pavle Pavlović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NIS - Oil Refinery Pančevo, <sup>2</sup>NIS - Oil Refinery Novi Sad

In the last few decades, under the influence of environmental developments, the change of engine fuel quality has been intensely forced and with a noticeable multidisciplinary approach. The changes are global, specified by stringent requirements and a necessity for quick change on both regional and state level. The European Union with other regional associations as well as highly developed countries, have been leading the way. The improvement of fuel environmental quality is unquestionable, but its introduction is limited by global market needs and the economic strength of certain countries. Apart from EU countries, some central and eastern European countries apply the current CEN Standards for motor gasolines and diesel fuels. With the purpose of stimulating the production of environmental fuels, certain EU countries have introduced tax reduction. The paper presents the influence of certain engine fuel characteristics on performances and harmful engine substance emission. Technological options are also given for meeting the requirements from the future engine fuel specification (EU 2005). The priority assignment of the Petroleum Industry of Serbia (NIS) is the reconstruction of refinery facilities after NATO bombing. The gradual achievement of fuel quality, as it is in EU countries, is dictated by the times we live in and it is a NIS objective, not only because of the importance of transit traffic through Yugoslavia, but also because of the maintenance and protection of the environment. As a part of statutory regulations, a Federal Institution for Standardization committee is preparing the draft standard JUS EN 228 for unleaded motor gasolines and JUS EN 590 for diesel fuels. By way of LP models, based on the application of the available gasoline/diesel pool, the possibilities of producing engine fuels according to EU 2000 specification requirements were investigated.

Key words: Fuels • Quality • Trend • Development • Standards •  
Ključne reči: Goriva • Kvalitet • Trendovi • Razvoj • Standardi •

