Optimizacija proizvodnje naftnih goriva obzirom na zahtjeve kvalitete

Novak, Frane

Scientific master's theses / Magistarski rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:317267

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE NAFTNIH GORIVA OBZIROM NA ZAHTJEVE KVALITETE

MAGISTARSKI RAD

FRANE NOVAK,
dipl.ing.stroj.

ZAGREB, 2009.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE NAFTNIH GORIVA OBZIROM NA ZAHTJEVE KVALITETE

MAGISTARSKI RAD

Mentor:
Prof.dr.sc. NIKOLA ŠAKIĆ

FRANE NOVAK, dipl.ing.stroj.

ZAGREB, 2009.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU:

Udk:	665.6:658.5
Ključne riječi:	motorna goriva, norme i kontrola kvalitete, rafinerijski procesi, procjena ulaganja, optimizacija namješavanja
Znanstveno područje:	TEHNIČKE ZNANOSTI
Znanstveno polje:	Strojarstvo, tehnologija
Institucija u kojoj je rad izrađen:	Fakultet strojarstva i brodogradnje
Mentor rada:	Prof. dr. sc. Nikola Šakić
Broj stranica:	17+165
Broj slika:	101
Broj tablica:	36
Broj korištenih bibliografskih jedinica:	35
Datum obrane:	4. ožujka 2009.

Povjerenstvo: Dr. sc. Vedran Mudronja, red. prof. – predsjednik povjerenstva

Dr. sc. Nikola Šakić, red. prof. – voditelj magistarskog rada

Dr. sc. Mladen Proštenik, viši znan. surad., INA Zagreb – član povjerenstva

Institucija u kojoj je rad pohranjen: Fakultet strojarstva i brodogradnje

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Poslijediplomski znanstveni studij
Smjer: Industrijsko inženjerstvo i menedžment

Zadatak za magistarski rad

Kandidat: **FRANE NOVAK, dipl.ing.str.**

Naslov zadatka: **OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE NAFTNIH GORIVA OBZIROM NA ZAHTJEVE KVALITETE**

Opis zadatka:

Sve oštriji zahtjevi u pogledu kvalitete naftnih goriva (posebice iz područja zaštite okoliša) što ih postavljaju EURO norme iziskuju od rafinerija visoka ulaganja u procese modernizacije proizvodnje žele li opstati na tržištu. Od posebne je važnosti za proizvođače goriva raspolagati preciznim informacijama o sadašnjoj razini kvalitete proizvodnje kako bi se moglo strateški planirati budući razvoj, sve u cilju postizanja ciljeva razine kvalitete.

U radu treba:

- analizirati zahtjeve Europskih normi i preporuka u pogledu postojećih ali i mogućih najavljenih normi za naftna goriva,
- detaljno analizirati podatke o današnjem stanju razine kvalitete u odabranoj rafineriji, i to za benzinsko i dizelsko gorivo, osobito za kritične zahtjeve u pogledu sadržaja sumpora, benzena i aromata te ih usporediti sa postojećim zahtjevima,
- analizirati mogućnosti odabrane rafinerije (čiji su osnovni proizvodi naftna goriva) u pogledu mogućnosti udovoljavanja sadašnjim i budućim (očekivanim) zahtjevima EURO normi,
- predložiti plan razvoja proizvodnih kapaciteta analizirane rafinerije uz procjene potrebnih ulaganja i očekivanih efekata,
- prikladnim modelima optimizacije ocijeniti predložena rješenja, - posebice u segmentu udovoljavanja zahtjevima EURO normi.

Zadatak zadan: 19. 02. 2008.

Rad predan:

Mentor:
Prof.dr.sc.Nikola Šakić

Predsjednik Odbora za poslijediplomske studije:
Prof.dr.sc. Tomislav Filetin

Voditelj smjera:
Prof.dr.sc. Nikola Šakić

ZAHVALA

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Nikoli Šakiću na velikoj i nesebičnoj pomoći, trudu i savjetima koje mi je pružio tijekom izrade rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Vedranu Mudronji na nesebičnoj i nadahnutoj pomoći i podršci pri izradi rada.

Posebnu zahvalnost iskazujem dr. sc. Mladenu Prošteniku na korisnim savjetima i podršci bez koje bi bilo teško završiti ovaj rad.

Iskreno,

Frane Novak

Nikad nije prekasno!

Talijanska poslovica

PREDGOVOR

Gotovo cijeli svoj radni vijek intenzivno sam učestvovao u projektiranju i izgradnji naftnih i petrokemijskih postrojenja.

Već duže vrijeme razmišljao sam o verifikaciji odabranih tehnologija, kapaciteta postrojenja te njihovom uklapanju u kompleksne sustave rafinerija ili petrokemijskih kompleksa temeljem sveobuhvatne simulacije rada cijelog kompleksa.

Učešće u jednom, tako, sveobuhvatnom projektu osuvremenjivanja rafinerija pružilo je mogućnost takvog izazova i realizaciju ideje.

Verifikacija harmoniziranog rada rafinerije moguća je korištenjem niza modernih računalnih alata korištenjem podataka o naftama, rafinerijskim tehnologijama, kvalitetama i karakteristikama rafinerijskih procesnih komponenti goriva te samih goriva motornih vozila.

Korisne podatke za specificiranje potrebnih novih tehnoloških procesa te poboljšanja rada postojećih postrojenja mogu pružiti rezultati statističke analize karakteristika kvalitete motornih goriva.

Uklapanjem gore spomenutih faktora uz dobro odabrane i osmišljene računalne alate, moguće je pratiti zadovoljenje tehničko-tehnoloških mogućnosti proizvodnje u odnosu na propisane norme kvalitete proizvoda. Pored toga moguće je, potom, utvrditi tehno-ekonomsku izvedivost i efikasnost za bilo koji izbor dodatne ili zamjenske tehnologije kojima se rješava pitanje nedostajuće kvalitete proizvoda.

Scenarijskim analizama uz korištenje podataka u svijetu dostupnih komercijalnih tehnologija moguće je odabrati najprihvatljiviju obzirom na specifične zahtjeve i stanje i kapacitete postojećih rafinerijskih procesa.

Simulacijom postupaka namješavanja gotovih proizvoda moguće je utvrditi sukladnost s propisanim normama kvalitete.

Tako dobivenim parametrima proizvodnje uz dodavanje određenih ekonomskih pokazatelja moguće je utvrditi ekonomsku opravdanost investicijskog zahvata.

SAŽETAK RADA

Čitav niz industrijskih grana bazira se na proizvodima iz nafte. Jedna od ekonomski najjačih grana proizvodnje u svijetu je proizvodnja goriva iz fosilnih izvora kojom se zadovoljava veliki dio potreba čovječanstva za energijom.

Pri svakoj proizvodnji pa tako i proizvodnji goriva potrebno je voditi brigu i o negativnim efektima koji se pri tome javljaju. U prvom redu to se odnosi na proizvodne emisije koje su nužna nuspojava operativnog rada procesa a rezultiraju manje ili više intenzivnim zagađenjima okoliša. Proizvedena goriva trebaju pri tom biti takve kvalitete da se njihovim izgaranjem u eksploataciji također postižu što manja zagađivanja okoliša a svakako da zadovoljavaju propisane minimalne zahtjeve kvalitete utvrđene suvremenim normama kvalitete.

Svijest o očuvanju okoliša potpomognuta opsežnim istraživanjima dovela je do poticanja razvitka niza normi kvalitete goriva. Spoznali su se štetni efekti utjecaja teških metala i sumpora na okoliš. Shodno tome, utvrđene su granične karakteristike kvalitete goriva i njihov utjecaj kako na samu konstrukciju i rad motora tako i na efekte zagađivanja okoliša s prekomjernim sadržajem pratećih štetnih heterogenih spojeva i krutih čestica uz ugljikovodike koji čine osnovu fosilnih goriva.

Nove, široko prihvaćene norme kvalitete goriva stoga nužno utječu na razvoj i tehnološku konfiguraciju rafinerija koje se bave proizvodnjom goriva.

U cilju maksimalnog iskorištenja raspoloživih ali ipak ograničenih geoloških resursa ugljikovodika iz nafte i namjeri da se pretvori u visoko vrijedno gorivo, razvio se niz tehnologija koje to omogućuju.

Primjerom jednog od mogućih scenarija izgradnje novih postrojenja, promatrane rafinerije, sa željom što veće proizvodnje goriva za motorna vozila pokušao se naći odgovor na pitanje: Koje tehnologije odabrati i kako ih uklopiti u postojeći sustav da bi ostvarili maksimalnu proizvodnju goriva sukladnih suvremenim zahtjevima normi kvalitete?

Pri utvrđivanju smjernica odabira tehnologija i načina rada rafinerije korištena je i statistička analiza rezultata mjerenja karakteristika kvalitete motornih goriva u namjeri da se i na taj

način dobiju optimalne smjese rafinerijskih poluproizvoda, EURO normama određene kvalitete goriva.

Pri odabiru postrojenja tj. potrebnih tehnologija jedan od odlučujućih principa bio je zahtjev za što manjim investicijskim ulaganjima.

Odabrane primijenjene tehnologije harmonizirane su posebno razvijenim modelom simulacije rada čitave rafinerije. Takvom simulacijom rada rafinerije potvrđeni svi zahtjevi proizvodnje kvalitetnih, važećim normama propisanih motornih goriva uz minimalne moguće štetne emisije.

Primijenjenom metodom optimizacije namješavanja goriva nastojale su se iskoristiti sve raspoložive komponente goriva koje može proizvesti promatrana rafinerija s ciljem maksimiziranja najvrijenijih proizvoda sukladnih EURO V normama kvalitete.

Jednostavnim prikazom financijskih efekata proizvodnje osuvremenjene rafinerije zaključuje se da prikazana proizvodnja omogućuje ne samo proizvodnju goriva u skladu s budućim normama kvalitete nego i brzi povrat uloženih investicijskih sredstava.

Može se, stoga, zaključiti da razmotreni scenarij osuvremenjivanja promatrane rafinerije zadovoljava temeljne zahtjeve investicijskih ulaganja tj. da je ono tehnički izvedivo, ekološki prihvatljivo i ekonomski opravdano.

SUMMARY

Several branches of industrial activities are based on production of oil. One of the most economically strongest branches in world manufacture is petroleum production from fossil sources, which for the most part meets and satisfies humanity's needs for energy source.

As with every manufacturing process and likewise with the production of fuels, it is crucial to manage risks and negative effects and consequences that may emerge during manufacture. Foremost, this relates to production of emissions which are the side-effects of processing operations and that result more or less in intensive environmental pollution. The fuels produced need to be of particular quality where the burning exploitation leads to minimal pollution of the environment, and certainly meet the regulations for minimum quality standard requirements ascertained in present-day quality norms.

Awareness of environmental protection maintenance promoted through extensive research has initiated developments of several fuel quality norms. The harmful effects on the environment from the impact of heavy metals and sulphur have come to knowledge. Accordingly, fuel quality characteristics and their influences are determined, both on motor construction and function and likewise, the effects on environmental pollution due to excessive contents accompanied by harmful heterogeneous compounds as well as hard particles from hydrocarbons that form the base of fossil fuels.

The new and widely adopted fuel quality norms imperatively influence developments and technological configurations of refineries that manufacture fuels. Many new technologies were developed to for maximizing utility of scarcely available geological and hydrocarbon resources from oil and for converting them to high value fuel products.

In illustrating a possible case for newly constructed plants in the Refinery selected, in aim for maximizing motor fuels production, there was an attempt to answer the following question:

What technologies to adopt and how to integrate them into the existing system to maximize fuel production in accordance with present-day quality norm requirements?

In order to ascertain what guidelines to use for selecting technologies and the method of operations in the refinery, statistical analyses were conducted on results of measured quality

characteristics of motor fuels to obtain an optimal blend for refinery by-products under EURO fuel quality norms.

In selecting a plant, i.e. suitable technologies, one of the most crucial principles was a requirement to minimize investment outlays.

The selected technologies adopted, were harmonized using a particular simulation model for the entire refinery. This simulation in the operating refinery confirmed production of high quality motor fuels prescribed by valid quality norms with minimal possible harmful emissions.

In applying an optimizing model for fuel blending, attempts were made to maximize usage of all possibly available fuel components which the selected Refinery is able to yield in order to maximize the most valuable end-products in line with EURO V norms.

An illustration of the financial effects of production in the upgraded refinery reveals that the production in question enables not merely fuel production in line with the prescribed quality norms, but also a faster return on investment.

Therefore, it can be concluded that this presented case of an upgraded refinery satisfies basic investment requirements, i.e. technically it is feasible, ecologically acceptable and provides sound economic rationale for implementation.

KLJUČNE RIJEČI

Motorna goriva, norme i statistička analiza kvalitete, rafinerijski procesi, procjena ulaganja, optimizacija namješavanja

KEY WORDS

Fuels for vehicles, quality norms, statistical quality analysis refinery processes, investment estimation, blending optimization

POPIS SLIKA

Slika 1. Udjeli emisija iz motornih vozila u ukupnoj emisiji

Slika 2. Efekt smanjenja gustoće goriva na emisije

Slika 3. Efekt smanjenja gustoće na izlaznu snagu motora

Slika 4. Efekti emisije NOx-a prema smanjenju sadržaja ukupnih policikličkih aromatskih ugljikovodika od 30% na 10%

Slika 5. Efekti emisije čestica prema smanjenju sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika (di+) od 9% na 1%

Slika 6. Veza emisije policikličkih aromatskih ugljikovodika i sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika u gorivu

Slika 7. Utjecaj sadržaja sumpora na vijek trajanja motora

Slika 8. Prikaz smanjenja sadržaja olova u benzinu

Slika 9. Optimalna razina IOB / korištenje energije

Slika 10. Trend smanjenja kontroliranih emisija u periodu 1990 – 2010

Slika 11. Areometri za mjerenje gustoće

Slika 12. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja gustoće EURODIZELA

Slika 13. x-MR kontrolna karta mjerenja vrijednosti gustoće

Slika 14. Histogram mjerenja vrijednosti gustoće

Slika 15. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-54

Slika 16. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-54

Slika 17. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-55

Slika 18. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-55

Slika 19. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-56

Slika 20. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-56

Slika 21. $\bar{x}$ -s kontrolna karta za gustoću po spremnicima

Slika 22. Aparatura za mjerenje količine vode

Slika 23. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine vode u EURODIZELU

Slika 24. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode

Slika 25. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode

Slika 26. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-54

Slika 27. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-54

Slika 28. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-55

Slika 29. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-55
Slika 30. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-56
Slika 31. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-56
Slika 32. $\bar{x}$ -s kontrolna karta za količinu vode u spremnicima
Slika 33. Aparatura za mjerenje ukupne količine sumpora
Slika 34. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU
Slika 35. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora
Slika 36. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora
Slika 37. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-54
Slika 38. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-54
Slika 39. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-55
Slika 40. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-55
Slika 41. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremniku B-56
Slika 42. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-56
Slika 43. $\bar{x}$ -s kontrolna karta za količinu ukupnog sumpora po spremnicima
Slika 44. Aparatura za mjerenje količine sedimenta
Slika 45. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta u EURODIZELU
Slika 46. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta
Slika 47. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta
Slika 48. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta
Slika 49. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-54
Slika 50. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-54
Slika 51. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-55
Slika 52. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-55
Slika 53. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-56
Slika 54. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-56
Slika 55. $\bar{x}$ -s kontrolna karta za količinu sedimenta po spremnicima
Slika 56. Aparatura za mjerenje količine policikličkih aromatskih ugljikovodika
Slika 57. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU

Slika 58. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika
Slika 59. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika
Slika 60. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-54
Slika 61. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-54
Slika 62. x-MR kontrolna karta količine vrijednosti mjerenja policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-55
Slika 63. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-55
Slika 64. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-56
Slika 65. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-56
Slika 66. $\overline{x}$-s kontrolna karta za količinu policikličkih aromatskih ugljikovodika po spremnicima
Slika 67. Aparatura za mjerenje cetanskog broja
Slika 68. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja EURODIZELA
Slika 69. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja
Slika 70. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja
Slika 71. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-54
Slika 72. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-54
Slika 73. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-55
Slika 74. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-55
Slika 75. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-56
Slika 76. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-56
Slika 77. $\overline{x}$-s kontrolna karta za cetanski broj po spremnicima
Slika 78. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće
Slika 79. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće
Slika 80. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora
Slika 81. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora
Slika 82. Aparatura za određivanje IOB-a
Slika 83. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja IOB-a

Slika 84. Histogram vrijednosti mjerenja IOB-a
Slika 85. Aparatura za mjerenje količine benzena
Slika 86. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine benzena
Slika 87. Histogram vrijednosti mjerenja količine benzena
Slika 88. Aparatura za mjerenje količine olefina
Slika 89. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine olefina
Slika 90. Histogram vrijednosti mjerenja količine olefina
Slika 91. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine aromata
Slika 92. Histogram vrijednosti mjerenja količine aromata
Slika 93. Shema povezivanja procesnih postrojenja postojeće rafinerije
Slika 94. Prikaz zaslona računala za simulacijski alat namješanja nafti
Slika 95. Blok shema procesa hidrokrekinga
Slika 96. Blok shema procesa hidrodesulfurizacije
Slika 97. Blok shema koking procesa
Slika 98. Blok shema procesa proizvodnje vodika
Slika 99. Blok shema procesa postrojenja za izdvajanje sumpora
Slika 100. Blok shema postrojenja suvremene rafinerije
Slika 101. Shema tehnološkog sustava povezivanja postrojenja rafinerije

POPIS TABLICA

Tablica 1. Granične vrijednosti standardne ASTM destilacije dizelskog goriva
Tablica 2. Prikaz vrijednosti temperatura točaka filtrabilnosti (CFPP)
Tablica 3. Granične vrijednosti količine oksigenata u motornom benzinu
Tablica 4. Granične vrijednosti postotka predestiliranog benzina
Tablica 5. Granične vrijednosti tlaka para motornog benzina
Tablica 6. Utjecaj promjene u kvaliteti benzina na emisije
Tablica 7. Utjecaj promjene u kvaliteti dizela na emisije
Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL
Tablica 9. Karakteristike uzoraka motornog goriva EUROSUPER 95
Tablica 10. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara gustoće EURODIZELA
Tablica 11. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine vode u EURODIZELU
Tablica 12. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine ukupnog sumpora u EURODIZELU
Tablica 13. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine sedimenta u EURODIZELU
Tablica 14. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU
Tablica 15. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara cetanskog broja EURODIZELA
Tablica 16. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara gustoće EUROSUPERA 95
Tablica 17. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara ukupne količine sumpora EUROSUPERA 95
Tablica 18. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara IOB-a
Tablica 19. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine benzena u EUROSUPERU 95
Tablica 20. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine olefina u EUROSUPERU 95
Tablica 21. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine aromata u EUROSUPERU 95
Tablica 22. Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki EURODIZELA

Tablica 23. Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki EUROSUPERA 95
Tablica 24. Popis postrojenja rafinerije s nazivnim godišnjim kapacitetom
Tablica 25. Godišnja proizvodnja rafinerijskih proizvoda
Tablica 26. Karakteristike nafte Russian Export Blend
Tablica 27. Karakteristike nafte Syrian Light
Tablica 28. Kapaciteti novih postrojenja u rafineriji
Tablica 29. Godišnja proizvodnja suvremene rafinerije
Tablica 30. Procjena troškova ulaganja u nova procesna postrojenja rafinerije
Tablica 31. Razlika rafinerijskih marži između postojeće i osuvremenjene rafinerijske prerade pri kapacitetu od 3,3 milijuna tona godišnje
Tablica 32. Razlika rafinerijskih marži između postojeće i osuvremenjene rafinerijske prerade pri kapacitetu od 4,5 milijuna tona
Tablica 33. Optimizacija namješavanja motornog benzina EURO V kvalitete
Tablica 34. Optimizacija namješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete
Tablica 35. Optimizacija namješavanja loživog ulja EURO V kvalitete
Tablica 36. Optimizacija namješavanja ostalih benzina

SADRŽAJ

PREDGOVOR VI
SAŽETAK RADA VII
SUMMARY IX
KLJUČNE RIJEČI XI
KEY WORDS XI
POPIS SLIKA XII
POPIS TABLICA XVI
1. UVOD 5
2. PREGLED ZAGAĐENJA IZ EMISIJE MOTORA VOZILA 7
3. OPIS KARAKTERISTIKA MOTORNIH GORIVA 10
3.1 Opis karakteristika dizelskog goriva EURODIZEL 10
3.1.1 Cetanski broj 10
3.1.2 Cetanski indeks 11
3.1.3 Gustoća 11
3.1.4 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika 13
3.1.5 Količina ukupnog sumpora 14
3.1.6 Točka paljenja 15
3.1.7 Količina koksnog ostatka 16
3.1.8 Količina pepela 16
3.1.9 Količina vode 17
3.1.10 Količina sedimenta 17
3.2.11 Korozivnost na bakru 17
3.1.12 Oksidacijska stabilnost 17
3.1.13 Mazivost 18
3.1.14 Kinematička viskoznost 18
3.1.15 Standardna ASTM destilacija 19
3.1.16 Točka filtrabilnosti 20
3.2.17 Točka zamućenja 21
3.1 Opis karakteristika motornog benzina EUROSUPER 95 21
3.2.1 Oktanski broj 21
3.2.2 Količina olova 22
3.2.3 Gustoća 22

3.2.4 Količina ukupnog sumpora ... 22
3.2.5 Oksidacijska stabilnost ... 23
3.2.6 Količina postojeće smole ... 23
3.2.7 Korozivnost na bakru ... 23
3.2.8 Izgled ... 23
3.2.9 Oksigenati ... 23
3.2.10 Olefini ... 25
3.2.11 Aromati ... 25
3.2.12 Benzen ... 26
3.2.13 Zapaljivost ... 26
3.2.14 Standardna ASTM destilacija ... 26
3.2.15 Tlak para ... 27
3.2.16 Indeks isparivosti ... 28
4. ANALIZA NORMI KVALITETE NAFTNIH GORIVA ... 29
4.1 Kratki prikaz razvitka europskih normi kvalitete goriva ... 29
4.2 Kvaliteta goriva i emisije ... 29
4.3 Pregled normi emisija i kvalitete goriva ... 34
4.3.1 Kategorija 1 ... 34
4.3.2 Kategorija 2 ... 35
4.3.3 Kategorija 3 ... 35
4.3.4 Kategorija 4 ... 35
4.4 Pregled normi kvalitete naftnih goriva u Republici Hrvatskoj ... 36
4.5 Raspoložive kvalitete goriva u Republici Hrvatskoj ... 37
5. STATISTIČKA ANALIZA MJERENJA KARAKTERISTIKA KVALITETE GORIVA ... 38
5.1 Statistička analiza kvalitete EURODIZELA ... 40
5.1.1 Gustoća ... 40
5.1.1.1 Gustoća iz spremnika B-54 ... 43
5.1.1.2 Gustoća iz spremnika B-55 ... 45
5.1.1.3 Gustoća iz spremnika B-56 ... 46
5.1.2 Količine vode ... 48
5.1.2.1 Količina vode iz spremnika B-54 ... 51
5.1.2.2 Količina vode iz spremnika B-55 ... 53
5.1.2.3 Količina vode iz spremnika B-56 ... 54

5.1.3 Količina ukupnog sumpora ... 56
5.1.3.1 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-54 ... 60
5.1.3.2 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-55 ... 61
5.1.3.3 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-56 ... 62
5.1.4 Količina sedimenta ... 63
5.1.4.1 Količina sedimenta iz spremnika B-54 ... 67
5.1.4.2 Količine sedimenta iz spremnika B-55 ... 68
5.1.4.3 Količine sedimenta iz spremnika B-56 ... 70
5.1.5 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika ... 71
5.1.5.1 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-54 ... 74
5.1.5.2 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-55 ... 76
5.1.5.3 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-56 ... 77
5.1.6 Cetanski broj ... 79
5.1.6.1 Cetanski broj iz spremnika B-54 ... 82
5.1.6.2 Cetanski broji iz spremnika B-55 ... 83
5.1.6.3 Cetanski broj iz spremnika B-56 ... 84
5.2 Statistička analiza kvalitete motornog goriva EUROSUPER 95 ... 85
5.2.1 Gustoća ... 86
5.2.2 Količina ukupnog sumpora ... 88
5.2.3 Istraživački oktanski broj (IOB) ... 90
5.2.4 Količina benzena ... 92
5.2.5 Količina olefina ... 94
5.2.6 Količina aromata ... 96
5.3 Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki motornih goriva ... 97
5.3.1 Analiza rezultata mjerenja značajki EURODIZELA ... 98
5.3.2 Analiza rezultata mjerenja značajki EUROSUPERA 95 ... 99
6. ANALIZA TRENUTNIH MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE RAFINERIJE ... 101
6.1 Postojeća rafinerijska postrojenja ... 101
6.2 Trenutna rafinerijska proizvodnja ... 104
6.3 Proizvodnja motornih goriva sukladno EURO normi ... 105
6.4 Novi zahtjevi pri proizvodnji goriva u rafineriji ... 106
7. PRIJEDLOG PLANA RAZVOJA RAFINERIJE ... 107
7.1 Odabir kvalitete nafte ... 107
7.2 Nove tehnologije ... 112

7.2.1 Kratki opis procesa hidrokrekinga (*Hydrocracking*) 114
7.2.2 Kratki opis procesa hidrodesulfurizacija (*Hydrotreating*) 116
7.2.3 Kratki opis procesa kokinga (*Delayed Coking*) 118
7.2.4 Kratki opis procesa proizvodnje vodika 120
7.2.5 Kratki opis procesa postrojenja za izdvajanje sumpora 122
7.3 Uklapanje novih tehnologija u sustav rafinerije 123
7.4 Proizvodi osuvremenjene rafinerije 127
7.5 Procjena troškova ulaganja 127
7.6 Efekti osuvremenjene rafinerije 128
8. OPTIMIZACIJA NAMJEŠAVANJA KOMPONENTI GORIVA U GOTOVE PROIZVODE 133
8.1 Vrste goriva 134
8.2 Opis načina optimiranja 134
8.2.1 Postupak optimiranja namješavanja motornog benzina EURO V kvalitete .. 135
8.2.2 Postupak optimiranja namješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete 137
8.2.3 Postupak optimiranja namješavanja loživog ulja EURO V kvalitete 139
8.2.4 Postupak optimiranja namješavanja ostalih benzina 141
9. ZAKLJUČAK 144
10. LITERATURA 146
11. ŽIVOTOPIS 149
12. CURRICULUM VITAE 152
PRIVITAK 1 155
PRIVITAK 2 160
PRIVITAK 3 161
PRIVITAK 4 164

1. UVOD

Gotovo je nezamisliv život, u današnjim uvjetima, bez upotrebe goriva proizvedenih iz nafte. Proizvodnja goriva iz nafte predstavlja jednu od najjačih pokretačkih grana svjetske industrije današnjeg doba. Intenzivno i sveobuhvatno zadovoljavanje ljudskih potreba energijom proizvedenom iz nafte, rezultiralo je jednom od najjačih i najutjecajnijih grana svjetskog gospodarstva u drugoj polovici 20. i na početku 21. stoljeća.

Nafta je medij stvoren određenim procesima u utrobi zemlje. Radi značajnih količina raznih ugljikovodika, koje prvenstveno sadrži, ona je glavni izvor za dobivanje motornih goriva i drugih energenata u širem smislu. Nafta, također, izvorno sadrži niz hetero-spojeva na bazi sumpora, dušika, kisika i metala. Ti spojevi zajedno s plinovima izgaranja ugljikovodika iz naftnih goriva stvaraju emisije onečišćenja u okolišu, u prvom redu plinova u atmosferu te štetnih otpadnih tvari u vode i tlo.

Analizom svih zagađenja, najprije učestalih lokalnih, a potom i zabrinjavajućih globalnih, po vrstama, udjelima i intenzitetima, koja se događaju kao posljedice intenzivne suvremene proizvodnje i upotrebe goriva i energenata dobivenih iz nafte, nametnula su civilizacijsku potrebu za sustavnom i cjelovitom kontrolom i mjerama maksimalno mogućeg pretvaranja štetnih emisija u manje štetne. Isto tako postavile su se trajne razine količina ispuštanja štetnih otpadnih tvari u atmosferu, vode i tlo. Ova ograničenja su postavila niz novih uvjeta u preradi nafte i proizvodnji goriva i preko strogih granica karakteristika koje suvremena goriva moraju ispunjavati, utvrdila norme njihove proizvodnje i kvalitete.

Proizvodnja suvremenih naftnih goriva nameće takve koncepcije rafinerijske prerade, kojima je moguće uz pomoć modernih tehnologija, već pri proizvodnji, ukloniti ili pak svesti na minimalnu razinu dobar dio štetnih sastojaka goriva.

Danas se kontinuirano prate bilance emisija u rafinerijama. I to ne samo na osnovi ulaza i izlaza iz rafinerije, nego i prema odredištu ispuštanja, dakle, u atmosferu, tlo i vode. Kako se u rafinerijama odvija kontinuirana proizvodnja, tako su i emisije kontinuirane. Emisije možemo razvrstati na izravne, koje se javljaju tijekom same proizvodnje goriva, i neizravne, koje se javljaju tijekom trošenja goriva.

Ovaj rad obrađuje jednu od mogućih metoda kontrole kvalitete stvarno proizvedenog, danas najšire korištenog benzinskog i dizelskog motornog goriva u rafineriji. Isto tako prikazuje metodu optimizacije, pomoću multiparametarske analize, proizvodnju tih vrsta goriva obzirom na danas postavljene zahtjeve kvalitete.

Tehnikom optimizacije miješanja komponenata goriva u tehnološki moderniziranoj rafineriji utvrdit će se recepture za naftna goriva EURO V kvalitete, i to EUROSUPERA 95 i EURODIZELA, koja je obvezujuća u zemljama Europske Unije iza 1.1.2009. godine.

2. PREGLED ZAGAĐENJA IZ EMISIJE MOTORA VOZILA

Tijekom rada motora vozila, odnosno izgaranjem naftnih goriva, dobiva se određena količina energije koja se koristi za pokretanje vozila i njegovih pomoćnih uređaja. Pored energije koja se oslobodi izgaranjem u motoru, stvara se niz raznih spojeva koji se u formi plinova i krutih čestica ispuštaju u atmosferu iz njegove ispušne cijevi zagađujući okoliš.

Najznačajnije komponente koje se stvaraju tijekom izgaranja goriva i koje se ispuštaju u atmosferu su:

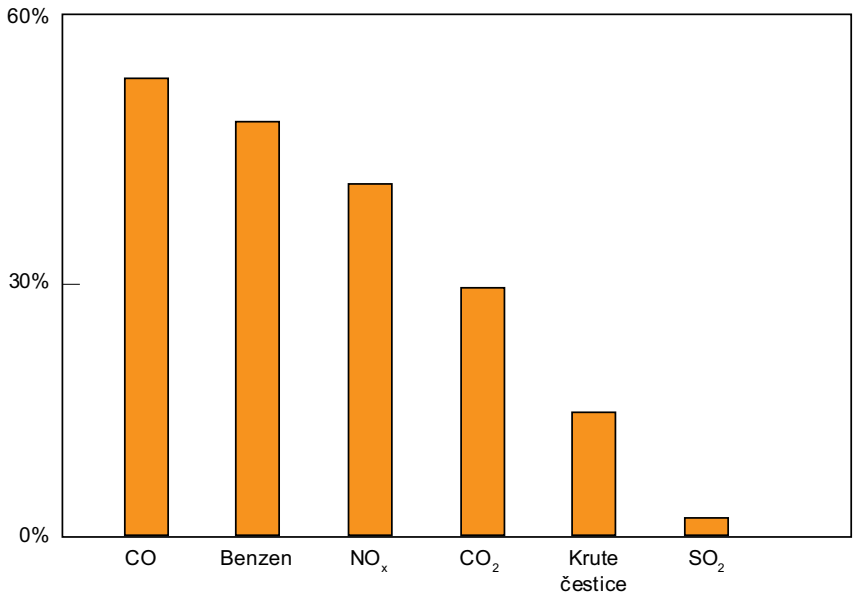
- Ugljični oksidi
- Dušikovi oksidi
- Sumporni oksidi
- Neizgoreni ugljikovodici (posebno aromati)
- Krute čestice
- Vodena para

Svi navedeni produkti izgaranja, osim vodene pare, zagađuju atmosferu u većoj ili manjoj mjeri. Zagađivanje atmosfere ne odvija se samo ispuštanjem dimnih plinova iz ispušnih cijevi motora vozila. Značajan doprinos zagađenju daju i drugi stabilni motori, kao i motori brodova.

U sveukupnom zagađenju okoliša izgaranjem naftnih goriva, udio emisija od rada motora vozila prikazana je dijagramom na Slici 1. [1].

Iz slike je vidljivo da motorna vozila sudjeluju u ukupnim emisijama preko 50% u globalnom zagađenju ugljičnim monoksidom (CO) i benzenom. To je najveći udio zagađenju. Ostale emisije iz motora imaju manji udio u ukupnom zagađenju. Dušikovi oksidi (NO_x) oko 45%, ugljični dioksid (CO_2) oko 30%, krute čestice oko 15% i sumporni dioksid (SO_2) ispod 5%.

Danas najsnažniji trend i najznačajnija ulaganja u zaštiti okoliša imaju kontrola i provedba u smanjenju emisija od izgaranja fosilnih goriva. Pošto industrija motornih vozila zajedno s naftnom industrijom uvelike participira u globalnom onečišćenju, iste industrije posjeduju značajne mogućnosti utjecaja na smanjenje jediničnog zagađenja, a i globalne kontrole i održanja dopustivih emisija.



Slika 1. Udjeli emisija iz motornih vozila u ukupnoj emisiji

Proizvodnjom kvalitetnih automobilskih motora, odnosno kvalitetnih goriva za motorna vozila, mogu značajno pridonijeti razini smanjenja emisija.

Slijedeći sporazume i dogovore na globalnoj razini, industrija motornih vozila zajedno s naftnom industrijom ušla je u niz ispitivanja rada motora s raznim gorivima u namjeri da se pronađu nove formulacije naftnih goriva te proizvedu takve motore i uređaje za kontrolu i regulaciju izgaranja, kojima će se smanjiti razina i broj ispušnih plinova koji zagađuju okoliš.

Zahtjevi za kontrolom i smanjenjem ispuštanja štetnih tvari tijekom izgaranja u motoru vozila nameću postavljanje određenih kriterija za razvoj standarda i normi. Pri određivanju normi kvalitete goriva, ne ispuštajući nikako iz vida čvrstu povezanost sustava **vozilo** – **emisije** – **gorivo**, potrebno je voditi računa o sljedećim glavnim čimbenicima:

- Mogućnostima proizvodnje goriva (kompromis suvremenih dosega i ograničenja rafinerijskih tehnologija)
- Mogućnostima industrije proizvodnje vozila (kompromis suvremenih dosega i ograničenja industrije vozila i transportnih sredstava u širem smislu)
- Mogućnostima tehnologija za pročišćavanje štetnih emisija iz motora vozila
- Socioekonomskim uvjetima okruženja.

Naftna industrija, odnosno rafinerije kao proizvođači goriva mogu utjecati, prvenstveno, na proizvodnju visokokvalitetnih goriva imajući u vidu komercijalno dostupne tehnologije za proizvodnju takvih goriva s jedne strane i ekonomski potencijal za praktičnu nabavu i korištenje tih tehnologija s druge strane. Pod visoko kvalitetnim gorivima danas podrazumijevamo proizvodnju goriva:

- S malim količinama sumpora
- S malim količinama benzena i aromata
- Specificiranog strukturnog sastava
- Bez olovnih spojeva.

Automobilska industrija može utjecati na proizvodnju:

- Motora s poboljšanim izgaranjem naftnih goriva
- Uređaja za kontrolu i regulaciju štetnih emisija
- Motornih vozila u cjelini koja imaju nisku potrošnju goriva po prijeđenom kilometru.

3. OPIS KARAKTERISTIKA MOTORNIH GORIVA

Poglavlje daje opis karakteristika kvalitete motornih goriva. Ona imaju svoje, normama određene, propisane karakteristike kvalitete, koje se razlikuju za razne vrste goriva, obzirom da svako gorivo posebno mora zadovoljiti svrhom određenu namjenu.

U ovom poglavlju odabrane su i prikazane karakteristike kvalitete za dvije vrste goriva, koja su u najširoj upotrebi, i to:

- Dizelskog goriva EURODIZEL
- Bezolovnog motornog benzina EUROSUPER 95.

3.1 Opis karakteristika dizelskog goriva EURODIZEL

3.1.1 Cetanski broj

Cetanski broj je mjera samozapaljenja goriva prilikom kompresije smjese zraka i dizelskog goriva u stublini motora. Dogovorom je određeno da ugljikovodik n-cetan (heksadekan) ima cetanski broj 100 a ugljikovodik α-metilnaftalan cetanski broj 0. [2]

Povećanje cetanskog broja smanjuje vrijeme dostizanja samozapaljenja pri određenoj brzini motora. Povećanjem cetanskog broja od 50 do 58 smanjuje se vrijeme dostizanja samozapaljenja i do 40%, što je naročito važno kod rada hladnog motora. Povećanjem cetanskog broja smanjuje se NO_x emisija, pogotovo kod nižeg opterećenja motora, do 9%. Isto tako smanjuje se emisija ugljikovodika od 30 do 40% pri određenom opterećenju motora kao i ukupna emisija ugljikovodika i NO_x-a do 26%. [3]

Povećani cetanski broj utječe na smanjenje potrošnje goriva i smanjenje buke tijekom rada motora. Cetanski broj može se izračunati iz cetanskog indeksa (CI) na sljedeći način:

$$\text{Cetanski broj (CB)} = 5{,}28 + 0{,}371\ CI + 0{,}0112\ CI^2 \qquad (1)$$

Cetanski broj u gorivu kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 5165. Najniža vrijednost cetanskog broja prema normi iznosi 51,0.

3.1.2 Cetanski indeks

Cetanski indeks je broj koji se dobije proračunom temeljenom na karakteristikama dizel goriva. Cetanski indeks računa se prema sljedećoj formuli:

$$\text{Cetanski indeks (CI)} = f\,(API^0, STV) \text{ dizelskog goriva} \quad (2)$$

$$CI = 0{,}49083 + 1{,}06577\,X - 0{,}0010552\,X^2 \quad (3)$$

Gdje je:

$$X = 97{,}833\,(\log STV)^2 + 2{,}2088\,API\,(\log STV) + 0{,}01247\,API^2 - 423{,}51\,(\log STV) - 4{,}7808\,API + 419{,}59 \quad (4)$$

STV = srednja temperatura vrenja dizelskog goriva

API^0 = gustoća prema API standardu

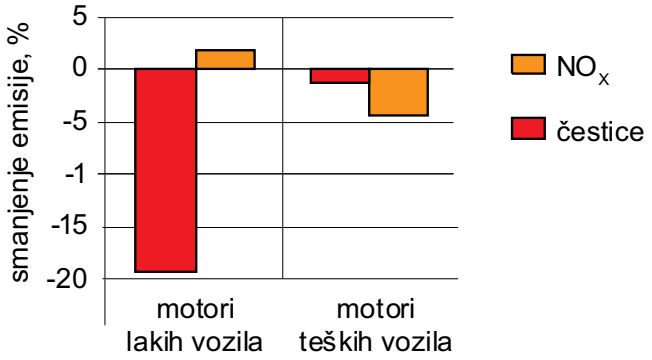
Cetanski indeks je približno jednak cetanskom broju. Oni su jednaki ukoliko gorivo nema aditiva za povećavanje cetanskog broja. Ispitivanja su pokazala motori koji koriste dizelsko gorivo s aditivima povećanim cetanskim brojem imaju veću potrošnju od motora koji koriste prirodne ugljikovodike s istim cetanskim brojem. U praksi se cetanski broj i cetanski indeks moraju držati na bliskim vrijednostima.

Cetanski indeks u gorivu kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 4264 i ASTM D 4737. Najniža vrijednost cetanskog indeksa iznosi 46,0.

3.1.3 Gustoća

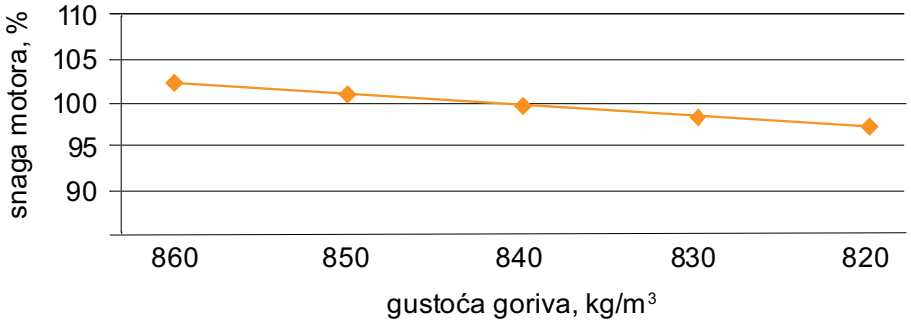
Ubrizgavanje goriva u stublinu motora kontrolira se volumetrijski ili vremenski pomoću naročito konstruiranog ventila. Varijacije gustoće goriva utječu na varijacije izlazne snage motora, emisije i potrošnju goriva. Gustoća ima utjecaj na određivanje vremena uštrcavanja goriva, kao i na konstrukciju opreme za kontrolu uštrcavanja. Sve to skupa utječe na emisije i potrošnju goriva. Kako bi se optimizirao rad motora i emisije, potrebno je držati donju i gornju granicu gustoće što bližima.

Smanjenjem gustoće goriva smanjuje se emisija čestica kod svih dizel motora i NO_x-a kod teških vozila. Na Slici 2. prikazan je dijagram efekta emisije četica i emisije NO_x-a za lake i teške motore uz smanjenje gustoće od 855 kg/m^3 na 828 kg/m^3.



Slika 2. Efekt smanjenja gustoće goriva na emisije

Smanjenje gustoće goriva povećava potrošnju goriva i smanjuje izlaznu snagu. Ispitivanja su pokazala da se smanjenjem gustoće goriva blago smanjuje emisija CO_2. Na Slici 3. prikazan je dijagram promjena izlazne snage motora uz promjenu gustoće goriva.



Slika 3. Efekt smanjenja gustoće na izlaznu snagu motora

Proizvodnja dizel motora bazira se na standardnoj gustoći goriva. Količina ubrizganog goriva u stublinu motora ovisi o gustoći motornog goriva. Količina ubrizganog goriva je veličina koja služi kao osnova za projektiranje sustava praćenja i kontrole izgaranja. [4]

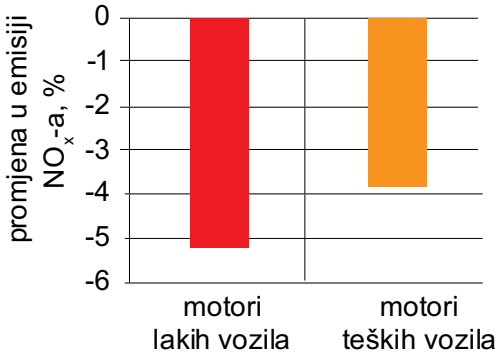
Gustoća goriva kontrolira se kod temperature od 15 ^{0}C, metodama ispitivanja koje su određene normama HRN EN ISO 3675 i HRN EN ISO 12185. Dopuštene granice gustoće EUROSUPERA su:

- Najniža 820 kg/m^3
- Najviša 845 kg/m^3.

3.1.4 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika

Aromati su molekule koje sadrže minimalno jedan benzenski prsten. Sadržaj aromata u dizel gorivu utječe na temperaturu plamena, odnosno na emisiju NO_x-a tijekom izgaranja.

Policiklički aromatski ugljikovodici utječu na stvaranje čestica i na njihovu emisiju iz dizel motora. Veći sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika utječe na veće temperature plamena tijekom izgaranja što povećava emisiju NO_x-a. Ispitivanja su pokazala da se smanjenjem sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika u gorivu od 30% na 10% znatno smanjuje emisija NO_x-a kako je prikazano na Slici 4.



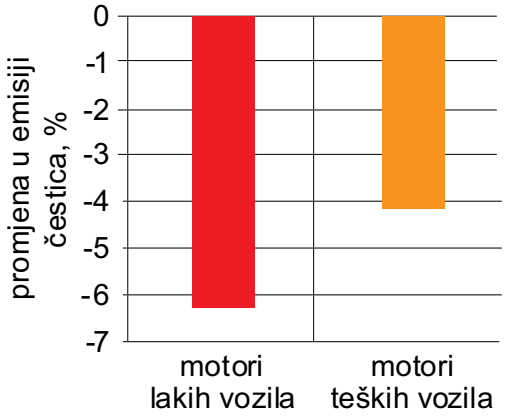
Slika 4. Efekti emisije NOx-a prema smanjenju sadržaja ukupnih policikličkih aromatskih ugljikovodika od 30% na 10%

Slika 4. prikazuje dijagram smanjenja emisije NOx-a preko 5% za laka vozila i skoro 4% za teška vozila.

Ispitivanja su također pokazala utjecaj policikličkih aromatskih ugljikovodika (di+, tri+) na sadržaj čestica u emisiji, kako je prikazano na Slici 5.

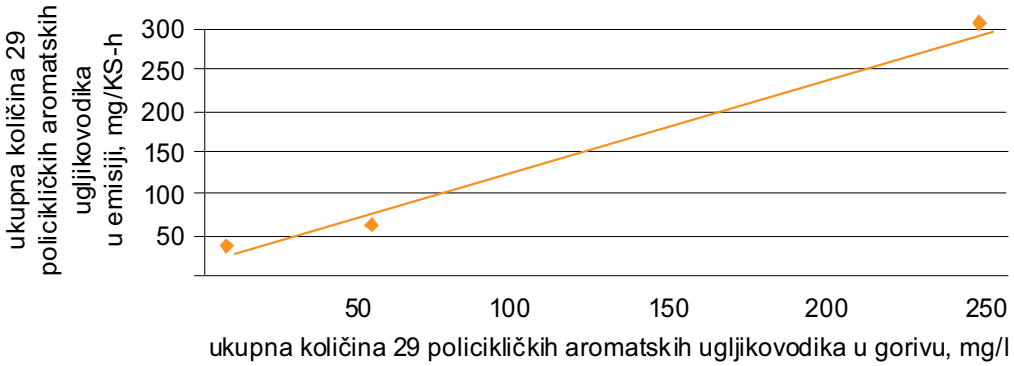
Slika 5. pokazuje dijagram smanjenja emisija čestica preko 6% kod lakih vozila i preko 4% kod teških vozila.

Sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika (tri+) direktno je vezan na emisije policikličkih aromatskih ugljikovodika iz dizel motora. [5]



Slika 5. Efekti emisije čestica prema smanjenju sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika (di+) od 9% na 1%

Na Slici 6. prikazana je dijagram veze emisije i sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika.



Slika 6. Veza emisije policikličkih aromatskih ugljikovodika i sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika u gorivu

Sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN 12916.

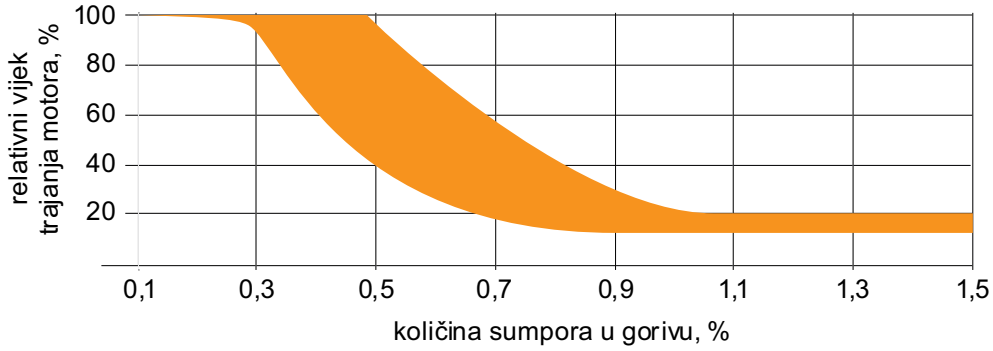
Najviša vrijednost količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u dizelskom gorivu određenih normom iznosi težinski 11%.

3.1.5 Količina ukupnog sumpora

Sumpor se prirodno nalazi u dizelskom gorivu jer je prirodni sastojak nafte. Ukoliko se sumpor ne ukloni tijekom proizvodnje dolazi do zagađenja goriva, odnosno nakon

sagorijevanja u motoru i štetnih emisija u okoliš. Smanjenjem sadržaja sumpora u dizelskom gorivu smanjuje se zagađenje okoliša sumpornim spojevima i česticama.

Povećani sadržaj sumpora u gorivu značajno utječe na vijek trajanja motora. Na Slici 7. prikazan je dijagram utjecaja sadržaja sumpora na vijek trajanja motora.



Slika 7. Utjecaj sadržaja sumpora na vijek trajanja motora

Iz slike je vidljivo da sadržaj od 0,9% sumpora u gorivu smanjuje vijek trajanja motora na svega 20%. [6]

Količina ukupnog sumpora u gorivu se kontrolira metodama ispitivanja koje su određene normama HRN EN ISO 20846 i HRN EN ISO 20884.

Normama HRN EN ISO 20846 dopušta najvišu količinu ukupnog sumpora od 50,0 mg/kg goriva, dok norma HRN EN ISO 20884, koja stupa na snagu od 1. siječnja 2009., 10,0 mg/kg goriva.

3.1.6 Točka paljenja

Točka paljenja goriva predstavlja najnižu temperaturu pri kojoj se može stvoriti upaljiva smjesa goriva i zraka. Točka paljenja povezana je s karakteristikom napona para goriva. Što je napon para goriva veći to je niža točka paljenja. Točka paljenja vrlo je važna i za sigurno rukovanje dizelskim gorivom.

Točka paljenja kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 2719. Najniža temperatura paljenja sukladno normi iznosi 55 ^{0}C.

3.1.7 Količina koksnog ostatka

Količina koksnog ostatka u dizelskom gorivu prikazuje mjeru mogućnosti nakupljanja koksa u motoru tijekom izgaranja.

Količina koksnog ostatka kontrolira se od 10% ostatka destilata dizelskog goriva bez sadržaja aditiva za poboljšanje paljenja metodom koja je određena normom HRN EN ISO 10370. Ukoliko se tijekom ispitivanja dobiju više granične vrijednosti, ispitivanje je potrebno provesti metodom koja je određena normom HRN EN ISO 13759. Najveća količina koksnog ostatka sukladna normi iznosi težinski 0,30%.

3.1.8 Količina pepela

Gorivo i aditivi za mazivost stvaraju pepeo koji može izazvati stvaranje koksa na mlaznicama ubrizgavača. To može značajno utjecati na trajanje filtra čestica. Metale nalazimo u gorivu kao nusprodukte proizvodnje goriva ili dolaze u sastavu raznih aditiva.

Metali koji se nalaze u pepelu ne izgaraju pa se stvaraju čestice koje se eliminiraju filtrima iz emisije motora. Filtri povećavaju pad tlaka ispušnih plinova što, smanjuje efikasnost motora.

Najbolje je rješenje ukloniti što više metala iz goriva tijekom proizvodnje. Smjese koje uvjetuju stvaranje pepela pojavljuju se u gorivu u četiri oblika:

- Abrazivne krute čestice, poput suspendiranih krutih čestica i organometalne smjese koje pospješuju stvaranje naslaga i trošenja sustava za ubrizgavanje goriva
- Topivi metalni sapuni koji imaju male efekte na trošenje i stvaranje naslaga u motoru
- Topivi metali koji dolaze u gorivo tijekom namješavanja biodizela iz kojeg tijekom proizvodnje nisu odstranjeni metali
- Metali koji dospiju u gorivu putem vode u kojoj se nalaze.[7]

Količina pepela u gorivu kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 6245. Najveća količina pepela određena normom iznosi težinski 0,01%.

3.1.9 Količina vode

Pojava vode u dizelskom gorivu ima negativan utjecaj na kvalitetu goriva. Pojava vode u gorivu ukazuje na loše rukovanje gorivom. Određene količine vode u dizelskom gorivu mogu prouzročiti pojavu i rast mikroba, što može utjecati na začepljenje filtara goriva, a time i loš ili nikakav dovod goriva do motora. Pojava vode u gorivu utječe jače na koroziju sustava za dovod goriva u motor i loš rad motora.

Količina vode u dizelskom gorivu kontrolira se metodama ispitivanja koje su određene normama HRN EN ISO 12937 i HRN ISO 6296. Najveća dopuštena količina vode određena normama iznosi 200 mg/kg dizelskog goriva.

3.1.10 Količina sedimenta

Sedimenti u gorivu imaju negativan utjecaj na kvalitetu dizelskog goriva. Sedimenti u gorivu začepljuju filtarske elemente što može dovesti do lošeg dotoka goriva do motora, a time i lošeg rada motora. Sedimenti u gorivu ukazuju na loše rukovanje gorivom i povećanu razinu nečistoća u spremnicima goriva.

Količina sedimenta u dizelskom gorivu kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN 12662. Najveća dopuštena količina sedimenata određena normom iznosi 24 mg/kg dizelskog goriva.

3.2.11 Korozivnost na bakru

Ispitivanjem korozivnosti na standardnoj epruveti pomoću standardizirane pločice bakra utvrđuje se moguća korozija u sustavu dobave motornog goriva, izrađenom od bakra, mjedi ili bronce te samog motora. Granična vrijednost ispitivanja korozivnosti zahtijeva da u epruvetu s gorivom, uronjena bakrena pločica ne tamni pri uvjetima testiranja.

Korozivnost na bakru određena je normom HRN EN ISO 2160. Najveći dopušteni stupanj korozivnosti prema normi odgovara razredu 1.

3.1.12 Oksidacijska stabilnost

Procesom oksidacije u samom dizelskom gorivu stvara se određena količina ljepljivih i netopivih čestica koje se mogu izdvojiti filtriranjem. Ove čestice negativno utječu na rad motora jer se talože u filtrima i u sustavu dobave goriva. Ispitivanjem oksidacijske stabilnosti

utvrđuje se osnova za procjenu stabilnosti stvaranja ljepljivih i netopivih čestica dizelskog goriva prilikom skladištenja te stajanja u rezervoaru motora vozila.

Oksidacijska stabilnost kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 12205. Najviša dopuštena vrijednost oksidacijske stabilnosti prema normi iznosi 25 g/m^3 dizelskog goriva.

3.1.13 Mazivost

Komponente dizel goriva koje pospješuju mazivost uglavnom su teži ugljikovodici i smjese za dizelsko gorivo za polarne uvjete. Pumpe za ubrizgavanje dizel goriva obično su bez vanjskog sustava podmazivanja, stoga ovise o mazivim karakteristikama dizel goriva kako bi se osigurao njihov normalan rad.

Smanjenjem količine sumpora u dizelskom gorivu smanjuje se i prirodna mazivost goriva, a time i mogućnost neadekvatnog podmazivanja sustava za ubrizgavanje goriva. Radi toga dodaju se aditivi koji održavaju mazivost dizel goriva na zahtijevanoj razini.

Neodgovarajuća mazivost goriva može izazvati ubrzano trošenje dijelova pumpi za dobavu i ubrizgavanje goriva te posljedično tome povećane emisije.[8]

Karakteristika mazivosti kontrolira se pri temperaturi od 60 ^{0}C, metodom ispitivanja koja je određena normom HRN ISO 12156-1. Najviša vrijednost mazivosti prema normi iznosi 460 μm.

3.1.14 Kinematička viskoznost

Kinematička viskoznost utječe na dobavu goriva u motor i njegovo vrijeme uštrcavanja. Viša viskoznost goriva može smanjiti protok što rezultira nedovoljnom dobavom i nedovoljnom količinom goriva koju treba ubrizgati u stublinu motora. Vrlo visoka viskoznost može prouzročiti oštećenje pumpe ubrizgavača motora. Niska viskoznost može prouzročiti propuštanje između elemenata pumpe. Niska viskoznost i visoka temperatura mogu pak prouzročiti potpuno propuštanje elemenata pumpe. Pošto viskoznost ovisi o temperaturi okoliša, vrlo važno je držati minimalni raspon između minimalne i maksimalne granice vrijednosti. Na taj se način omogućava optimizacija rada motora. [9]

Karakteristika kinematičke viskoznosti kontrolira se pri temperaturi od 40 ^{0}C, metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 3104. Vrijednosti kinematičke viskoznosti prema normi su:

- Najniža 2,00 mm^2/s
- Najviša 4,50 mm^2/s.

3.1.15 Standardna ASTM destilacija

Krivulja standardne ASTM destilacije dizelskog goriva prikazuje količinu goriva koja vrije na određenim temperaturama. Krivulja se može podijeliti na tri dijela:

- Lagani kraj, koji je važan za pokretanje motora
- Zona oko temperature za 50% isparenog, što se vezuje za karakteristike goriva kao što su viskoznost i gustoća
- Teški kraj, koji je označen točkama T90 (90% isparenog), T95 (95% isparenog) i krajnjom točkom vrenja.

Teški kraj najviše se proučava radi utjecaja na emisije iz motora. Ispitivanja su pokazala da motori koji koriste goriva s većom količinom ugljikovodika iz dijela teškog kraja krivulje destilacije imaju povećane emisije čađe, dima i krutih čestica.

Ispitivanja pri smanjenju T95 od 375 na 320 ^{0}C kod teških dizel motora nemaju značajniji utjecaj na emisije. Međutim, ista ispitivanja motora pokazuju, pri nižim temperaturama T95, trend smanjenja emisije NO_x-a i povećanja emisije ugljikovodika iz motora.

Kod istih ispitivanja s lakim motorima za isto smanjenje T95 emisija, čestica se smanjila za 7%, ali se povećala emisija NO_x-a za 4,6% iz motora. [10]

Karakteristike standardne ASTM destilacije ispituju se prema normi HRN EN ISO 3405.

Normom je određena količina predestiliranog goriva za određene temperature i najviša temperatura kod 95% predestiliranog goriva. U Tablici 1. prikazane su granične vrijednosti standardne ASTM destilacije dizelskog goriva.

Tablica 1. Granične vrijednosti standardne ASTM destilacije dizelskog goriva

Destilacija	Jedinice		Granične vrijednosti
Predestilirano do 250 ^{0}C	% v/v	Manje od	65
Predestilirano do 350 ^{0}C	% v/v	Najmanje	85
Predestilirano 95% v/v	^{0}C	Najviše	360

3.1.16 Točka filtrabilnosti

Dizel gorivo može imati visok sadržaj, čak do 20%, parafinskih ugljikovodika koji imaju ograničenu mogućnost otapanja u gorivu. Ukoliko se gorivo dovoljno ohladi, može doći do izlučivanja voska. Prema tome, protočnost goriva pri niskim temperaturama predstavlja najvažniju karakteristiku kvalitete dizelskog goriva.

Protok pri niskim temperaturama određuju u prvom redu sljedeće karakteristike goriva:

- Raspon destilacije goriva, početak i kraj ASTM destilacije i zapaljivost
- Sastav ugljikovodika; sadržaj parafina, naftena i aromata
- Upotreba aditiva za poboljšanje protoka pri niskim temperaturama.

Točka filtrabilnosti označava najnižu temperaturu kod koje gorivo prolazi kroz filtar pri standardiziranom testu filtracije. Test filtrabilnosti (Cold Filter Plugging Point) razvijen je temeljem podataka upotrebe vozila i pokazuje prihvatljivu vezu goriva i vozila na tržištu. Točku filtrabilnosti se može mijenjati dodavanjem posebnih aditiva. [11]

Točka filtrabilnosti kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN 116. Određena je točka filtrabilnosti za dizelsko gorivo za sva godišnja doba. Prikaz vrijednosti temperatura točaka filtrabilnosti prikazan je u Tablici 2.

Tablica 2. Prikaz vrijednosti temperatura točaka filtrabilnosti (CFPP)

Točka filtrabilnosti (CFPP)	Jedinice		Granične vrijednosti
Od 16. 4. do 30. 9.	^{0}C	Najviše	0
Od 1. 10. do 15. 11. i od 1. 3. do 15. 4.	^{0}C	Najviše	-10
Od 16. 11. do 29. 2.	^{0}C	Najviše	-15

3.2.17 Točka zamućenja

Točka zamućenja predstavlja temperaturu pri kojoj najteži parafini započinju kristalizirati u kristale voska pa tako gorivo izgleda zamućeno. [12]

Točka zamućenja obično predstavlja temperaturu od oko 10 ^{0}C višu od točke filtrabilnosti. Točka zamućenja kontrolira se metodama ispitivanja koja su određena normama HRN EN 23015 i ASTM D2500.

3.1 Opis karakteristika motornog benzina EUROSUPER 95

3.2.1 Oktanski broj

Oktanski broj je mjera otpornosti benzina samozapaljenju i jednoličnosti koncentričnog širenja fronte plamena u stublini motora. Prerano ili prekasno zapaljenje kao i nekoncentrično širenje fronte plamena može izazvati lupanje u stublini motora.

Radi određivanja karaktera benzinskih goriva dogovorom je određeno da oktanski broj 100 ima ugljikovodik izooktan, dok oktanski broj 0 n-heptan. Oktanski broj 100 pokazuje vrlo veliku otpornost benzinskog goriva samozapaljenju. Vrijednost 0 predstavlja gotovo nikakvu otpornost samozapaljenju.

Postoje dvije metode mjerenja oktanskog broja benzina kojima određuje:

- Istraživački oktanski broj (IOB)
- Motorni oktanski broj (MOB).

IOB vrijednosti obično su više od MOB vrijednosti. Razlika vrijednosti ovih dviju karakteristika predstavlja osjetljivost koja ne bi smjela prelaziti 10 oktanskih jedinica.[13]

Industrija vozila, za svoje motore vozila, projektira i kalibrira točno određene vrijednosti oktanskog broja. Ukoliko se upotrebljava benzin manjeg oktanskog broja od propisanog, može doći do lupanja u motoru što može izazvati velike štete. Neki su motori, opremljeni sa senzorima kojima se može regulirati kasnije iskrenje svjećice i tako spriječiti lupanje u stublini motora. Pri takvim uvjetima motori postižu loše radne efekte. Ukoliko se koristi benzin većeg oktanskog broja od propisanog, moguća koncentričnost širenja fronte plamena

bit će pravilnija i jednoličnija, međutim to ne znači da će motor nužno davati bolje radne efekte. [14]

Istraživački oktanski broj, određuje se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 5164, koja se zasniva na mjerenju intenziteta lupanja, tj. pravilnosti vremena inicijalnog samozapaljenja goriva i jednoličnosti širenja fronte plamena.

Minimalni zahtjev za istraživački oktanski broj po metodi iz norme HRN EN ISO 5164 je 95.

Oktanski broj po motornoj metodi određuje se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 5163, koja se zasniva na mjerenju efektivnosti motora vozila tijekom realne vožnje na cesti. Minimalni oktanski broj po motornoj metodi prema navedenoj normi je 85.

3.2.2 Količina olova

Olovo može doći u gorivo s naftom. [15] Isto tako može doći i s aditivima na bazi olovnih spojeva (olovni tetraetil) koji se dodaju gorivu radi podizanja oktanskog broja. Obzirom da su emisije olova iz ispušnih plinova jako su štetne, potpuno je zabranjena upotreba olovnih spojeva za povećanje oktanskog broja. Danas su dozvoljeni samo tragovi olova u motornom benzinu. Dozvoljena količina olova utvrđuje se metodama ispitivanja koje su određene normama: HRN EN 237 i HRN EN 13723. Najviša dopuštena količina prirodnog olova u motornom benzinu je 5 mg/l.

3.2.3 Gustoća

Mjerenje gustoće motornog benzina određeno je istim normama kao i za dizelsko gorivo. Vidi točku 3.1.3. Dopuštene granice gustoće motornog benzina EUROSUPER 95 su:

- Najniža 720 kg/m^3
- Najviša 775 kg/m^3.

3.2.4 Količina ukupnog sumpora

Količina ukupnog sumpora u motornom benzinu određena je istim normama kao i za količinu ukupnog sumpora u dizelskom gorivu. Sve što je navedeno u točki 3.1.5 vrijedi i za motorni benzin.

3.2.5 Oksidacijska stabilnost

Karakteristika oksidacijske stabilnosti motornog benzina ukazuje koliko brzo molekule ugljikovodika, posebno nezasićene poput olefina, u dodiru s kisikom započinju lančanu oksidacijsku reakciju. Ove reakcije stvaraju ljepljive smole u gorivu i u sustavu dovoda goriva do motora, što stvara dimne ispušne plinove. Ova pojava utječe i na onečišćenje senzora ispušnih plinova motora. [16]

Oksidacijska stabilnost goriva kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom, HRN EN ISO 7536. Norma dopušta najnižu oksidacijsku stabilnost od 360 minuta.

3.2.6 Količina postojeće smole

Oksidacijom ugljikovodika u motornom benzinu stvaraju se smole koje se često talože na usisnim ventilima motora. Veće koncentracije smole u gorivu obično ukazuju na loše rukovanje gorivom nakon izlaska iz rafinerije.

Količina postojeće smole u gorivu ograničena je i kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN ISO 6246. Norma propisuje najveću dopuštenu količinu smola od 5 mg/100 ml motornog benzina.

3.2.7 Korozivnost na bakru

Definicija korozivnosti na bakru za motorni benzin ista je kao i za dizelsko gorivo kako je opisana u točki 3.1.11.

3.2.8 Izgled

Izgled motornog benzina mora biti bistar i proziran. Izgled benzina kontrolira se vizualnom metodom ispitivanja. Podatak o izgledu motornog benzina unosi se u uvjerenja o kvaliteti prilikom komercijalne isporuke proizvođača.

3.2.9 Oksigenati

Oksigenati su organski spojevi poput MtBE-a (Metil terc Butil Eter) i etanola koji se često dodaju motornom benzinu radi povećanja oktanskog broja ili kao zamjena za benzin ukoliko ne posjeduje dovoljnu oktansku vrijednost. Dodavanje oksigenata također utječe na emisije iz motora vozila kao i na njegov rad i trajnost. [17]

Dodavanjem oksigenata benzinu smanjuje se potreba za bogatom smjesom zraka i benzina tijekom izgaranja, što uvjetuje manju emisiju ugljičnog monoksida (CO). Pod oksigenatima smatraju se spojevi koji sadrže kisik i to su:

- Metanol
- Etanol
- Izo-propilni alkohol
- Terc-butilni alkohol
- Eteri s pet i više atoma ugljika poput MtBE, etil terc butil eter (EtBE), terc amil eter (TAME)
- Ostali monoalkoholi i eteri s krajem vrenja ne višim od 210 ^{0}C.

Količina oksigenata utvrđuje se metodama ispitivanja koje su određene normama HRN EN 1601, HRN EN 13132 i ASTN D 4815. Norme dopuštaju toliko najveću količinu oksigenata u motornom benzinu kojom se neće prekoračiti količina kisika u benzinu od 2,7% težinski.

Granične vrijednosti količine oksigenata u motornom benzinu prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Granične vrijednosti količine oksigenata u motornom benzinu

	Jedinice		Granična vrijednost
Količina kisika	% m/m	najviše	2,7
Količina oksigenata			
Metanol	% v/v	najviše	3,0
Etanol	% v/v	najviše	5,0
Izo-propilni alkohol	% v/v	najviše	10,0
Terc-butilni alkohol	% v/v	najviše	7,0
Izo-butilni alkohol	% v/v	najviše	10,0
Eteri s 5 ili više C-atoma	% v/v	najviše	15,0
Drugi oksigenati *	% v/v	najviše	10,0
* Ostali monoalkoholi i eteri s krajem vrenja ne višim od 210 ^{0}C.			

3.2.10 Olefini

Olefini su nezasićeni ugljikovodici i u većini slučajeva su dobre i poželjne komponente za povećavanje oktanskog broja benzina, ali do mjere dopuštenog utjecaja na oksidacijsku stabilnost i stvaranje smola, propisanim prethodnim normama. Olefini pogoduju stvaranju naslaga gume u usisima motora, a isto tako njihovim isparivanjem u atmosferu formiraju se spojevi koji povećavaju mogućnost stvaranja ozona i otrovne smjese ugljikovodika u zraku.

Ispitivanja su pokazala da se smanjenjem ukupne količine olefina u benzinu od 20% na 5% značajno smanjuje mogućnost stvaranja ozona. Za ilustraciju u tri kritična američka grada:

- Los Angelesu mogućnost stvaranja ozona smanjena je za 20%
- Dallas-Fort Worthu mogućnost stvaranja ozona smanjena je za 26%
- New Yorku mogućnost stvaranja ozona smanjena je za 29%. [18]

Količina olefina u motornom benzinu kontrolira se metodama ispitivanja koje su određene sljedećim normama: ASTM D 1319 i HRN EN 14517. Norme propisuju najveću dopuštenu količinu olefina od 18,0% volumnih, i to samo ako motorni benzin nema oksigenata.

3.2.11 Aromati

Aromati su visokoenergetske komponente u gorivu koje povećavaju oktanski broj. Povećan sadržaj aromata u gorivu može prouzročiti stvaranje naslaga u stublini motora te povećati emisije uključujući CO_2 i NO_x.

Obzirom da je teško ograničiti sadržaj pojedinih molekula u gorivu krajnjom temperaturom vrenja benzina, praktički se, posredno smanjuje sadržaj teških aromata smanjivanjem krajnje točke vrenja prema ASTM destilaciji.

Smanjenjem razine sadržaja aromata značajno se smanjuje sadržaj benzena u ispušnim plinovima. Pored toga značajno se smanjuje emisija otrovnih spojeva i emisija CO_2.

Ispitivanja su pokazala da se smanjenjem aromata u gorivu s 45% na 20% smanjuje u ispušnim plinovima sadržaj:

- Benzena od 7,5% na 5,5%
- Otrovnih plinova uključujući i benzen za 28%
- CO_2 za 5%. [19]

Količina aromata u gorivu kontrolira se metodama ispitivanja koje su određene sljedećim normama: ASTM D 1319 i HRN EN 14517. Norme propisuju najveću dopuštenu količinu aromata u iznosu od 35% volumno ako motorni benzin nema oksigenata.

3.2.12 Benzen

Benzen je ugljikovodik koji se nalazi prirodno u nafti. To je spoj koji podiže oktanski broj goriva i jako je kancerogen.

Smanjenjem sadržaja benzena u gorivu smanjuje se i emisija benzena kroz ispušne plinove. Svi novi propisi o kvaliteti goriva ograničavaju sadržaj benzena kako bi se smanjilo izlaganje njegovim kancerogenim svojstvima. Daljnji razvitak normi predviđa smanjenje sadržaja benzena u gorivima. [20]

Količina benzena u gorivu kontrolira se metodama ispitivanja koje su određene sljedećim normama: HRN EN 12177, HRN EN 238 i HRN EN 14517. Norme propisuju najveću dopuštenu količinu benzena od 1,00% volumno.

3.2.13 Zapaljivost

Svojstvo zapaljivosti važna je osobina goriva vezana za motore kojima se goriva smjesa pali iskrom. Zapaljivost je direktno vezana za sam rad motora kao i za emisije. Zapaljivost se određuje dvjema značajkama:

- Područjem vrenja prema ASTM destilaciji i
- Tlakom para motornog benzina. [21]

3.2.14 Standardna ASTM destilacija

Standardna ASTM destilacija za motorne benzine određena je istim normama kao i za dizelska goriva, vidi točku 3.1.15. Za motorne benzine ona označava količinu predestiliranog benzina kod određene temperature. Za motorne benzine promatra se volumni postotak predestiliranog benzina.

Norma određuje granične vrijednosti postotka predestiliranog benzina za razne temperature za ljeto i zimu te za prijelazno razdoblje. U Tablici 4. prikazane su granične vrijednosti postotka predestiliranog benzina. Mjeseci travanj i listopad su prijelazna razdoblja tijekom kojih treba računati s postojanjem goriva miješane zimske i ljetne kvalitete, pri čemu se ne smije

prekoračiti donja granična vrijednost za ljetnu kvalitetu goriva kao ni gornja granična vrijednost za zimsku kvalitetu goriva.

Tablica 4. Granične vrijednosti postotka predestiliranog benzina

Destilacija	Jedinice	Najmanje	Najviše
Postotak predestiliranog do 70 ^{0}C	% v/v		
Ljeti		20,0	48,0
Zimi		22,0	50,0
Postotak predestiliranog do 100 ^{0}C	% v/v		
Ljeti		46,0	71,0
Zimi		46,0	71,0
Postotak predestiliranog do 150 ^{0}C	% v/v	75,0	
Kraj	^{0}C		210
Ostatak	% v/v		2

3.2.15 Tlak para

Tlak para u benzinu kontrolira se tijekom sezone kako bi se podesilo prema potrebama motora vozila koji rade na različitim temperaturama okoline. Tlak para posebno se kontrolira pri visokim temperaturama okoliša kako bi se smanjila mogućnost opasnosti pri rukovanju benzinom stvaranjem plinskih jastuka u sustavu goriva, odnosno povećanjem tlaka u spremnicima. Kontrola tlaka para pri visokim temperaturama okoliša važna je radi smanjenja emisija uslijed isparavanja goriva. Pri nižim temperaturama napon para treba biti veći radi lakšeg pokretanja motora i boljeg rada tijekom zagrijavanja motora. [22]

Tlak para je određen za sezone koje su iste kao i za standardnu ASTM destilaciju. Tlak para goriva kontrolira se metodom ispitivanja koja je određena normom HRN EN 13016-1. Norma određuje granične vrijednosti tlaka para motornog benzina za ljetno i zimsko razdoblje kako je prikazano u Tablici 5.

Tablica 5. Granične vrijednosti tlaka para motornog benzina

Tlak para	Jedinica	Najmanje	Najviše
Ljeti	kPa	45,0	60,0
Zimi	kPa	60,0	90,0

3.2.16 Indeks isparivosti

Indeks isparivosti određuje se računski za benzine sljedećom formulom:

$$VLI = 10\ VP + 7\ E70 \text{ gdje je:} \quad (5)$$

VLI indeks isparivosti

E70 predestiliranoga benzina do 70 ^{0}C, % volumni

VP tlak para, kPa

Indeks isparivosti određen je za benzin za prijelazno razdoblje i iznosi najviše 1150.

4. ANALIZA NORMI KVALITETE NAFTNIH GORIVA

Cilj ovog poglavlja je analizirati zahtjeve Europskih normi i preporuka u pogledu postojećih ali i mogućih najavljenih normi za naftna goriva.

4.1 Kratki prikaz razvitka europskih normi kvalitete goriva

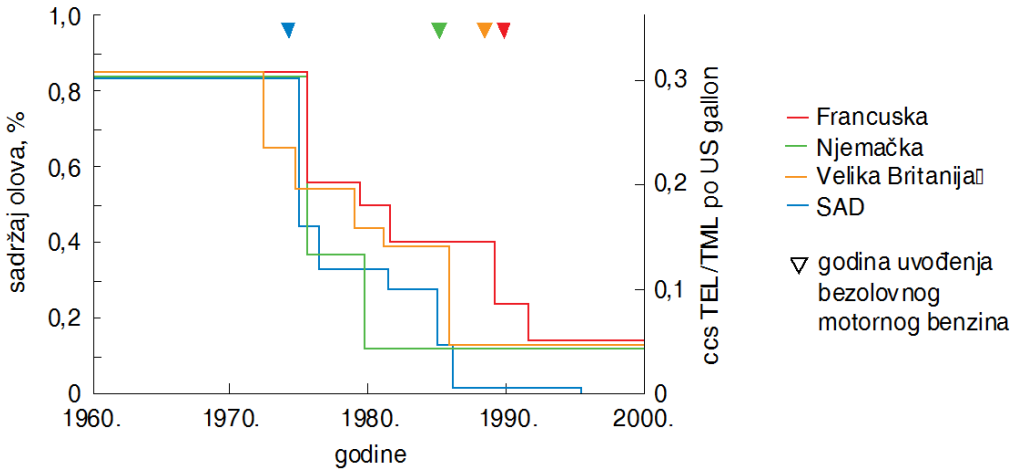
Prva istraživanja utjecaja kvalitete goriva na emisije iz motora vozila započeta su u kasnim 70-im prošlog stoljeća. Brojna provedena ispitivanja i analize omogućila su detaljna sagledavanja utjecaja kvalitete goriva na sadržaj i količine emisija ispušnih plinova motora vozila. Analize su pokazale i mogućnosti ograničenja emisija štetnih plinova povećanjem kvalitete goriva. Od tada do današnjih dana učinjen je velik napredak u smanjivanju štetnih emisija.

4.2 Kvaliteta goriva i emisije

Prva istraživanja kvalitete goriva povezana s emisijama bila su usmjerena na smanjenje sadržaja olova u benzinu i određivanju optimalnog oktanskog broja za bezolovni benzin. Kad su započela istraživanja, maksimalni dozvoljeni sadržaj olova u benzinu bio je 0,84 g/l. Saznanja o štetnosti zagađivanja zraka olovom potakla su proizvođače motornih vozila i proizvođače goriva da pronađu odgovarajuća rješenja, razvojem novih tehnologija kontrole ispušnih plinova i neutralizacije štetnih emisija.

S druge strane, proizvođači goriva morali su razviti nove tehnologije proizvodnje benzina s višim "prirodnim" oktanskim brojem. Pojavom motora s katalizatorom za smanjenje štetnih emisija iz motora počela je era smanjivanja sadržaja olova u benzinu i njegova potpuna eliminacija u Europskoj uniji 2000 godine.

Na Slici 8. dijagramom dan je prikaz smanjenja sadržaja olova u motornom benzinu u periodu od 1960. do 2000. godine u Francuskoj, Njemačkoj, Velikoj Britaniji i Sjedinjenim Američkim Državama s oznakom godine uvođenja bezolovnog benzina. [23]



Slika 8. Prikaz smanjenja sadržaja olova u benzinu

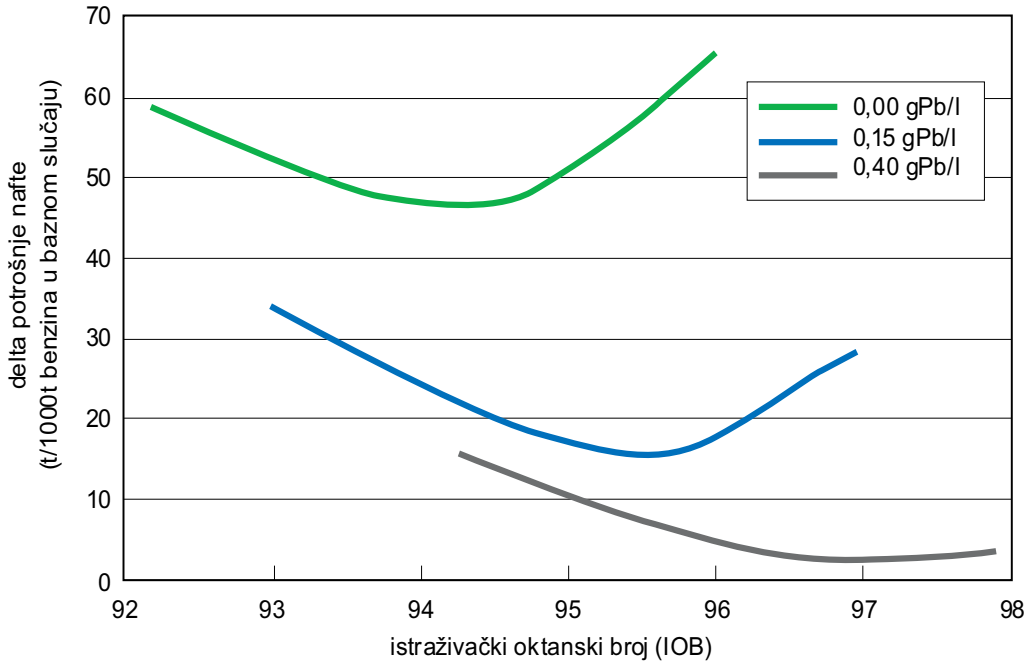
Dijagram pokazuje da se bezolovni benzin pojavio na tržištu:

- Sjedinjenih Američkih Država sredinom 1970-ih
- Njemačke sredinom 1980-ih
- Velike Britanije i Francuske 1990-e.

U težnji da se odredi i standardizira optimalan oktanski broj bezolovnog motornog benzina, nizom obavljenih ispitivanja i temeljem toga izrađenih studija u Europskoj uniji odabran je bezolovni benzin s ispitnim oktanskim brojem 95 IOB kao glavno benzinsko gorivo radi najmanjeg utroška energije. Slika 9. prikazuje krivulje optimalne razine oktanskog broja benzina i korištene energije, odnosno razlika u potrošnji nafte u tonama na 1000 tona benzina u baznom slučaju. [24]

Krivulje pokazuju najmanju potrošnju energije za proizvodnju olovnog benzina sa sadržajem od 0,4 g Pb/l kod optimalnog oktanskog broja IOB od 97 do 98, delta potrošnje nafte iznosi oko 3 t/1000 t benzina. Pri sadržaju od 0,15 gPb/l kod optimalnog oktanskog broja IOB 96, delta potrošnje nafte povećava se na 16 t/1000 t benzina u baznom slučaju.

Pri proizvodnji benzina s 0,0 gPb/l kod optimalnog oktanskog broja IOB 95, delta potrošnje nafte povećava se na 48 t/1000 t benzina u baznom slučaju.



Slika 9. Optimalna razina IOB / korištenje energije

U 90-im godinama prošlog stoljeća postalo je potpuno jasno da goriva i vozila treba promatrati kao jedan sustav, a ne odvojeno, i tako naglasiti odnos između tehnologije motora vozila, goriva i emisija. Europski program za goriva, motore i emisije (*European Programme on Fuels, Engines and Emissions*) izvršio je niz analiza emisija vozila kako s benzinskim, tako i s dizelskim gorivom uzimajući u obzir i ekonomske učinke. Temeljem ispitivanja i analiza došlo se do zaključka o smanjenju količine sumpora u gorivima, povezujući ih s naprednim tehnologijama pročišćavanja ispušnih plinova motora.

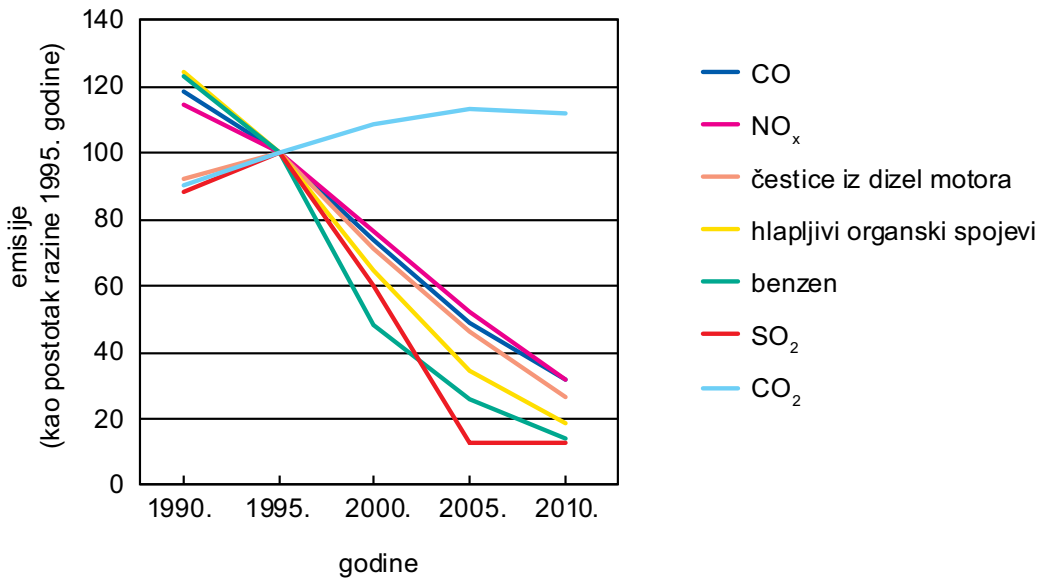
U to doba detaljnije se analizira utjecaj emisije CO_2 vezano za klimatske promjene. Analizira se također i utjecaj smanjenja emisije CO_2 iz goriva poboljšanih karakteristika nasuprot povećanja troškova i emisija CO_2 iz rafinerijskih postrojenja.

Značajan napredak očit je i u ograničavanju emisija drugih polutanata za motore vozila. Na tom su planu također postignuta velika smanjenja. Slika 10. prikazuje značajan postotak smanjenja kontroliranih emisija sljedećih polutanata:

- CO
- NO_x

- Čestice iz dizel motora
- Hlapivi organski spojevi (HOS)
- Benzen
- SO_2
- CO_2

za benzinske i dizel motore u periodu 1990. – 2010., uzevši u obzir 1995. godinu kao baznu. Iz prikazanog dijagrama vidljivo je značajno smanjenje gotovo svih štetnih polutanata. Jedino se razina ispuštanja CO_2 povećala i to radi potpunijeg izgaranja goriva. [25]



Slika 10. Trend smanjenja kontroliranih emisija u periodu 1990 – 2010

Promatranjem zadanih trendova u smanjenju reguliranih emisija iz motora vozila u Europskoj uniji od 1995. godine kao bazne do 2010. godine mogu se zaključiti sljedeći postotci smanjenja, i to za:

- CO i NO_x za > 60%
- Čestice iz dizel motora za > 60%
- Benzen za > 90%
- SO_2 za > 90%.

U Tablici 6. prikazan je utjecaj promjene u kvaliteti benzina na emisije. Ispitivanja su pokazala utjecaj smanjenja sadržaja nekih komponenti benzina te podešavanje hlapljivosti i dodavanje oksigenata različito utječu na regulirane i neregulirane emisije.

Tablica 6. Utjecaj promjene u kvaliteti benzina na emisije

Promjene u kvaliteti benzina	Emisije					
	Regulirane			Neregulirane		
Smanjenje:	CO, %	HC, %	NO_x, %	Benzen, %	Butadien, %	Aldehidi, %
• benzena	± 2	± 2	± 2	10-20	± 2	± 2
• aromata	10-20	10-20	-2-(-10)	>20	>20	>20
• olefina	± 2	± 2	± 2	± 2	10-20	± 2
• sumpora	2-10	2-10	2-10	± 2	± 2	± 2
• napona para	± 2	± 2 / 2-10	± 2	± 2	± 2	± 2
Podešavanje hlapivosti	2-10	>20	2-10	10-20	?	?
Dodavanje oksigenata	10-20	2-10	± 2	± 2	± 2	10-20

Djelotvornost: Poboljšanje
Pogoršanje
Neutralno
? - upitan utjecaj

Poboljšanja su najveća pri smanjenju sadržaja aromata, smanjuje se emisija CO i ugljikovodika za 10 do 20%, kod reguliranih emisija, odnosno benzena za više od 20%, dok se povećava neregulirana emisija butadiena i aldehida za 10 do 20%.

Podešavanjem hlapljivosti smanjuju se regulirane emisije ugljikovodika za više od 20%.

U Tablici 7. prikazan je utjecaj promjene u kvaliteti dizela na emisije. Ispitivanja su pokazala da najveći utjecaj na smanjenje emisija ima povećanje cetanskog broja i to kod emisije CO i ugljikovodika za više od 20%.

Potrebno je istaknuti da se proizvodnjom "čistih" goriva znatno povećava emisija ugljičnog dioksida iz rafinerija. Proizvodnjom goriva sa sadržajem sumpora od 50 mg/kg povećava se emisija ugljičnog dioksida za oko 6%. Za daljnje smanjenje sadržaja sumpora na 10 mg/kg emisija ugljičnog dioksida povećava se za dodatnih 4,5%. [26]

Tablica 7. Utjecaj promjene u kvaliteti dizela na emisije

Promjene u kvaliteti dizela	Emisije							
	CO, %		HC, %		NO_x, %		Čestice, %	
Smanjenje:	LDV	HDV	LDV	HDV	LDV	HDV	LDV	HDV
• sumpora	± 2	± 2	± 2	± 2	?	?	2-10	2-10
• gustoće	10-20	2-10	10-20	10-20	± 2	2-10	10-20	± 2
• policikličkih aromatskih ugljikovodika	2-10	± 2	2-10	2-10	2-10	± 2	2-10	2-10
• destilacije (T95)	± 2	2-10	2-10	10-20	2-10	± 2	2-10	± 2
Povečanje cetanskog broja	>20	10-20	>20	2-10	± 2	± 2	2-10	± 2

Djelotvornost: Poboljšanje
Pogoršanje
Neutralno
? - upitan utjecaj
LDV - laka dostavna vozila
HDV - teška dostavna vozila

4.3 Pregled normi emisija i kvalitete goriva

U cilju postizanja globalne harmonizacije kvalitete goriva potrebno je odrediti preporuke za kvalitete goriva. Pri tome treba uzeti u obzir zahtjeve svih čimbenika koji imaju utjecaj na proizvodnju goriva i vozila te korisnika vozila u smislu smanjenja emisija. Pri tom primjena preporuka treba prvenstveno:

- Smanjiti utjecaj motornih vozila na okoliš smanjenjem emisija
- Smanjiti složenost opreme potrebne za kontrolu emisija za svaku kategoriju vozila, koja će smanjiti troškove nabave i korištenja vozila
- Povećati zadovoljstvo korisnika vozila boljim učincima.

Utvrđene su stoga četiri različite kategorije kvalitete bezolovnog benzina i dizela prema stupnju razvijenosti tržišta i njegove mogućnosti kontrole emisija.

4.3.1 Kategorija 1

Tržišta bez ili s prvom razinom kontrole emisija: temeljena prvenstveno na osnovnim performansama vozilo/motor i kontrolnim sustavom emisija. To su tržišta na kojima se primjenjuju *US Tier 0* i EURO I emisijski standardi.

4.3.2 Kategorija 2

Tržišta sa strožim zahtjevima kontrole emisija ili drugim zahtjevima. Znači tržišta na kojima se primjenjuju *US Tier 1*, EURO II ili III ili drugi ekvivalentni emisijski standardi.

4.3.3 Kategorija 3

Tržišta s naprednim zahtjevima kontrole emisija ili drugim zahtjevima. Tržišta na kojima se primjenjuju *US/California LEV or ULEV*, EURO III, JP 2005 ili drugi ekvivalentni emisijski standardi.

4.3.4 Kategorija 4

Tržišta s daljnjim naprednim zahtjevima kontrole emisija s primjenjivim sofisticiranim tehnologijama obrade NO_x i čestica. Tržišta na kojima se primjenjuju *US EPA Tier 2* ili *2007/2010 Heavy Duty On-Highway, US EPA Non-Road Tier 4, US California LEV-II*, EURO IV, EURO V *Heavy Duty* ili drugi ekvivalentni emisijski standardi.

Motorna vozila postižu bolje rezultate tijekom rada i nižu razinu emisija s gorivom više kategorije. Kategorije kvalitete goriva dane su za goriva koja se kupuju na benzinskim postajama. Interne metode kontrole kvalitete goriva nisu propisane niti ograničene sve dok je gorivo unutar granica ovih specifikacija. Ukoliko su nacionalni zahtjevi stroži od preporučenih, oni se moraju primjenjivati.

Za goriva kategorije 3 može se reći da ispunjavaju zahtjeve današnjih tehnologija. Goriva kategorije 4 spadaju u grupu goriva s ultra niskim sadržajem sumpora i za njih su potrebne napredne tehnologije vozila. [27]

Europska unija donijela je prvu direktivu vezanu za kvalitetu goriva 1978. godine. Direktive su se vremenom mijenjale, povećavajući zahtjeve kvalitete goriva. Slijedi prikaz direktiva koje određuju kvalitetu benzinskih i dizelskih goriva:

- Direktiva 78/611/EEC iz lipnja 1978., kojom je propisana količina olova u benzinu u rasponu od 0,15 do 0,4 g/l.
- Direktiva 85/210/EEC iz 1985., kojom se određuje količina olova u motornom benzinu na 0,15 g/l i u bezolovnom 0,013 g/l.

- Direktiva 93/12/EEC iz ožujka 1993., kojom se ograničava sadržaj sumpora u dizelu na 0,2% težinski od 1. listopada 1994. te 0,05% težinski od 1. listopada 1996.
- Direktiva 98/70/EC iz listopada 1998., kojom se određuje specifikaciju bezolovnog benzina i dizela. Istom direktivom se zabranjuje prodaja olovnog benzina od 1. siječnja 2000. godine te se ograničava sadržaj sumpora u bezolovnom benzinu na 10 mg/kg od 1. siječnja 2009. Uvodi se također dizelsko gorivo sa sadržajem sumpora od 10 mg/kg od 1. siječnja 2005.
- Direktiva 2003/17/EC iz ožujka 2003. koja je dopuna direktive 98/70/EC i određuje specifikacije za bezolovni benzin i dizelsko gorivo od 2005. godine. [28]

4.4 Pregled normi kvalitete naftnih goriva u Republici Hrvatskoj

Kvaliteta tekućih naftnih goriva u Republici Hrvatskoj regulirana je Uredbom o kakvoći tekućih naftnih goriva koja se temelji na Zakonu o zaštiti okoliša (NN 82/94 i 128/99). Uredba je tijekom godina doživjela nekoliko izmjena i dopuna prateći direktive Europske unije. Uredba se mijenjala kako slijedi:

- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva (NN 76/97)

  Uvodi zahtjev kvalitete EURO 2 uz izuzeće za sumpor u Republici Hrvatskoj za bezolovni motorni benzin od 1000 mg/kg do 1. srpnja 2002. i dizel od 5000 mg/kg do 31. prosinca 1999.
- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva – izmjene i dopune (NN 66/99)

  Definiraju se dozvole za mogućnost prodaje količina koje ne odgovaraju kvaliteti EURO 2 radi pristupa Republike Hrvatske *World Trade Organization*.
- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva (NN 83/02)

  Uvodi zahtjev kvalitete EURO 3 za dizelsko gorivo za EURODIZEL prema europskoj normi EN 590:1999 uz traženje dozvola za mogućnost prodaje količina koje ne odgovaraju traženom zahtjevu kvalitete.
- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva – izmjene i dopune (NN 100/04)

  Uvodi zahtjev kvalitete EURO 3 za bezolovni motorni benzin – EUROSUPER sukladan europskoj normi EN 228:1999 i EURODIZEL s 5% volumno *Fatty Acid Methyl Esters* (FAME)

- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva – izmjene i dopune (NN 98/05)

  Uvodi zahtjev kvalitete EURO 4 za EUROSUPER 95 i EURODIZEL uz postojeći EURO 3.

  Uvodi se EUROSUPER 95 i EUROSUPER 95 NS (niski sumpor) i EURODIZEL i EURODIZEL NS (niski sumpor) uz traženje dozvola za mogućnost prodaje količina koje ne odgovaraju traženom zahtjevu kvalitete.

- Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva (NN 53/06)

  Usklađivanje uredbe o kakvoći tekućih naftnih goriva s Direktivom 98/70/EC i Direktivom 2003/17/EC.

4.5 Raspoložive kvalitete goriva u Republici Hrvatskoj

Uzimajući u obzir mogućnost proizvodnje i dobave goriva sukladnog Europskim normama te trendovima u razvoju fonda motornih vozila u Republici Hrvatskoj, rafinerije trenutno proizvode sljedeće vrste i kvalitete goriva:

- Bezolovni motorni benzin EUROSUPER PLUS 98
- Bezolovni benzin SUPER 95 sa sadržajem sumpora od 0,023% m/m do 0,093% m/m, srednje vrijednosti od 0,048% m/m
- Bezolovni motorni benzin EUROSUPER 95, sukladan europskoj normi EN 228:1999 EURO IV kvalitete
- Dizelsko gorivo DIZEL sa sadržajem sumpora od 0,165% m/m do 0,470% m/m, srednje vrijednosti 0,355% m/m
- Dizelsko gorivo EURODIZEL, sukladan europskoj normi EN 590:1999 EURO IV kvalitete
- EURODIZEL – PLAVI sa sadržajem sumpora od najviše 0,5% m/m.

5. STATISTIČKA ANALIZA MJERENJA KARAKTERISTIKA KVALITETE GORIVA

Cilj ovog poglavlja je detaljna analiza podataka o stanju razine kvalitete motornog benzina i dizelskog goriva u odabranoj rafineriji (Rafineriji), osobito za kritične zahtjeve u pogledu sadržaja sumpora, benzena i aromata i usporediti ih sa postojećim zahtjevima normi kvalitete.

Tijekom svake isporuke motornih goriva iz Rafinerije za maloprodajna mjesta (benzinske postaje) vrši se mjerenje svih karakteristika goriva sukladno Hrvatskim normama / Europskim normama. Mjerenjem je obuhvaćeno svih 17 propisanih karakteristika dizelskog goriva i svih 16 karakteristika motornog benzina.

Važno je istaknuti da se sve propisane karakteristike goriva motornih vozila kontroliraju u rafinerijskom laboratoriju, u potpunosti određenim, propisanim metodama ispitivanja pomoću propisane aparature i na propisani način. Laboratorij posjeduje ovlasnicu za metode mjerenja HRN EN ISO/EC 17025.

Obrađeni su podaci za isporučene količine dizelskog goriva i motornog benzina iz rafinerije tijekom godine. Dobiveni podaci prikazani su tabelarno s naznakom mjeseca otpreme analize/otpreme, spremnika iz kojeg je izvršena isporuka.

Tablica 8. prikazuje podatke o karakteristikama uzoraka motornog goriva EURODIZEL za 188 ispitanih uzoraka. Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL nalazi se u Privitku 1. ovog rada.

Tablica 9. prikazuje podatke o karakteristikama uzorka motornog goriva EUROSUPER 95 za 43 ispitana uzorka. Tablica 9. Karakteristike uzoraka motornog goriva EUROSUPER 95 nalazi se u Privitku 2. ovog rada.

Statistička obrada dijela podataka karakteristika motornih goriva EURODIZEL i EUROSUPER 95 izvršena je računalnim programom STATATISTICA 7.0. Programom su provedene analize za sve podatke prema redoslijedu uzimanja uzoraka te za podatke sortirane po spremnicima iz kojih su uzeti. Pri statističkoj analizi korišteni su sljedeći statistički prikazi:

1. Tablični prikaz temeljnih statističkih parametara i to:
    - Broj izvršenih svih mjerenja (n)

- Broj izvršenih mjerenja po spremniku
- Aritmetička sredina rezultata mjerenja ($\bar{x}$)
- Minimalna vrijednost rezultata mjerenja
- Maksimalna vrijednost rezultata mjerenja
- Standardno odstupanje (s).

2. Grafički prikaz primjenom "box i whisker" karte prikazuje:
   - Aritmetičku sredinu rezultata mjerenja ($\bar{x}$)
   - Aritmetičku sredinu rezultata mjerenja ($\bar{x}$) +/- standardno odstupanje (s) u kojem se nalazi 68,27% svih vrijednosti
   - Aritmetičku sredinu rezultata mjerenja ($\bar{x}$) +/- 1,96 * standardno odstupanje (s) u kojem se nalazi 95% vjerojatnosti svih vrijednosti

3. Grafički prikaz variranja vrijednosti promatrane karakteristike motornog goriva u vremenu korištenjem x–MR (*Moving Ranges*) kontrolne karte. Navedena kontrolna karta primijenjena je radi utvrđivanja značajnih uzroka varijacija promatrane karakteristike goriva (podaci izvan kontrolnih granica).

4. Grafički prikaz raspodjele podataka promatrane karakteristike motornog goriva uz primjenu histograma.
   Na grafičkom prikazu naznačene su granice dopuštenih odstupanja sukladno zahtjevima odgovarajuće norme te su naznačene vrijednosti sposobnosti procesa (P_p, P_{pk}). Navedene su vrijednosti indeksa sposobnosti procesa P_p i P_{pk} jer je standardno odstupanje određeno iz svih podataka (*Overall* s).
   Vrijednosti indeksa sposobnosti procesa C_p i C_{pk} nisu uzete u obzir jer većina promatranih karakteristika nije "pod kontrolom" te je standardno odstupanje dobiveno iz kontrolne karte (*Within* s) nepouzdano.

5. Grafički prikaz statističkih parametara promatrane karakteristike motornog goriva po spremnicima primjenom $\bar{x}$ -s kontrolne karte.
   Ovim prikazom želi se utvrditi postoji li u nekom od spremnika značajna razlika u vrijednostima ($\bar{x}$ -s) promatrane karakteristike.

5.1 Statistička analiza kvalitete EURODIZELA

Statističkom analizom kvalitete motornog goriva EURODIZEL obuhvaćen je samo određeni broj normom propisanih karakteristika. Tu spadaju najznačajnije karakteristike za koje je broj podataka bio dovoljno visok za valjanu statističku analizu. Podaci za statističku analizu uzeti su iz Tablice 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL.

Ovom analizom obuhvaćene su sljedeće karakteristike EURODIZELA:

- Gustoća
- Količina ukupnog sumpora
- Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika
- Cetanski broj

čije veličine direktno ovise o tehnologiji prerade, te:

- Količina vode
- Količina sedimenta

Čije su veličine direktan odraz tehnološke discipline pri skladištenju i manipulaciji dizelskog goriva. Za spremnike C-1, C-3, C-4, C-5 i C-7 nije izvršena pojedinačna statistička obrada podataka, jer je broj podataka relativno nizak za pouzdanu statističku procjenu.

5.1.1 Gustoća

Normom su određene granice gustoće EURODIZELA:

- Minimalna granična vrijednost LSL= 820 kg/m^3,
- Maksimalna granična vrijednost USL= 845 kg/m3.

Normom HRN EN ISO 3635 određen je postupak i način mjerenja gustoće isto kao i potrebna aparatura. Za mjerenje gustoće u laboratoriju se koriste areometri tip *ALLA* od proizvođača Tlos koji su prikazani na Slici 11.

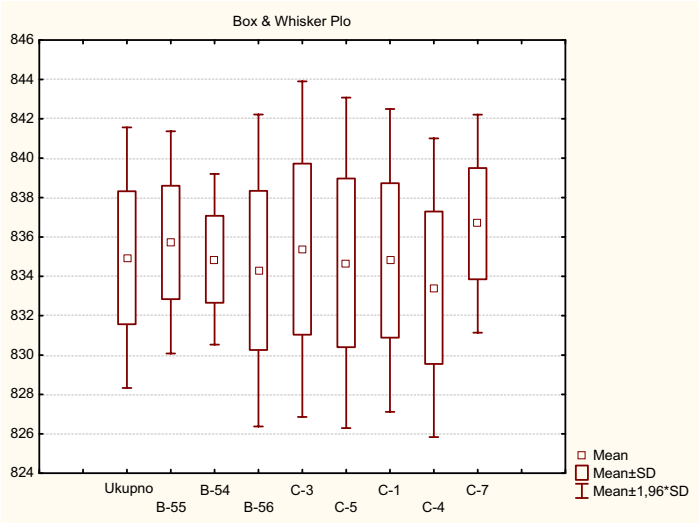
Slika 11. Areometri za mjerenje gustoće

U Tablici 10. prikazane su vrijednosti temeljnih statističkih parametara gustoće, ukupno za sva mjerenja te mjerenja po spremnicima.

Tablica 10. Vrijednosti temeljnih statističkih parametara gustoće EURODIZELA

Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	188	834,94	825,2	843,4	3,37
B-54	45	834,86	830,0	840,8	2,21
B-55	45	835,72	830,6	842,8	2,87
B-56	44	834,29	825,2	841,5	4,04

Na Slici 11. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja gustoće, ukupno i po spremnicima.



Slika 12. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja gustoće EURODIZELA

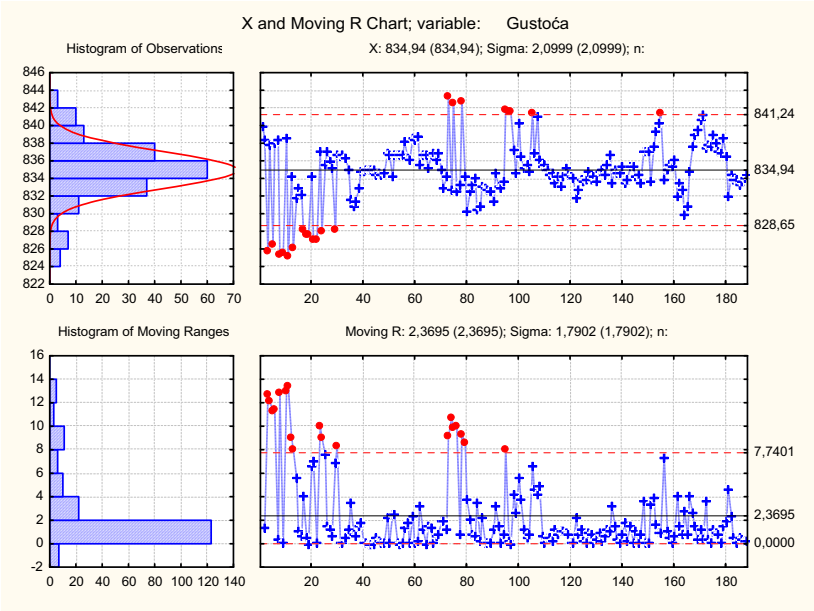
Slika 13. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja gustoće korištenjem x–MR kontrolne karte, a Slika 14. histogram vrijednosti mjerenja.

x-MR kontrolna karta (Slika 13.) ukazuje na pojavu statistički značajnih varijacija vrijednosti gustoće EURODIZELA.

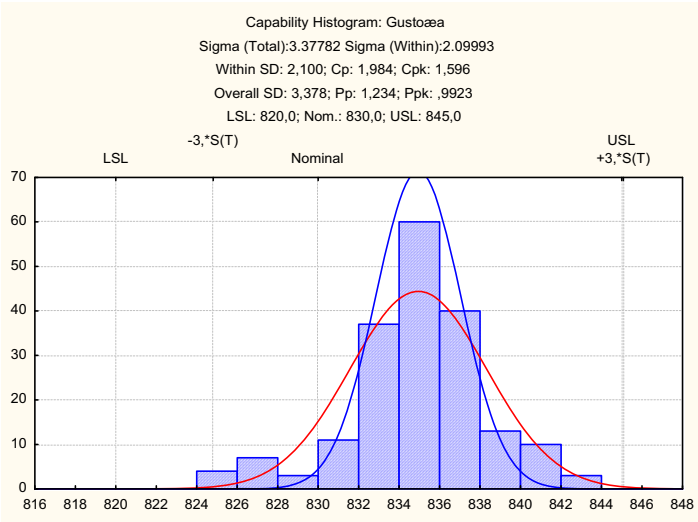
Karta u cjelini nema prirodan izgled. Uzrok leži u tome što su prikazani podaci iz različitih spremnika kod kojih je gustoća na različitim vrijednosnim razinama, što će biti potvrđeno analizom gustoće po spremnicima (u nastavku).

Histogram vrijednosti mjerenja gustoće (Slika 14.) pokazuje (vizualno) da je raspodjela podataka normalna. Indeksi sposobnosti procesa P_p = 1,234 i P_{pk} = 0,9923 pokazuju da se zahtjevi za gustoćom iz norme mogu ostvariti. Treba naznačiti da histogram ne otkriva različite razine gustoće po spremnicima.

U nastavku je provedena statistička analiza vrijednosti gustoće za spremnike B-54, B-55 i B-56 (spremnici s dovoljno velikim brojem izmjerenih vrijednosti).



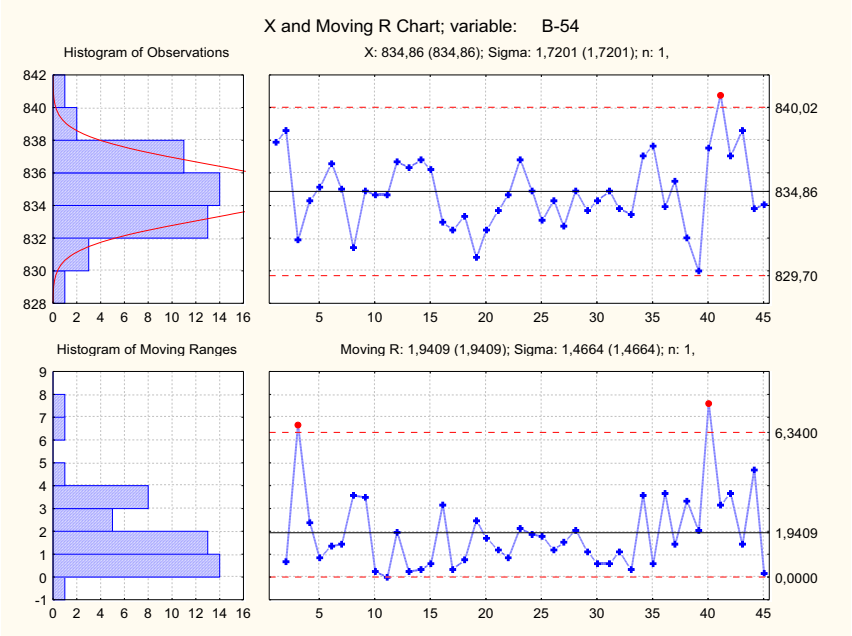
Slika 13. x-MR kontrolna karta mjerenja vrijednosti gustoće



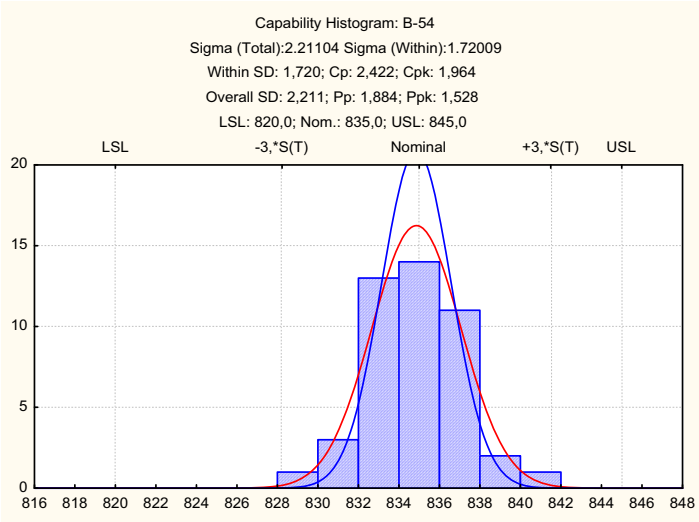
Slika 14. Histogram mjerenja vrijednosti gustoće

5.1.1.1 Gustoća iz spremnika B-54

Slika 15. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja gustoće EURODIZELA korištenjem x–MR kontrolne karte, a Slika 16. prikazuje histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-54.



Slika 15. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-54



Slika 16. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-54

x-MR kontrolna karta (Slika 15.) pokazuje značajne varijacije, izvan kontrolnih granica, u 3 slučaja. Djelomično je upitna varijabilnost podataka!

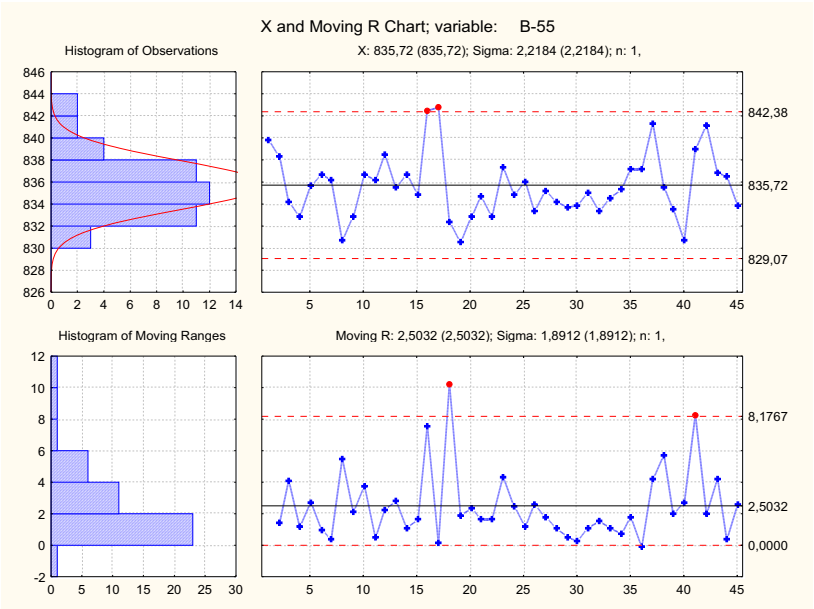
Raspodjela podataka je normalna (Slika 16.). Indeksi sposobnosti procesa P_p = 1,884 i P_{pk} = 1,528 pokazuju da se zahtjevi za gustoćom iz norme mogu u potpunosti ostvariti.

5.1.1.2 Gustoća iz spremnika B-55

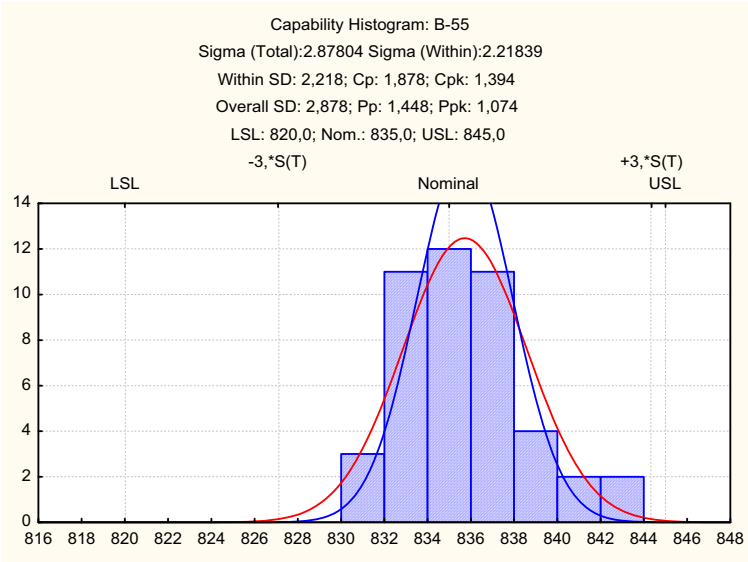
x-MR kontrolna karta mjerenja vrijednosti gustoće za spremnik B-55 prikazana je na Slici 17. a histogram mjerenja gustoće na Slici 18.

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-55 (Slika 17.) pokazuje značajne varijacije, izvan kontrolnih granica, u 4 (2+2) slučaja. Kao i u prethodnom slučaju djelomično je upitna varijabilnost podataka!

Raspodjela podataka (Slika 18.) i u ovom slučaju može se aproksimirati normalnom raspodjelom. Indeksi sposobnosti procesa P_p = 1,448 i P_{pk} = 1,074 pokazuju da se zahtjevi za gustoćom iz norme mogu u potpunosti ostvariti.



Slika 17. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-55



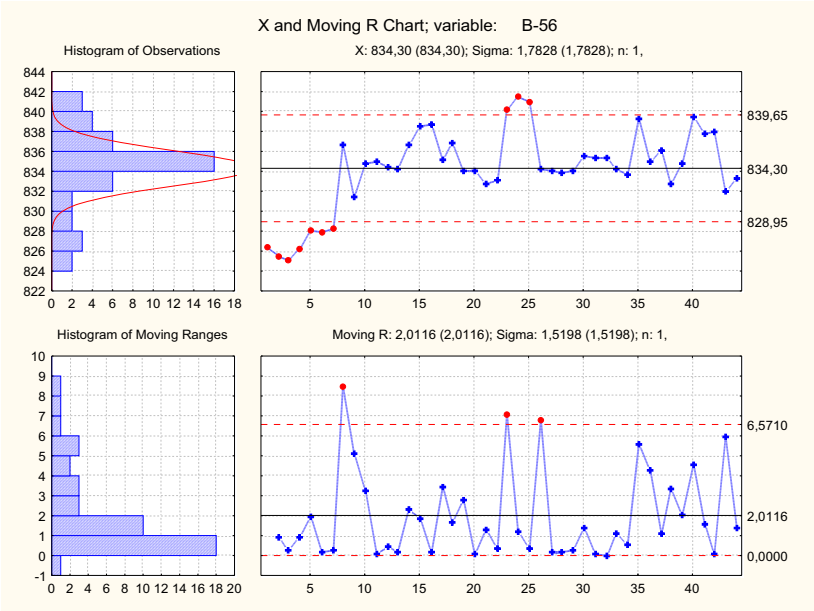
Slika 18. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-55

5.1.1.3 Gustoća iz spremnika B-56

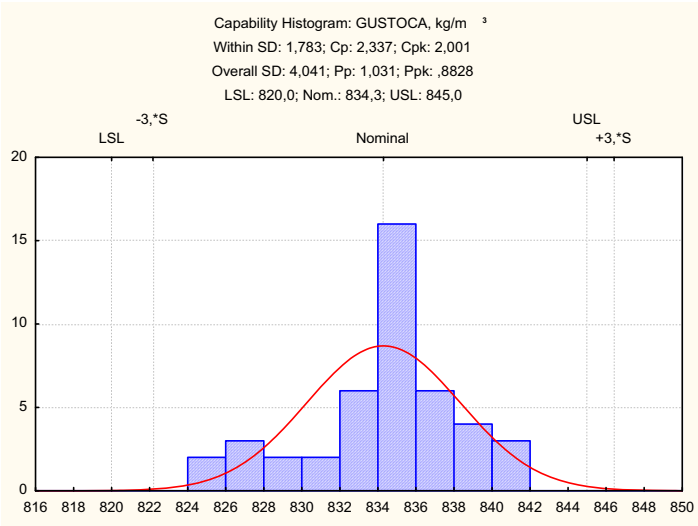
x-MR kontrolna karta za spremnik B-56 prikazana je na Slici 19. a histogram gustoće na Slici 20.

Karta (Slika 19.) pokazuje da je 7 prvih podataka na značajno nižoj razini gustoće u odnosu na ostale vrijednosti mjerenja. U cjelini karta nema prirodan izgled i statistički je upitna varijabilnost podataka. Vjerojatno se uzrok treba tražiti u pogreškama primijenjenog postupka mjerenja?

Rasipanje podataka (Slika 20.) je u ovom slučaju veće nego kod prethodno analiziranih spremnika i upitna je normalna raspodjela. Vrijednosti indeksa sposobnosti procesa P_p = 1,031 i P_{pk} = 0,8828 pokazuju da je mogućnost ispunjavanja zahtjeva iz norme na samoj granici.

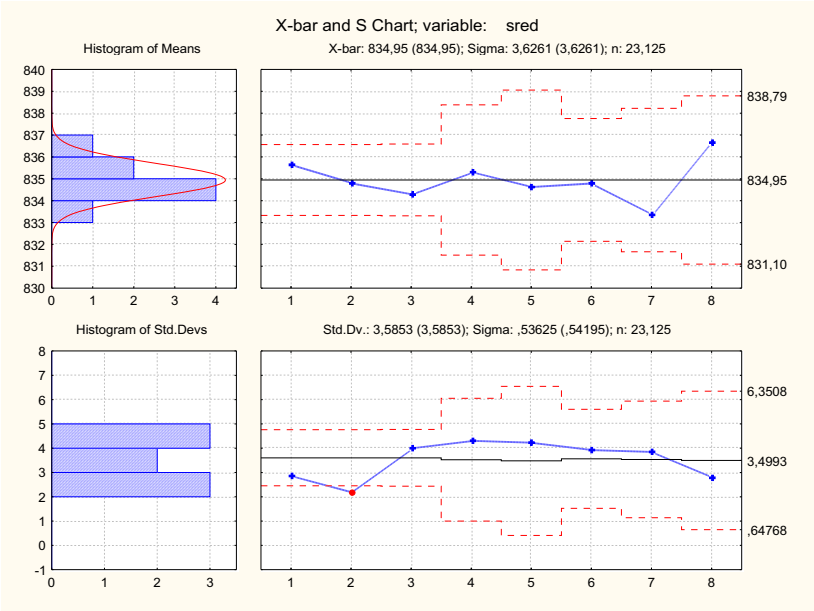


Slika 19. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-56



Slika 20. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće za spremnik B-56

Na Slici 21. prikazane su aritmetičke sredine i standardna odstupanja izmjerenih vrijednosti gustoće po spremnicima korištenjem $\overline{x}$-s kontrolne karte. Cilj prikaza je utvrđivanje eventualnih značajnih razlika navedenih statističkih parametara po spremnicima.



Slika 21. $\overline{x}$ -s kontrolna karta za gustoću po spremnicima

Uočava se značajno manje rasipanje mjerenja gustoće (standardno odstupanje) u spremniku B-55 od rasipanja u ostalim spremnicima.

5.1.2 Količine vode

Gornja granica Zahtjeva za količine vode u EURODIZELU (prema zahtjevu norme) iznosi USL= 200 mg/kg.

U laboratoriju koristi se aparatura *Microculometar MKC 210* od proizvođača *Kyoto Electronics* za mjerenje količine vode po postupku sukladnom normi. Aparatura je prikazana na Slici 22.

Slika 22. Aparatura za mjerenje količine vode

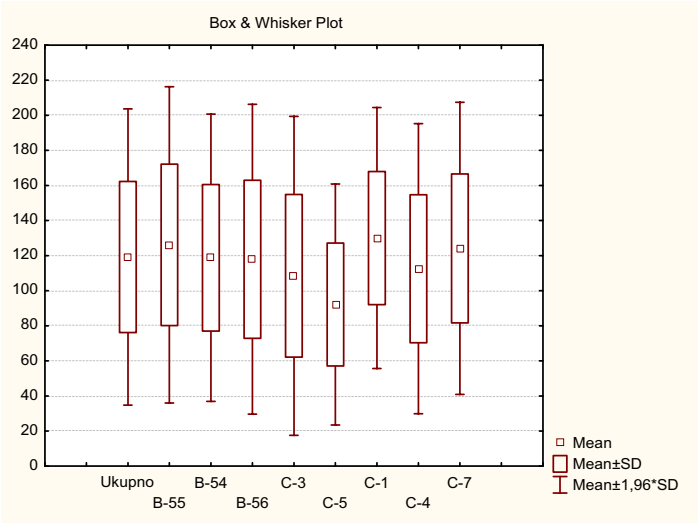
U Tablici 11. navedene su vrijednosti temeljnih statističkih parametara količine vode, ukupno za sva mjerenja i mjerenja po spremnicima.

Tablica 11. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine vode u EURODIZELU

Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	188	119,22	37,0	199,0	43,08
B-54	45	118,75	44,0	191,0	41,77
B-55	45	126,13	40,0	199,0	46,01
B-56	44	117,93	37,0	193,0	45,07

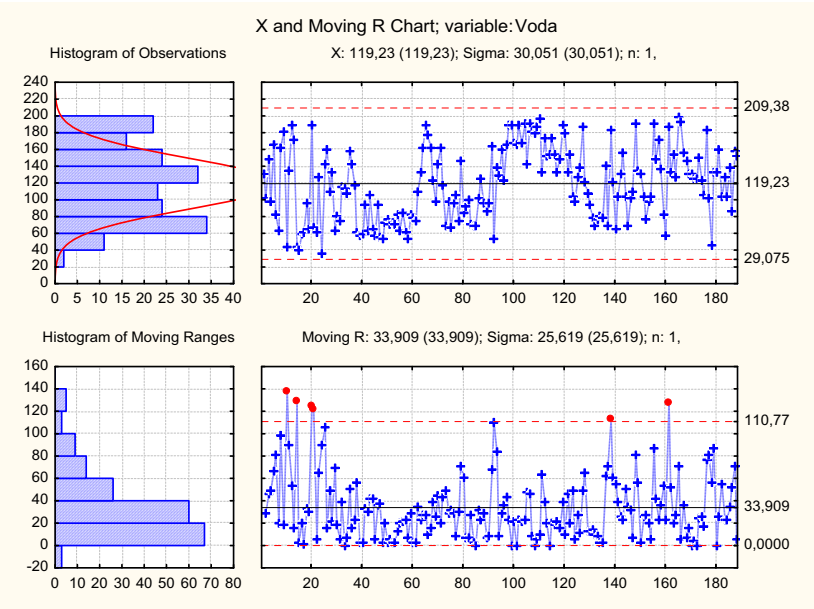
Iz Tablice 11. vidljivo je da izmjerene vrijednosti količine vode u EURODIZELU ne prelaze normom zadanu granicu.

Na Slici 23. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja količine vode u EURODIZELU, ukupno i po spremnicima.

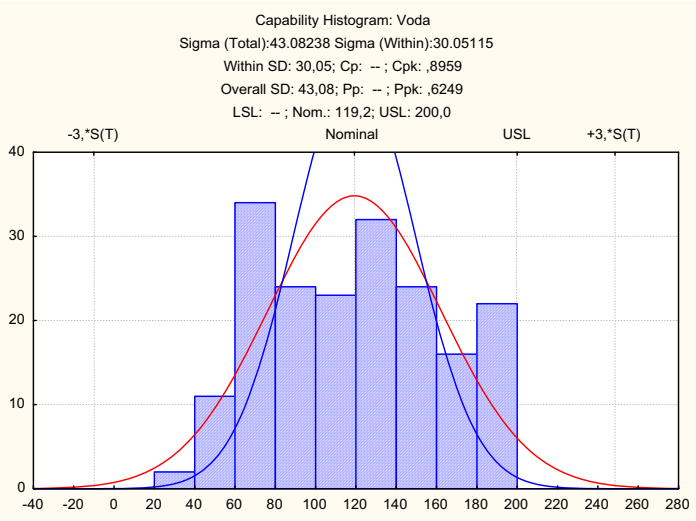


Slika 23. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine vode u EURODIZELU

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode prikazana je na Slici 24. a histogram vrijednosti mjerenja količine vode na Slici 25.



Slika 24. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode



Slika 25. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode

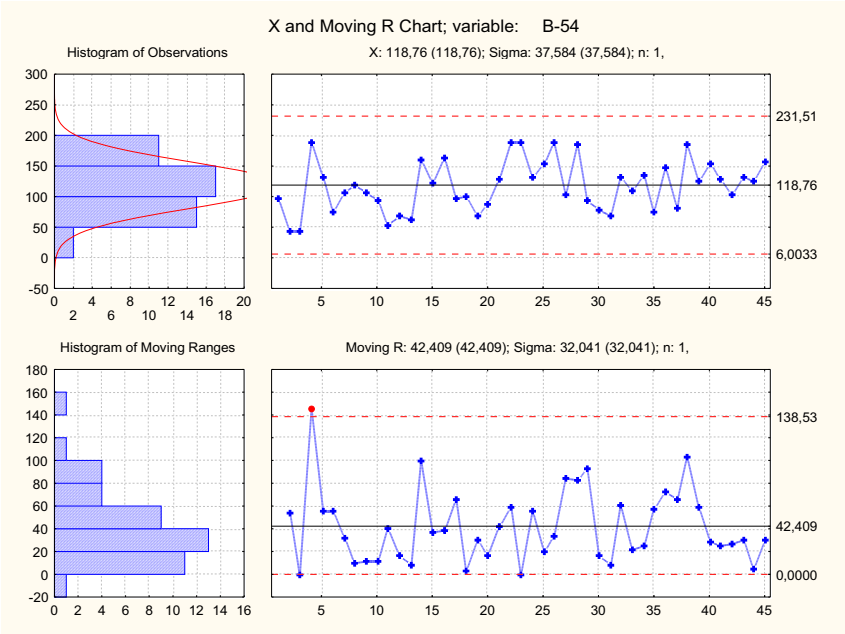
Karta (Slika 24) u cjelini nema prirodan izgled. Uzrok leži u tome što su prikazani podaci iz različitih spremnika s različitim sadržajima vode.

Histogram (Slika 25.) ukazuje na odsječenost raspodjele na gornjoj granici zahtjeva. Niti jedan podatak ne prelazi granicu zahtjeva. Iznos indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6249 ukazuje da se ne može ispuniti postavljeni zahtjev (proces nije sposoban). Statistički se ne može objasniti odsječenost raspodjele podataka.

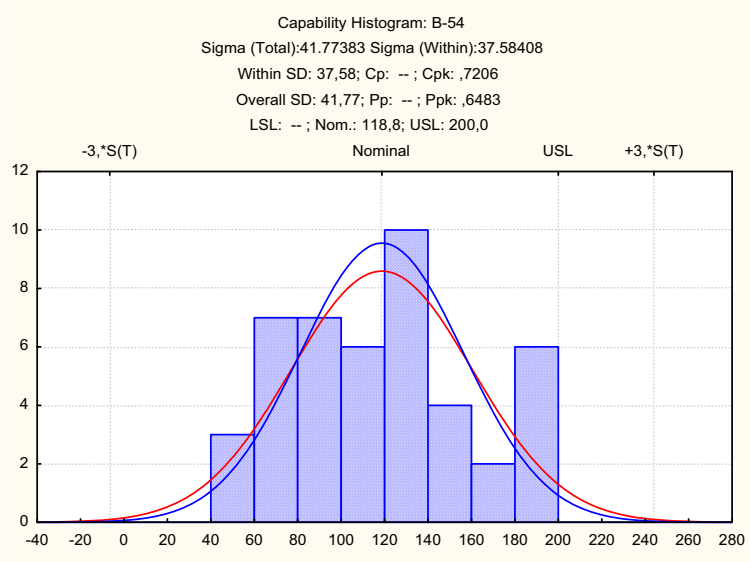
U nastavku je provedena statistička analiza količine vode za spremnike B-54, B-55 i B-56 (spremnici s dovoljno velikim brojem izmjerenih vrijednosti).

5.1.2.1 Količina vode iz spremnika B-54

x–MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode prikazana je na Slici 26. a histogram na Slici 27.



Slika 26. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-54



Slika 27. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-54

x-MR kontrolna karta (Slika 26.) ima prirodan izgled osim što u određenim dijelovima nema slučajnu varijabilnost.

Histogram (Slika 27.) pokazuje iste nedostatke kao u prethodnom slučaju (odsječenost raspodjele na granici zahtjeva).

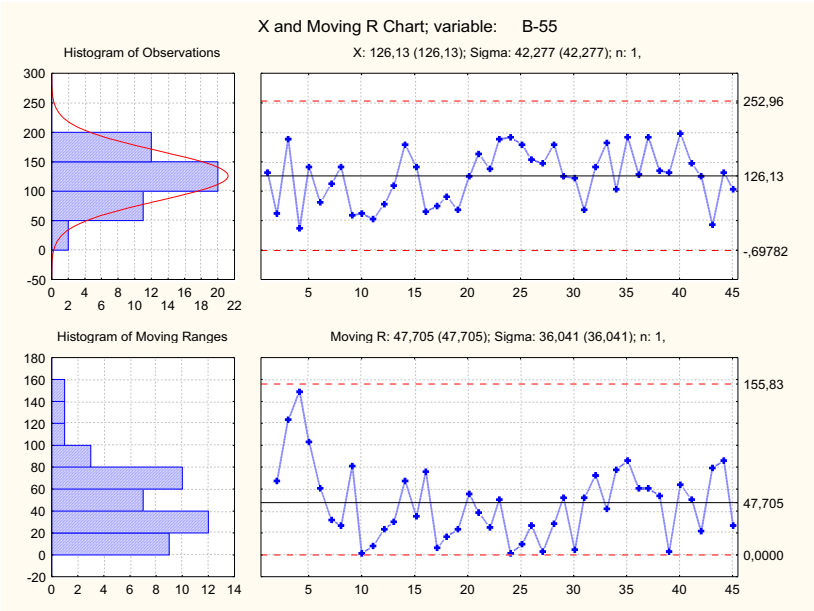
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6483 pokazuje da proces nije sposoban. Vrijedi i komentar dan za Sliku 25.

5.1.2.2 Količina vode iz spremnika B-55

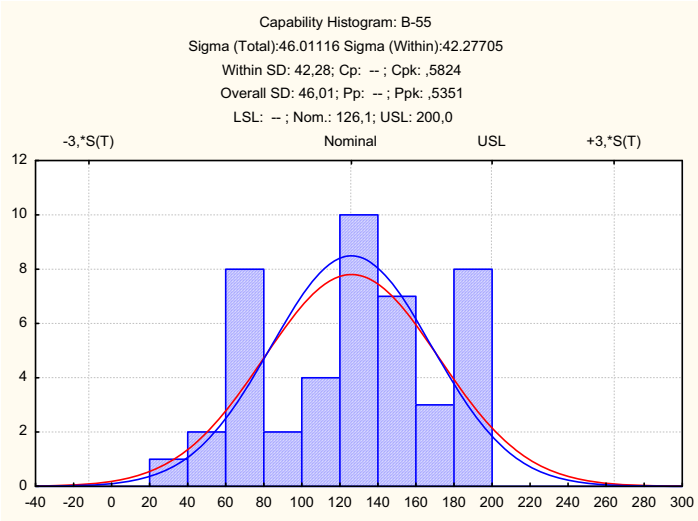
x–MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode prikazana je na Slici 28. a histogram na Slici 29.

x-MR kontrolna karta variranja vrijednosti mjerenja količine vode u EURODIZELU za spremnik B-55 (Slika 28.) ne pokazuje značajne varijacije, izvan kontrolnih granica.

Međutim, histogram na Slici 29. pokazuje iste anomalije kao u prije navedenim primjerima za količinu vode. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,5351 ukazuje da se ne može ispuniti zahtjev iz norme za količinom vode, odnosno da odsječenost raspodjele na zadanoj granici nije slučajna.



Slika 28. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-55



Slika 29. Histogram mjerenja vrijednosti količine vode za spremnik B-55

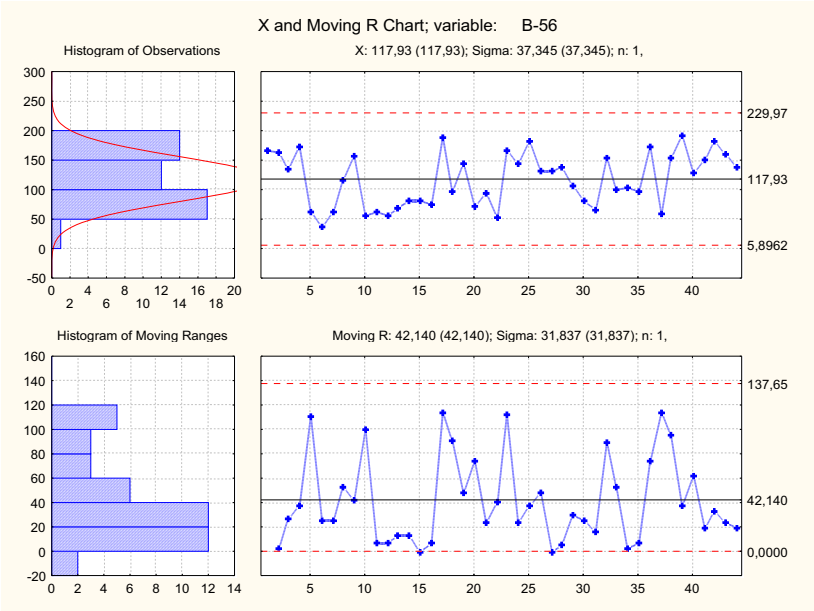
5.1.2.3 Količina vode iz spremnika B-56

Odgovarajuća x–MR kontrolna karta prikazana je na Slici 30., a histogram na Slici 31.

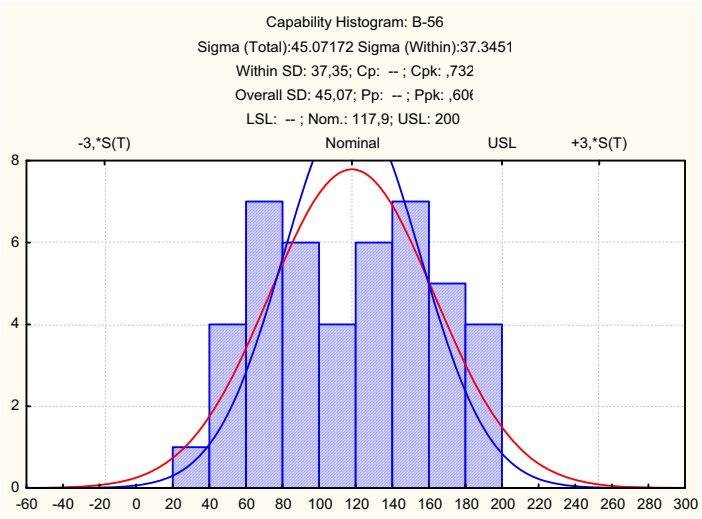
Uočava se mala varijabilnost uzoraka (rezultata mjerenja) od 10 do 16 (Slika 30.), što ukazuje na upitnu ispravnost podataka mjerenja.

Na histogramu (Slika 31.) se uočava tzv. bimodalnost raspodijele, što može biti uzrokovano miješanjem goriva s dvije različite razine sadržaja vode. Međutim zbog statistički upitne male varijabilnosti podataka na kontrolnoj karti (Slika 30.), odnosno odsječenosti raspodjele na granici zahtjeva, bilo koji zaključak je vrlo upitan. I u ovom slučaju vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6069 ukazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom vode.

Na Slici 32. prikazani su odgovarajući statistički parametri količine vode za sve spremnike korištenjem $\overline{x}$ -s kontrolne karte.

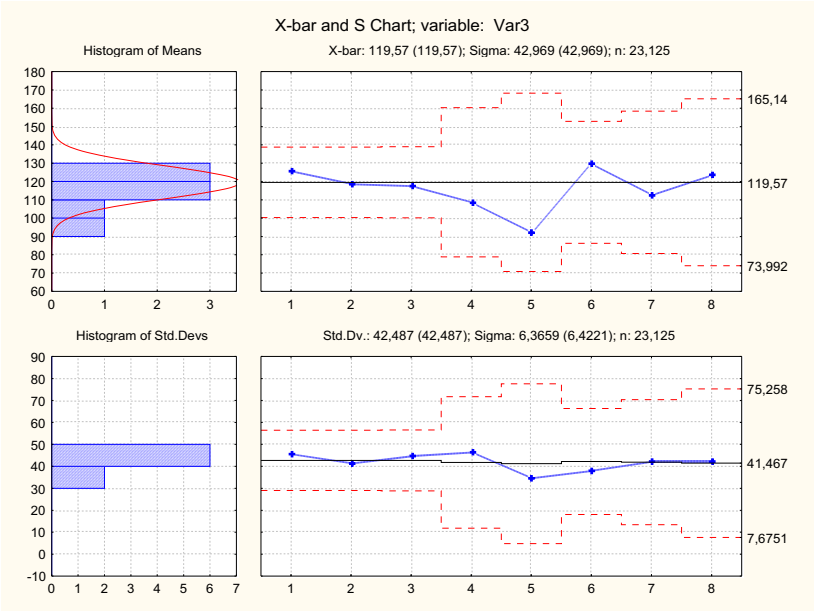


Slika 30. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-56



Slika 31. Histogram vrijednosti mjerenja količine vode za spremnik B-56

Kontrolna karta (Slika 32.) pokazuje da nema značajnih razlika između sadržaja vode u spremnicima.



Slika 32. $\overline{x}$ -s kontrolna karta za količinu vode po spremnicima

5.1.3 Količina ukupnog sumpora

Normom je određena najviša granica količine ukupnog sumpora u EURODIZELU:

- Gornja granična vrijednost USL= 50 mg/kg.

U laboratoriju koristi se aparatura za analizu fluorescentnog rendgenskog zračenja *LAB-X 3000* od proizvođača *Oxford*, za mjerenje količine ukupnog sumpora po postupku sukladnom normi. Aparatura je prikazana na Slici 33.

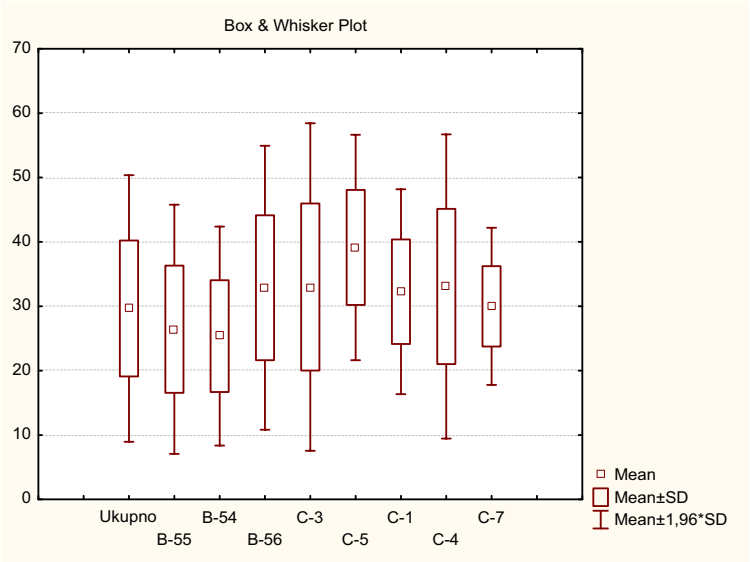
Slika 33. Aparatura za mjerenje ukupne količine sumpora

U Tablici 12. prikazane su vrijednosti temeljnih statističkih parametara količine ukupnog sumpora u EURODIZELU ukupno za sva mjerenja i mjerenja po spremnicima.

Tablica 12. Vrijednosti temeljnih statističkih parametara količine ukupnog sumpora u EURODIZELU

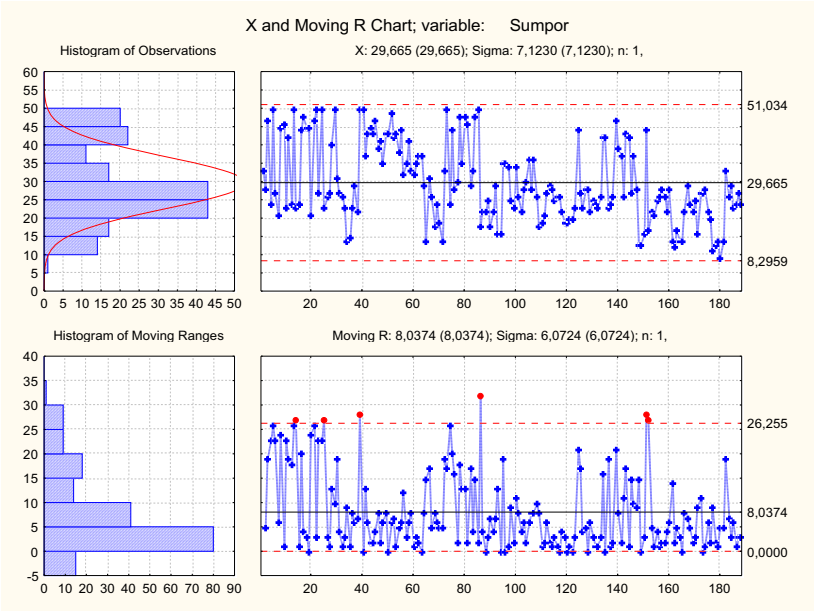
Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	188	29,66	9,0	50,0	10,56
B-54	45	25,37	11,0	50,0	8,67
B-55	45	26,44	9,0	48,0	9,87
B-56	44	32,88	14,0	50,0	11,25

Na Slici 34. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU ukupno i po spremnicima.

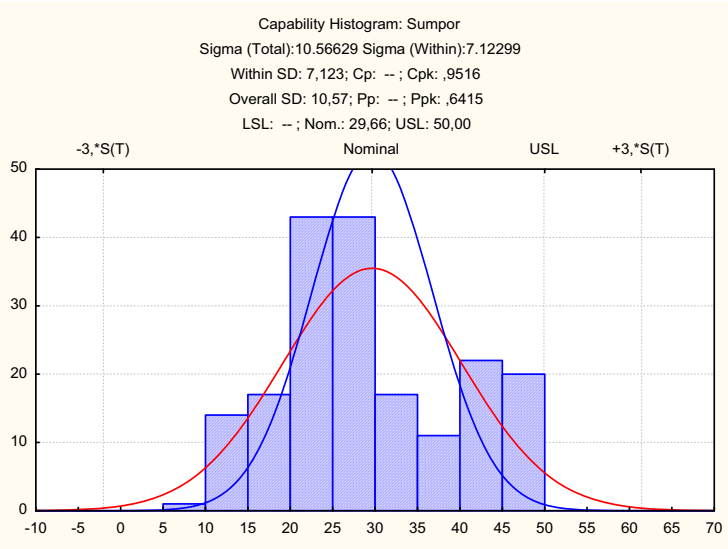


Slika 34. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU

Slika 35. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU korištenjem x-MR kontrolne karte, a Slika 36 prikazuje odgovarajući histogram.



Slika 35. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora

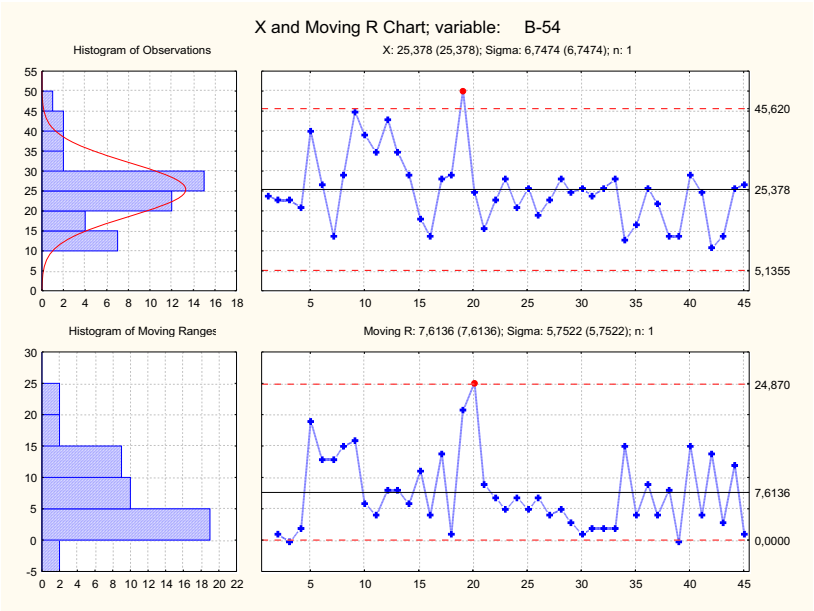


Dijagram 36. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora

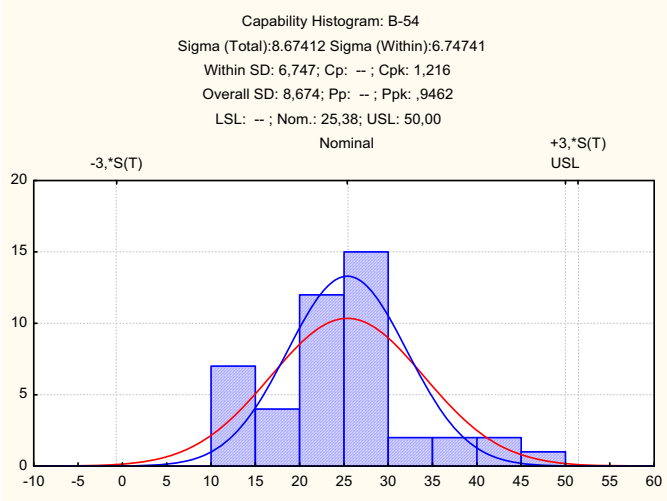
U ovom slučaju (Slika 36.) ponovo se uočava odsječenost raspodjele na granici zahtjeva. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6415 ukazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom ukupnog sumpora, iako su svi podaci unutar zahtjeva norme.

5.1.3.1 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-54

Slika 37. daje prikaz variranja rezultata mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU korištenjem x–MR kontrolne karte za spremnik B-54, dok Slika 38. prikazuje histogram.



Slika 37. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-54

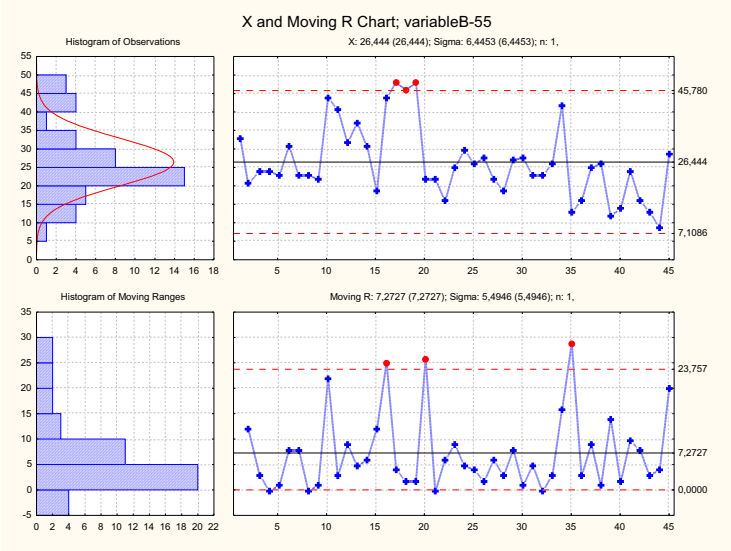


Slika 38. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-54

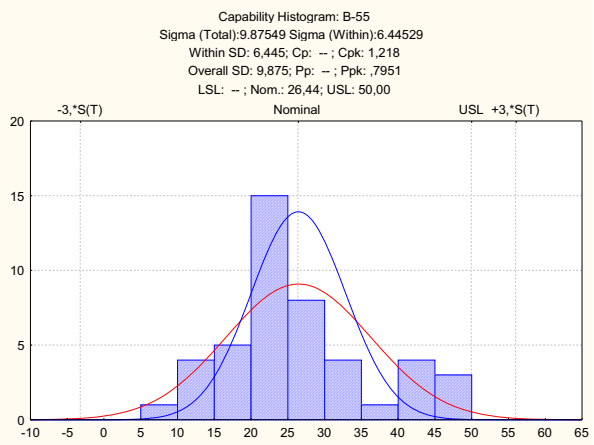
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,9462 ukazuje na graničnu sposobnost ispunjavanja zahtjeva iz norme za količinom ukupnog sumpora.

5.1.3.2 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-55

Slika 39. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora u EURODIZELU iz spremnika B-55 korištenjem x–MR kontrolne karte. Na Slici 40. prikazan je odgovarajući histogram.



Slika 39. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-55

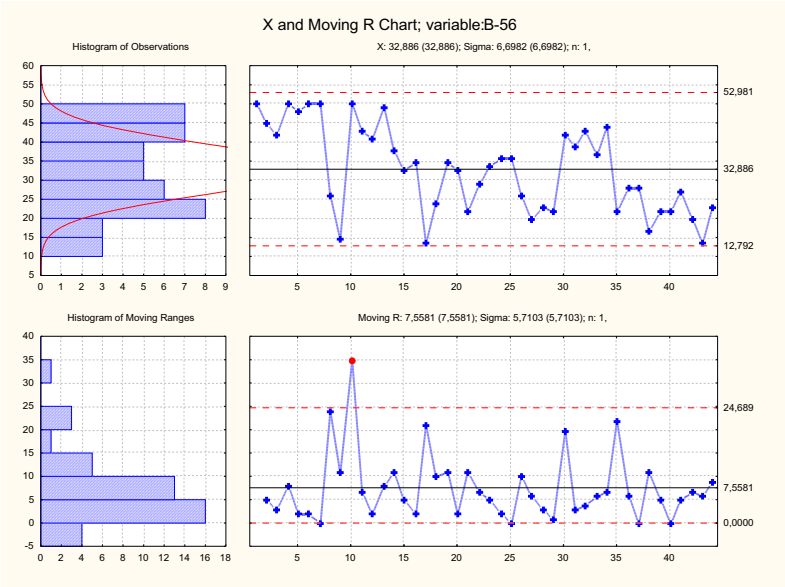


Slika 40. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-55

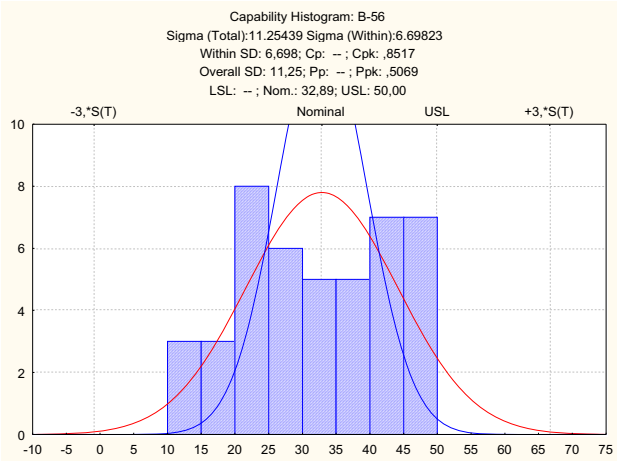
x-MR kontrolna karta (Slika 39.) pokazuje nedostatnu varijabilnost u nekim segmentima. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,7951 ukazuje da nije moguće ispuniti zahtjev iz norme za količinom ukupnog sumpora.

5.1.3.3 Količina ukupnog sumpora iz spremnika B-56

x–MR kontrolna karta prikazana je na Slici 41., a histogram na Slici 42.



Slika 41. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-56

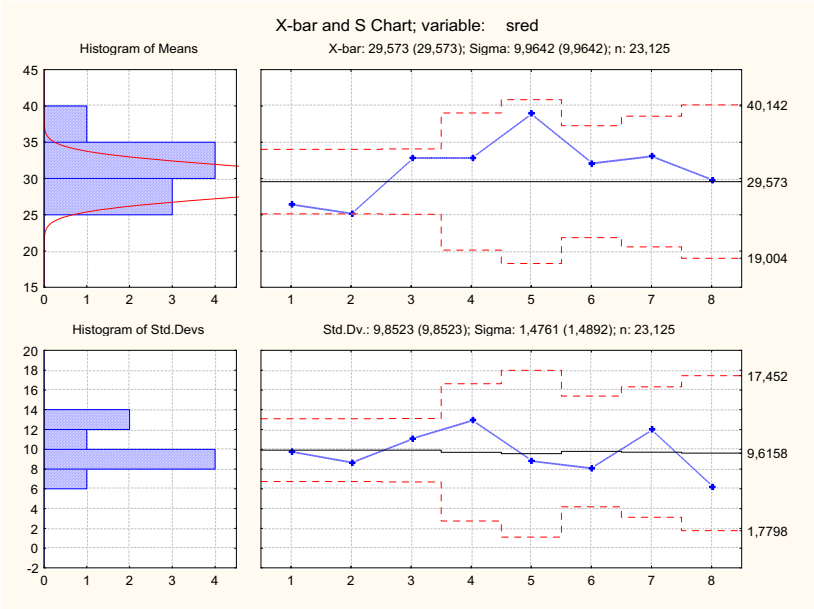


Slika 42. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora za spremnik B-56

x-MR kontrolna karta (Slika41.) pokazuje trend smanjivanja količine sumpora iako je varijabilnost podataka statistički upitna.

Na histogramu (Slika42.) naglašena je odsječenost raspodjele na granici zahtjeva. Vrlo niska vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,5069 ukazuje da nije moguće ispuniti zahtjev iz norme za količinom ukupnog sumpora.

Na Slici 43. prikazana je $\overline{x}$ -s kontrolna karta za količinu ukupnog sumpora po spremnicima.



Slika 43. $\overline{x}$ -s kontrolna karta za količinu ukupnog sumpora po spremnicima

Dijagram na Slici 43. pokazuje da nema značajnih razlika između količina ukupnog sumpora po spremnicima.

5.1.4 Količina sedimenta

Normom je određena najviša granica količine sedimenta u EURODIZELU:

- Gornja granična vrijednost USL= 24 mg/kg.

U laboratoriju se koristi aparatura *Vacuum Controler ILMAL EPC ECO VCZ 324* od proizvođača *ILMVAC* za mjerenje količine sedimenta po postupku sukladnom normi. Aparatura je prikazana na Slici 44.

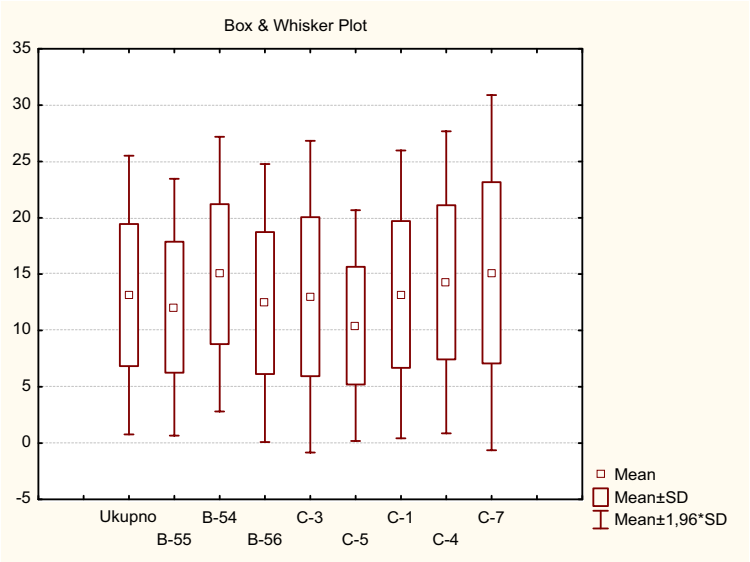
Slika 44. Aparatura za mjerenje količine sedimenta

U Tablici 13. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara za količinu sedimenta u EURODIZELU za sva mjerenja i mjerenja po spremnicima.

Tablica 13. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine sedimenta u EURODIZELU

Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	188	13,14	2,0	24,0	6,30
B-54	45	15,00	4,0	24,0	6,21
B-55	45	12,06	3,0	24,0	5,81
B-56	44	12,43	2,0	24,0	6,29

Na Slici 45. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja količine sedimenta u EURODIZELU, ukupno i po spremnicima.



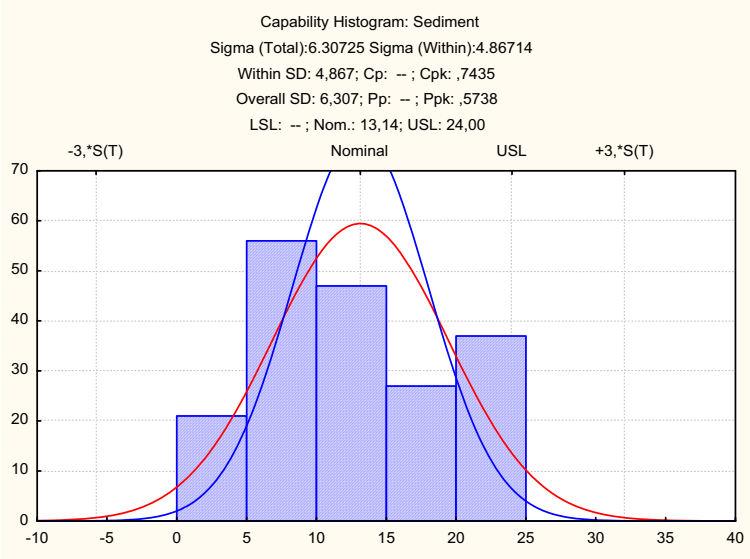
Slika 45. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta u EURODIZELU

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta prikazana je na Slici 46., a odgovarajući histogram na Slici 47.

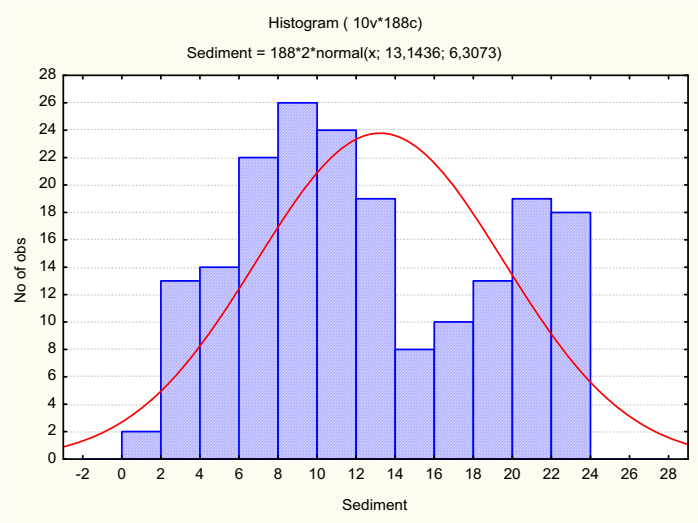
Karta (Slika 46.) u cjelini nema prirodan izgled. Uzrok leži u tome što su podaci iz različitih spremnika. Radi toga će se i u ovom slučaju, u nastavku, prikazati analiza po spremnicima. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa (Slika 47.) P_{pk} = 0,5738 ukazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom sedimenta. Raspodjela je i u ovom slučaju odsječena na granici zahtjeva te se može iskazati određena rezerva u pogledu postupka mjerenja. Korištenjem većeg broja razreda može se dobiti histogram prikazan na Slici 48.

Histogram ukazuje na bimodalnost raspodjele podataka (miješanje goriva s različitim razinama sedimenta). Međutim da li je to uzrok? Nema pouzdane tvrdnje iz razloga postojanja sumnje u mjerni postupak.

Slika 46. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta



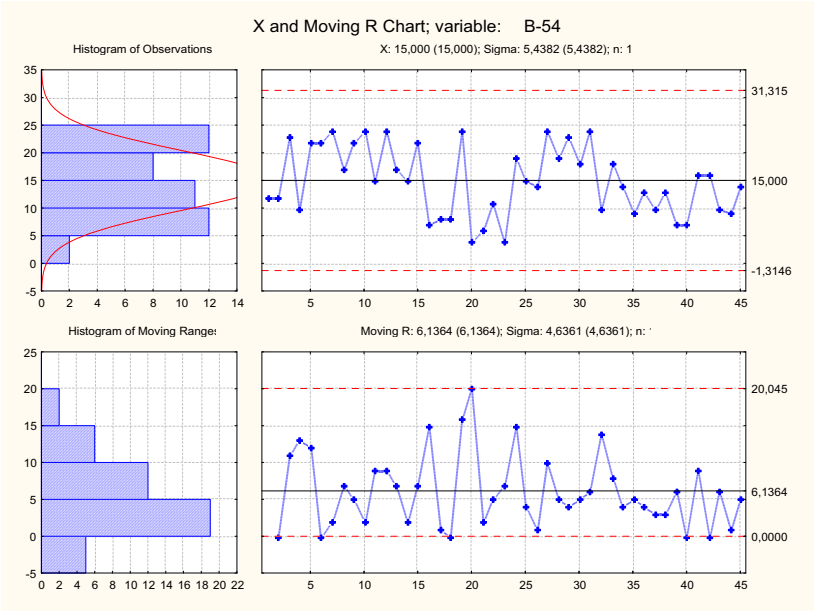
Slika 47. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta



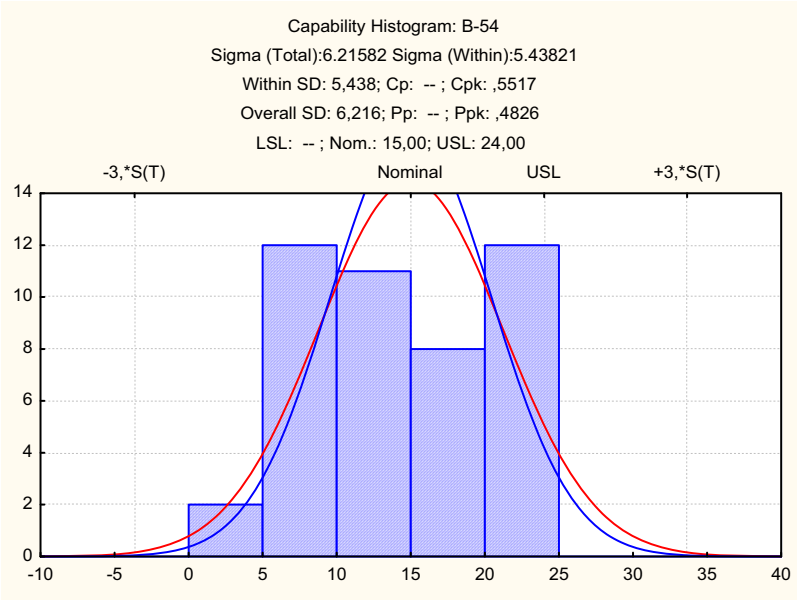
Slika 48. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta

5.1.4.1 Količina sedimenta iz spremnika B-54

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta prikazana je Slikom 49., a pripadajući histogram Slikom 50.



Slika 49. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-54



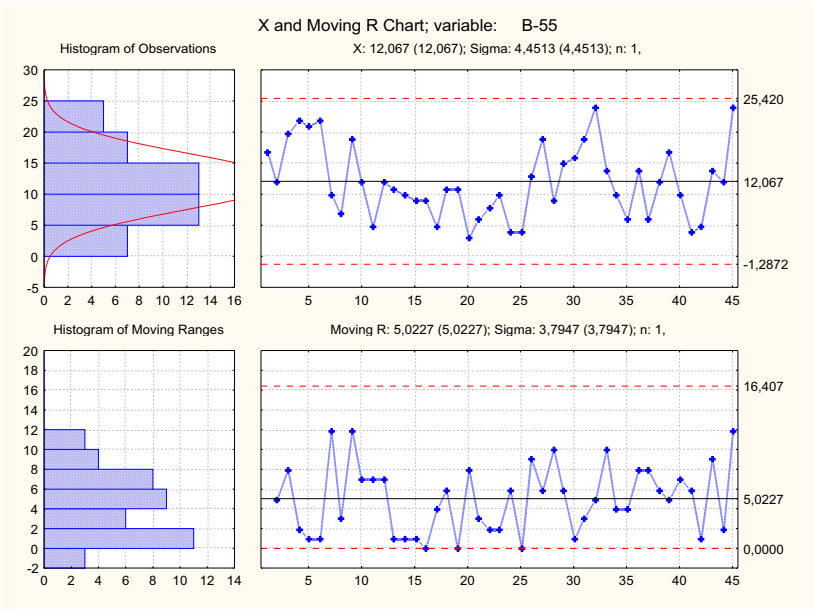
Slika 50. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-54

Raspodjela je odrezana na granici zahtjeva (Slika 50.).

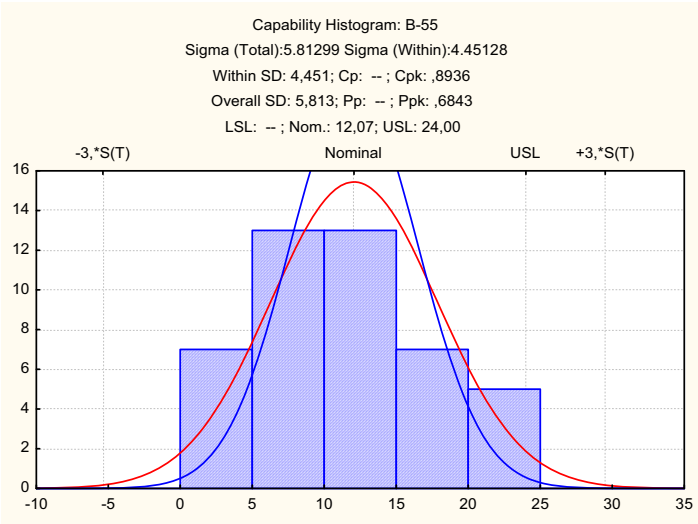
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,4826 vrlo je niska i ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom sedimenta.

5.1.4.2 Količine sedimenta iz spremnika B-55

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta prikazana je Slikom 51. a pripadajući histogram Slikom 52.



Slika 51. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-55

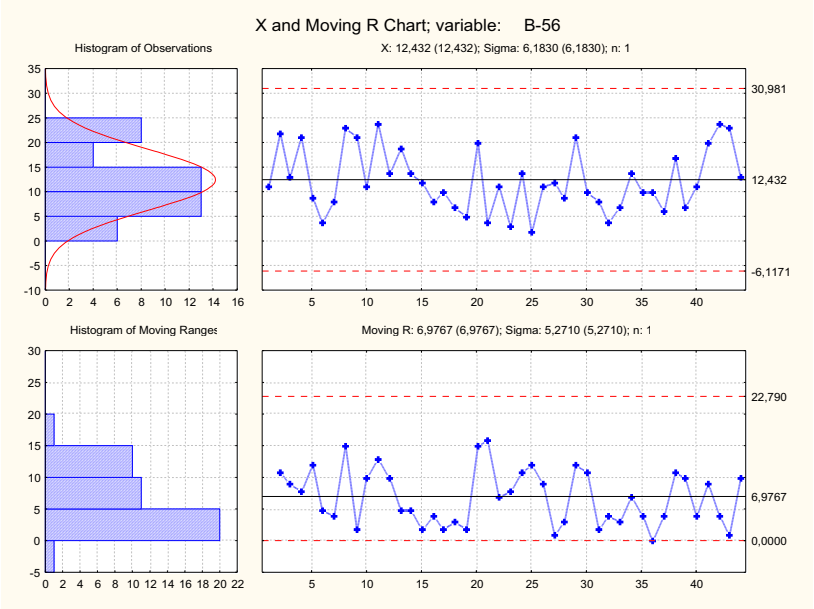


Slika 52. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-55

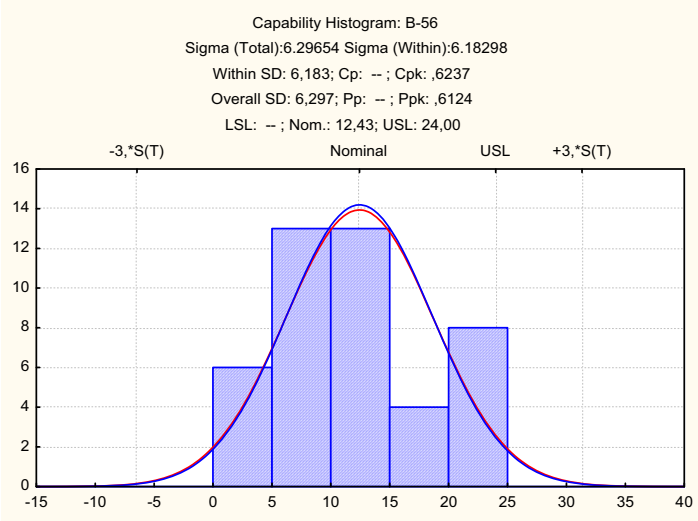
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6843 pokazuje da se ne može ispuniti zahtjev iz norme za količinom sedimenta.

5.1.4.3 Količine sedimenta iz spremnika B-56

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja za količinu sedimenta prikazana je Slikom 53., a pripadajući histogram Slikom 54.



Slika 53. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-56

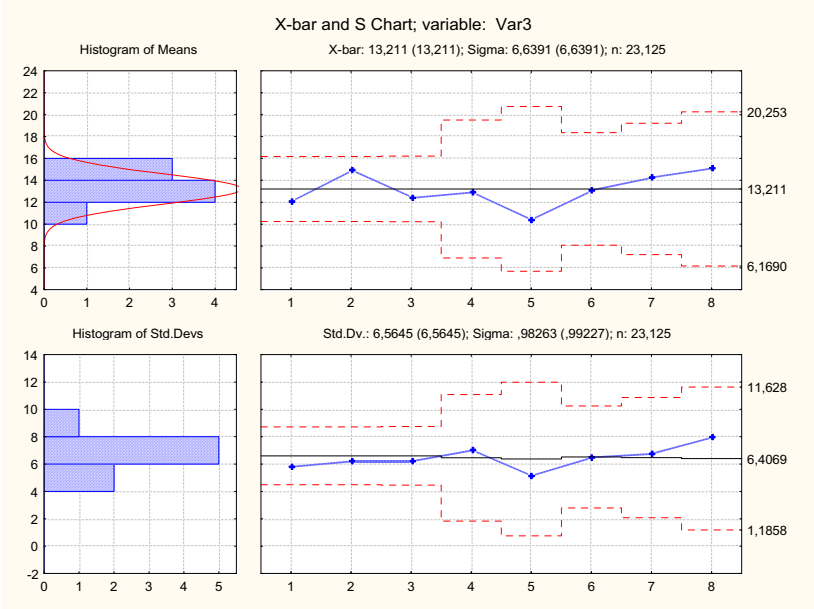


Slika 54. Histogram vrijednosti mjerenja količine sedimenta za spremnik B-56

Raspodjela je i u ovom slučaju odsječena na granici zahtjeva (Slika 54.)

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,6124 pokazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom sedimenta.

Na Slici 55. prikazani su odgovarajući statistički parametri korištenjem $\overline{x}$ -s kontrolne karte.



Slika 55. $\overline{x}$ -s kontrolna karta za količinu sedimenta po spremnicima

Karta (Slika 55.) pokazuje da nema značajnih razlika između količine sedimenta po spremnicima.

5.1.5 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika

Normom je određena najviša granica količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU, i to je:

- Gornja granična vrijednost USL= 11% težinski.

U laboratoriju koristi se tekućinski kromatograf *HPLC System*, proizvođača *Shimadzu* za mjerenje količine policikličkih aromatskih ugljikovodika postupkom koji je sukladan normi. Aparatura je prikazana na Slici 56.

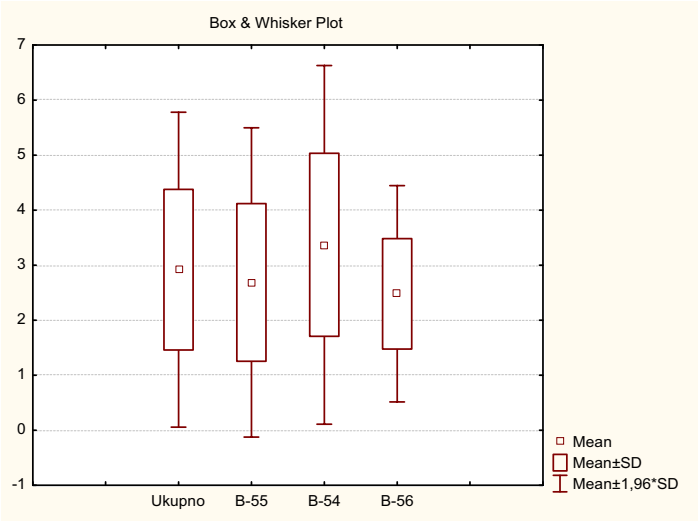
Slika 56. Aparatura za mjerenje količine policikličkih aromatskih ugljikovodika

U Tablici 14. navedene su vrijednosti temeljnih statističkih parametara policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU ukupno za sva mjerenja i mjerenja po spremnicima.

Tablica 14. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU

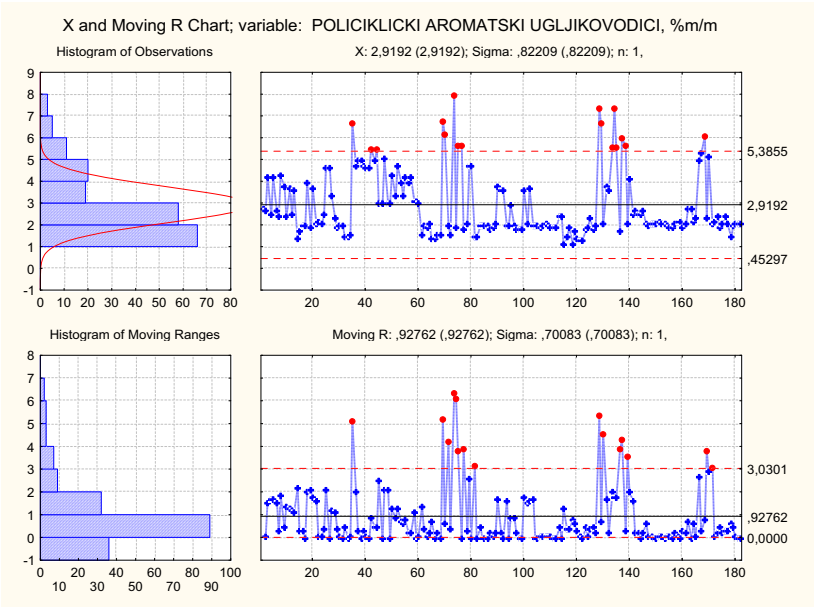
Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	182	2,91	1,1	8,0	1,45
B-54	45	2,68	1,3	5,5	1,00
B-55	43	3,36	1,1	8,0	1,43
B-56	44	2,47	1,1	7,4	1,66

Na Slici 57. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU ukupno i po spremnicima.

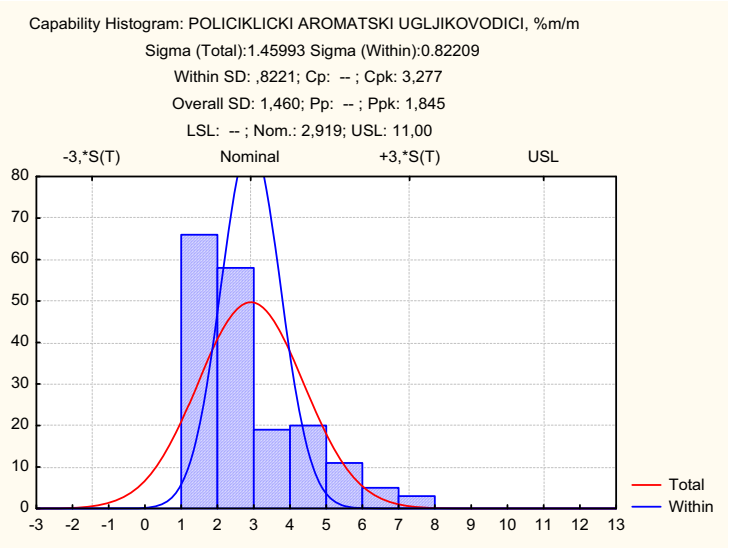


Slika 57. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u EURODIZELU

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika prikazana je Slikom 58., dok je odgovarajući histogram prikazan Slikom 59.



Slika 58. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika



Slika 59. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika

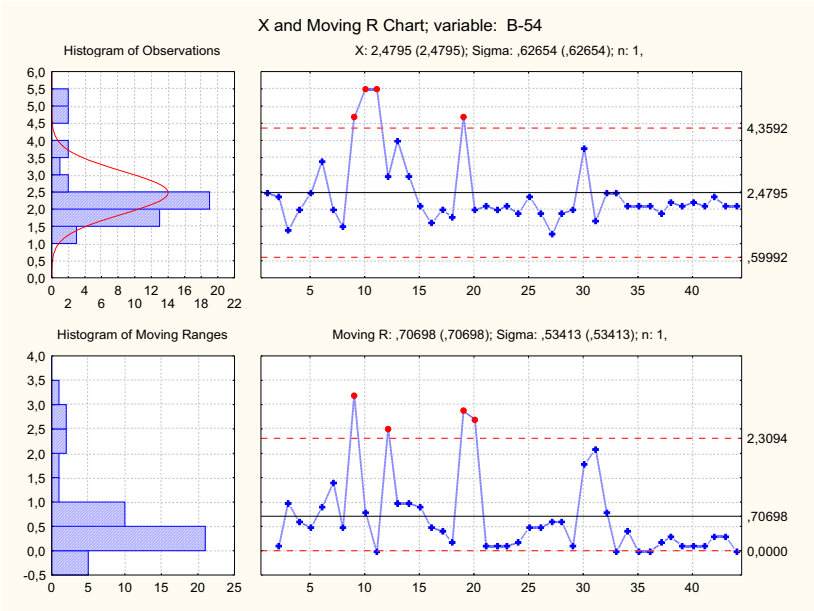
x-MR kontrolna karta (Slika 58.) i u ovom slučaju nema prirodan izgled radi različite razine sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika u spremnicima

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 1,845 ukazuje da se može ispuniti zahtjev iz norme za količinom policikličkih aromatskih ugljikovodika. Raspodjela je asimetrična.

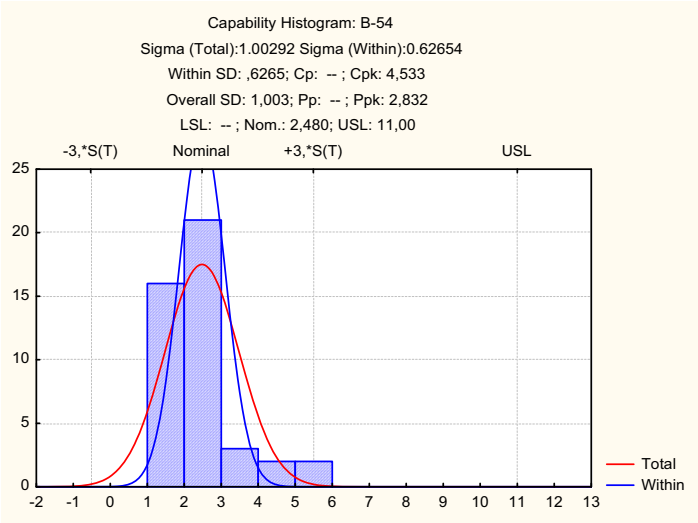
5.1.5.1 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-54

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika prikazana je na Slici 60. a odgovarajući histogram na Slici 61.

Na karti (Slika 60.) uočavaju se značajne varijacije. Može se pretpostaviti da je uzrok tome postupak mjerenja?



Slika 60. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-54

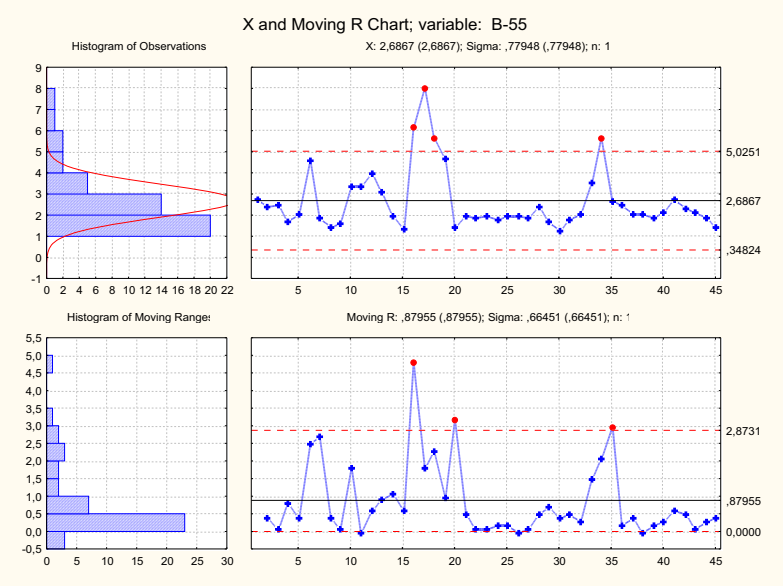


Slika 61. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-54

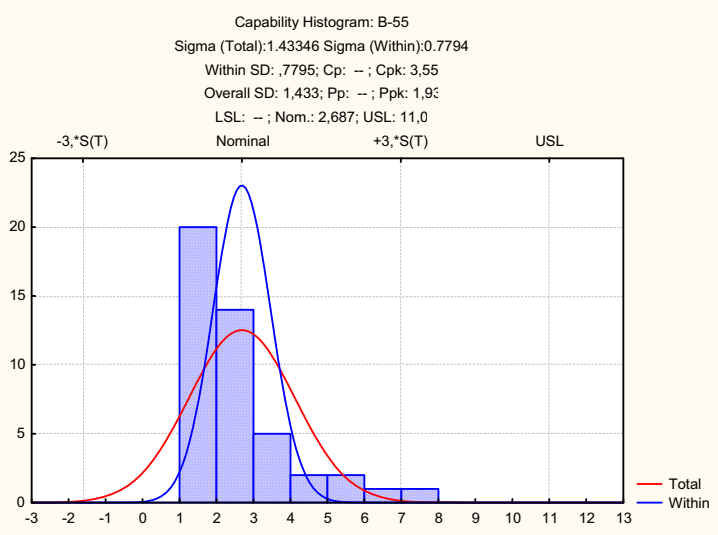
Raspodjela podataka je asimetrična. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 2,832 ukazuje da se ispunjava zahtjev iz norme za količinom policikličkih aromatskih ugljikovodika.

5.1.5.2 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-55

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika dana je na Slici 62. dok je odgovarajući histogram na Slici 63.



Slika 62. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-55



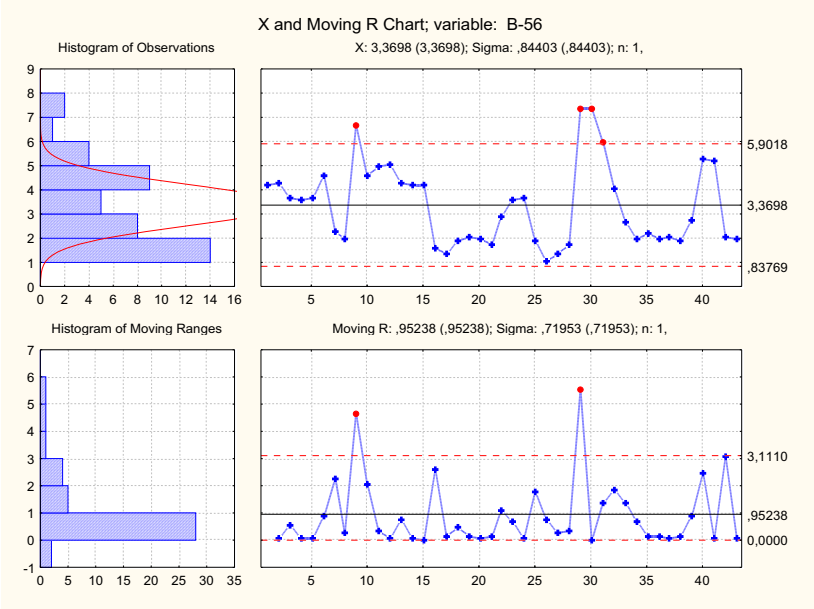
Slika 63. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-55

Izgled kontrolne karte i histograma (raspodjele) je sličan prethodnom primjeru.

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 1,933 ukazuje da se ispunjava zahtjev iz norme za količinom policikličkih aromatskih ugljikovodika.

5.1.5.3 Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika iz spremnika B-56

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika prikazana je na Slici 64. dok je pripadajući histogram na Slici 65.

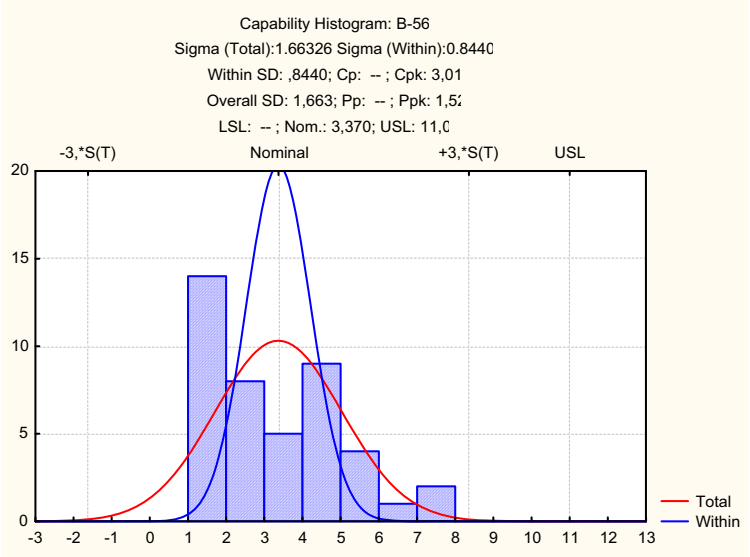


Slika 64. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-56

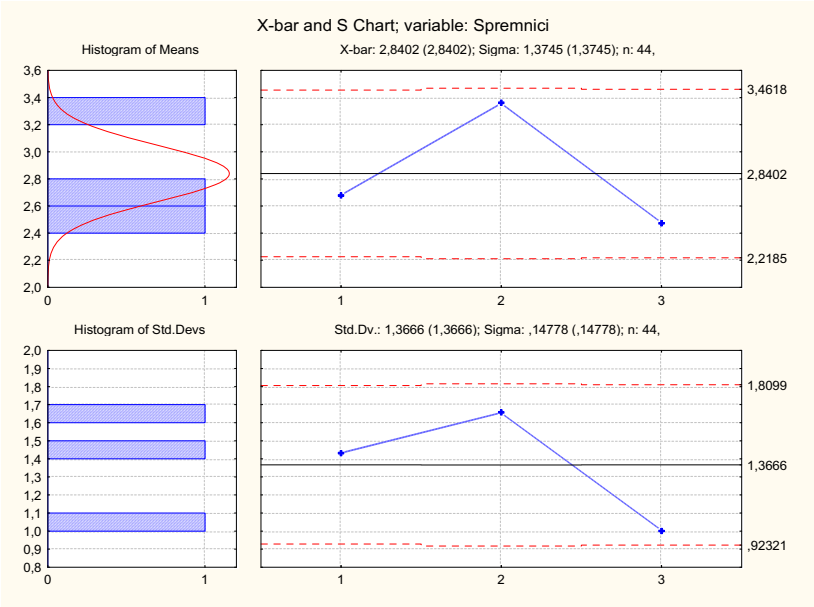
Kontrolna karta (Slika 64.) nema potrebnu slučajnu varijabilnost što može upućivati na propuste u postupku mjerenja.

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 1,529 ukazuje da se ispunjava zahtjev iz norme za količinom policikličkih aromatskih ugljikovodika.

Na Slici 66. prikazana je $\overline{x}$-s kontrolna karta za prethodno 3 analizirana spremnika. Nema značajnih razlika između količine policikličkih aromatskih ugljikovodika u spremnicima.



Slika 65. Histogram vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika za spremnik B-56



Slika 66. $\overline{x}$ -s kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine policikličkih aromatskih ugljikovodika po spremnicima

5.1.6 Cetanski broj

Normom je određena najniža granica veličine cetanskog broja EURODIZELA:

- Donja granična vrijednost USL= 51.

Laboratorij koristi CFR (*Cooperative Fuel Research*) motor tip G-13708/1 od proizvođača *Waukesha* za određivanje cetanskog broja sukladno normi. CFR motor je prikazan na Slici 67.

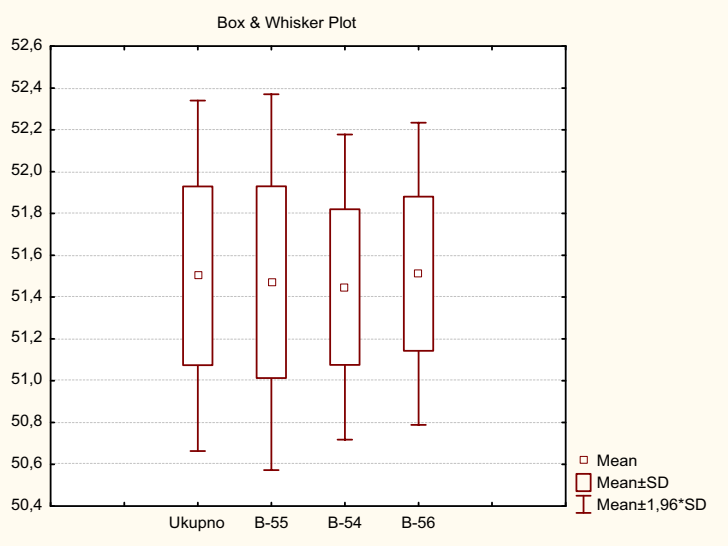
Slika 67. Aparatura za mjerenje cetanskog broja

U Tablici 15. prikazane su vrijednosti temeljnih statističkih parametara cetanskog broja EURODIZELA, ukupno za sva mjerenja i mjerenja po spremnicima.

Tablica 15. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara cetanskog broja EURODIZELA

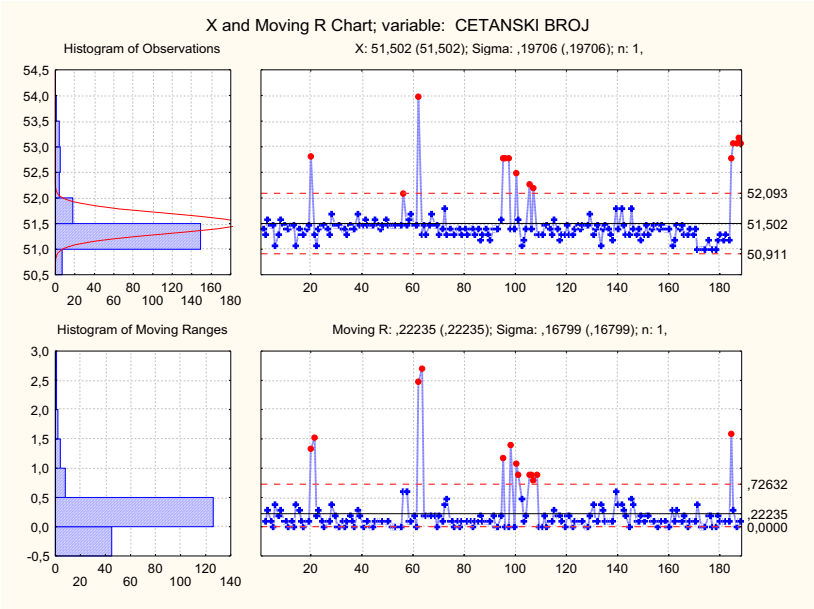
Spremnik	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	188	51,50	51,0	54,0	0,42
B-54	45	51,44	51,0	53,2	0,37
B-55	45	51,47	51,0	54,0	0,45
B-56	44	51,51	51,0	53,1	0,36

Na Slici 68. dan je prikaz "box i whisker" karte vrijednosti mjerenja cetanskog broja EURODIZELA, ukupno i po spremnicima.

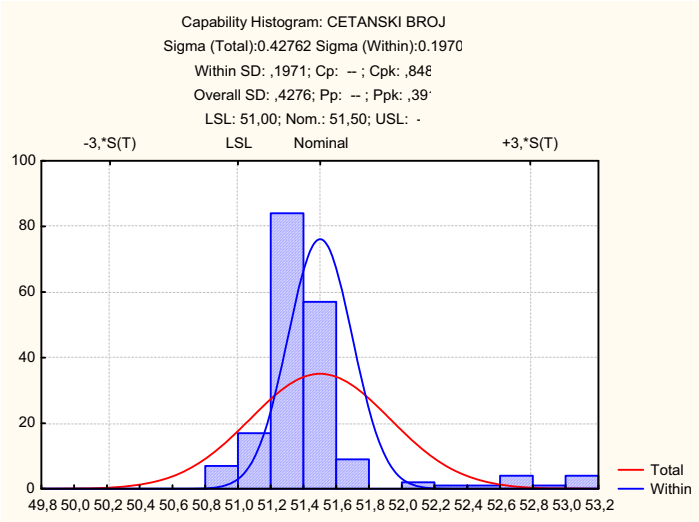


Slika 68. "Box i whisker" karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja EURODIZELA

Slikom 69. prikazana je x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja EURODIZELA a Slikom 70. pripadajući histogram.



Slika 69. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja



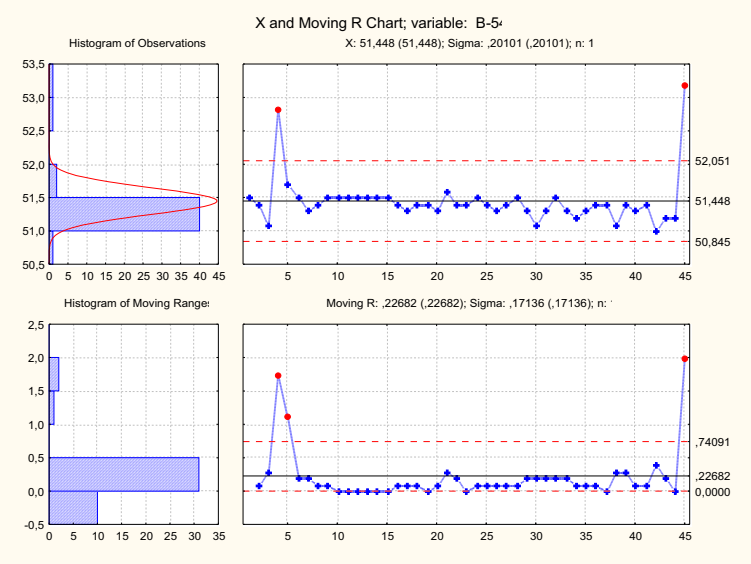
Slika 70. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja

Značajne varijacije cetanskog broja EURODIZELA uočavaju se na x-MR kontrolnoj karti (Slika 69.), što vjerojatno treba pripisati metodi mjerenja. Upitno je što nema vrijednosti ispod zadane granice (Slika 70.).

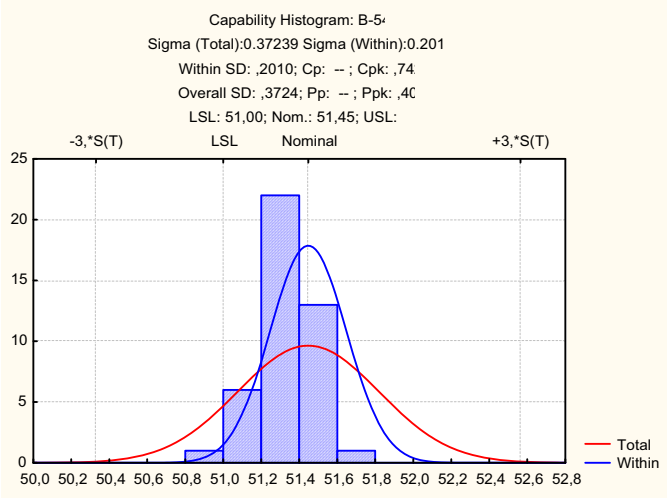
Indeks sposobnosti procesa P_{pk} = 0,3912 pokazuje da se ne ispunjavaju zahtjevi iz norme.

5.1.6.1 Cetanski broj iz spremnika B-54

Slika 71. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja cetanskog broja EURODIZELA korištenjem x-MR kontrolne karte za spremnik B-54. dok Slika 72. prikazuje histogram.



Slika 71. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-54



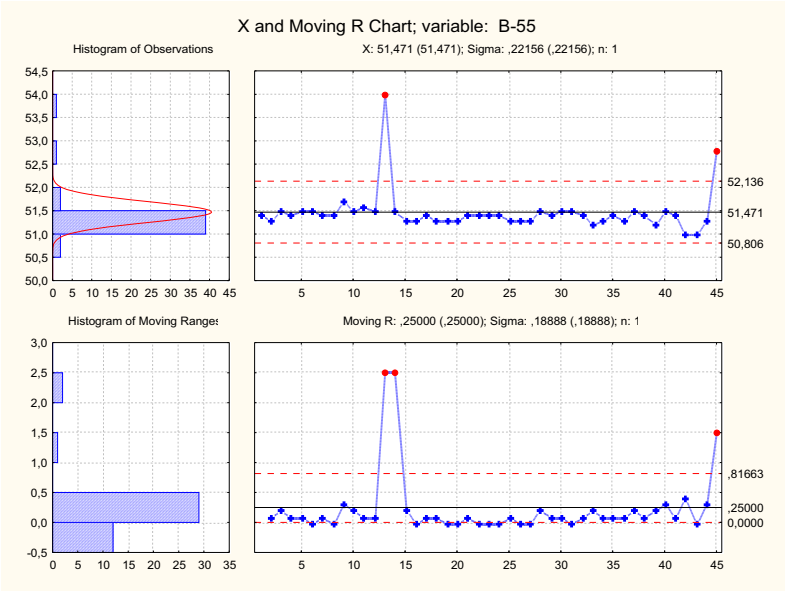
Slika 72. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-54

x-MR kontrolna karta (Slika 71.) pokazuje značajne varijacije mjerenja cetanskog broja u 3 slučaja. Uočava se mala varijabilnost uzoraka od 8 do 16.

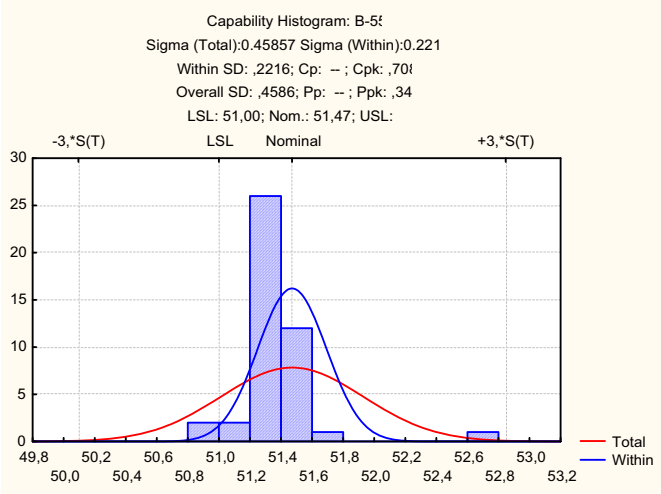
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,4006 pokazuje da se ne može ispuniti zahtjev iz norme za vrijednost cetanskog broja.

5.1.6.2 Cetanski broji iz spremnika B-55

x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja prikazana je na Slici 73. Histogram je prikazan na Slici 74.



Slika 73. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-55

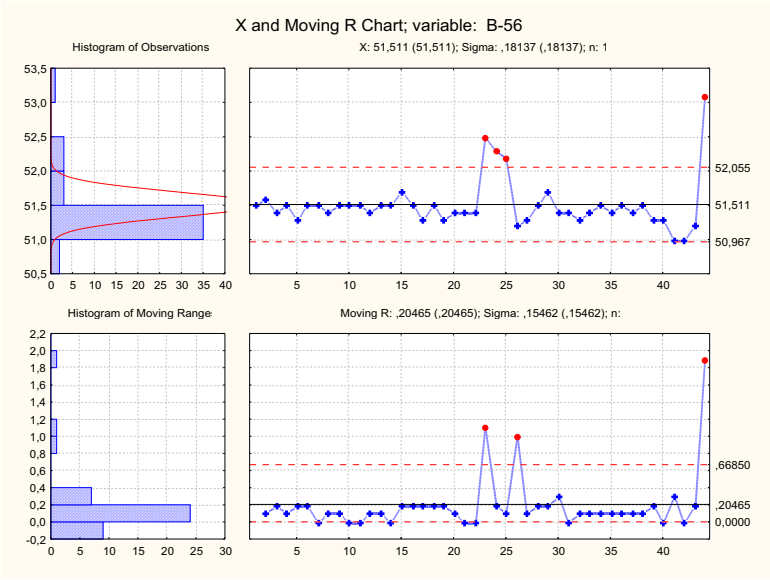


Slika 74. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-55

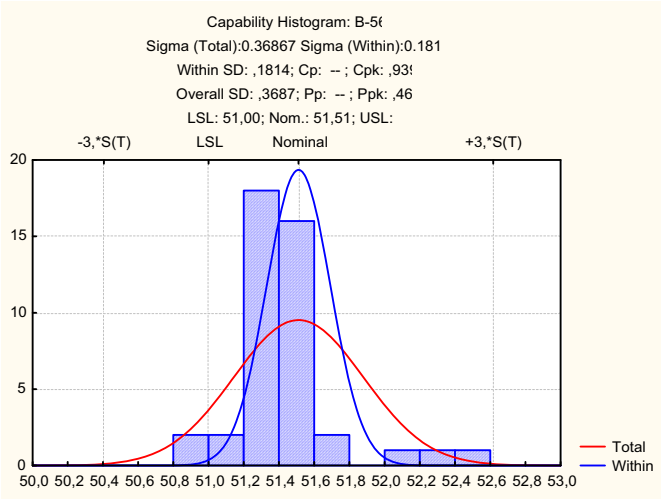
Vrijednost indeksa sposobnosti procesa je i u ovom slučaju preniska da bi se mogao ispuniti zahtjev norme P_{pk} = 0,3425.

5.1.6.3 Cetanski broj iz spremnika B-56

Slikom 75. prikazana je x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja. Slika 76. prikazuje odgovarajući histogram.



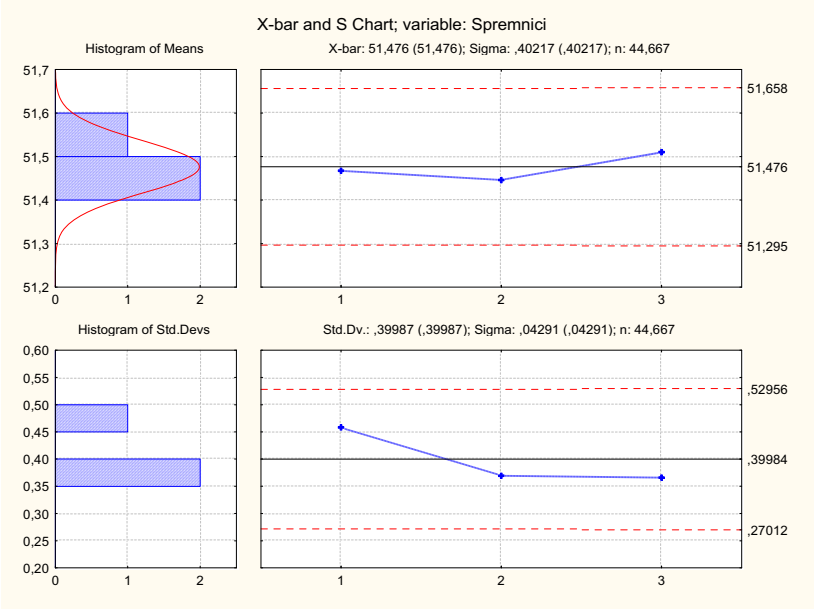
Slika 75. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-56



Slika 76. Histogram vrijednosti mjerenja cetanskog broja za spremnik B-56

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,4624 pokazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za vrijednost cetanskog broja.

Na Slici 77. prikazana je $\overline{x}$-s kontrolna karta za vrijednosti mjerenja cetanskog broja po spremnicima.



Slika 77. $\overline{x}$-s kontrolna karta vrijednosti mjerenja cetanskog broja po spremnicima

Iz Slike 77. je vidljivo da nema značajnih razlika između cetanskog broja po spremnicima.

5.2 Statistička analiza kvalitete motornog goriva EUROSUPER 95

Podaci za statističku analizu karakteristika kvalitete motornog goriva EUROSUPER 95 uzeta je iz Tablice 9. Karakteristike uzoraka motornog goriva EUROSUPER 95. Broj uzoraka čime je onemogućena statistička analiza, poput one za EURODIZEL. Stoga su u daljnjim analizama karakteristika spomenutog goriva uzeti u obzir samo sveukupni podaci a ne i podaci spremnicima.

Statističkom analizom kvalitete motornog goriva EUROSUPER 95 obuhvaćen je samo određeni broj normom propisanih karakteristika. Tu spadaju najznačajnije karakteristike za koje je broj podataka bio dovoljno velik za valjanu statističku analizu.

Ovom analizom obuhvaćene su sljedeće karakteristike EUROSUPERA 95:

- Gustoća
- Količina ukupnog sumpora
- Istraživački oktanski broj
- Količina benzena
- Količina olefina
- Količina aromata.

5.2.1 Gustoća

Normom su određene granice gustoće motornog goriva EUROSUPER 95:

- Donja granična vrijednost LSL= 720 kg/m^3
- Gornja granična vrijednost USL= 775 kg/m^3

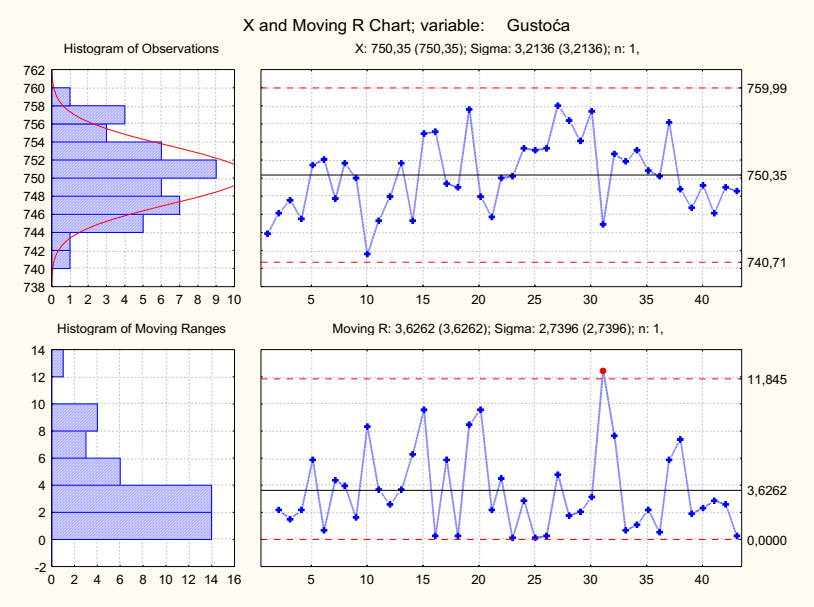
Norma kojom se propisuje mjerenje gustoće ista je kao i za EURODIZEL. Vidi točku 5.1.1.

U Tablici 16. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara gustoće EUROSUPERA 95.

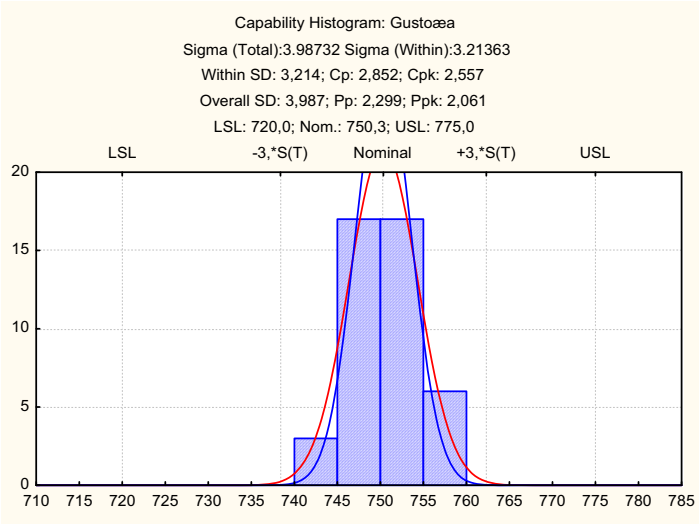
Tablica 16. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara gustoće EUROSUPERA 95

	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	750,34	741,7	758,2	3,98

Slika 78. daje prikaz variranja vrijednosti mjerenja gustoće EUROSUPERA 95 korištenjem x-MR kontrolne karte, a Slika 79. prikazuje odgovarajući histogram.



Slika 78. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja gustoće



Slika 79. Histogram vrijednosti mjerenja gustoće

Vrijednosti indeksa sposobnosti procesa P_p = 2,299 i P_{pk} = 2,061 pokazuju da se zahtjevi za gustoćom iz norme mogu u potpunosti ostvariti.

5.2.2 Količina ukupnog sumpora

Normom je određena najviša količina ukupnog sumpora u EUROSUPERA 95, i to:

- Gornja granična vrijednost USL= 50 mg/kg.

Količina ukupnog sumpora mjeri se i određuje isto kao i za EURODIZEL. Vidi točku 5.1.3.

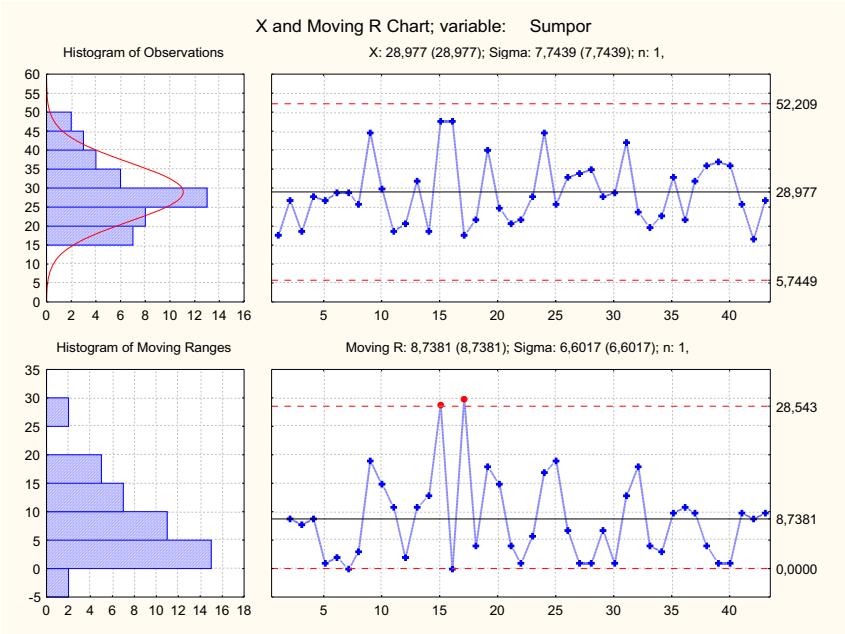
U Tablici 17.prikazane su vrijednosti mjerenje temeljnih statističkih parametara ukupne količine sumpora u EUROSUPERU 95.

Tablica 17. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara ukupne količine sumpora EUROSUPERA 95

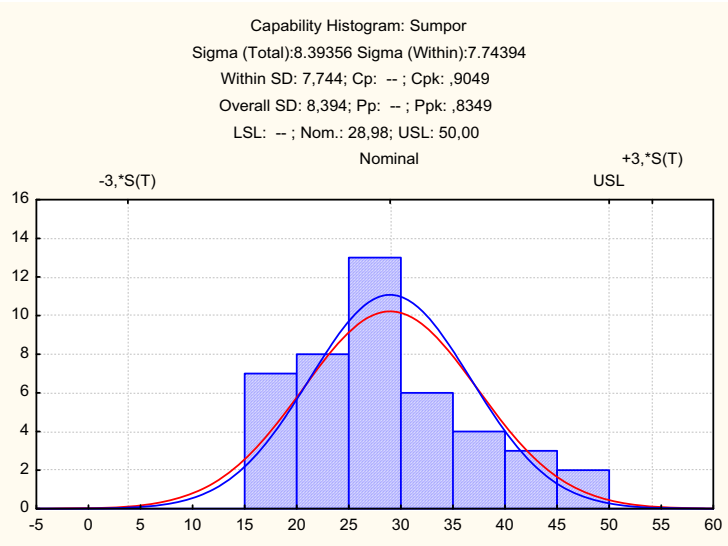
	n	$\bar{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	28,97	17,0	48,0	8,39

x-MR kontrolna karta rezultata mjerenja količine ukupnog sumpora prikazana je na Slici 80. Slika 81. Prikazuje pripadajući histogram.

Raspodjela podataka (Slika 80.) nije odmaknuta od granice zahtjeva, te statistički treba očekivati i vrijednosti iznad granice. Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,8349 koja ukazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom ukupnog sumpora to potvrđuje.



Slika 80. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora



Slika 81. Histogram vrijednosti mjerenja količine ukupnog sumpora

5.2.3 Istraživački oktanski broj (IOB)

Normom je određen minimalni istraživački oktanski broj (IOB) EUROSUPERA 95:

- Donja granična vrijednost LSL= 95.0.

Na Slici 82. prikazana je aparatura CFR motor tip A0240482 proizvođača *Waukesha*, kojom se koristi laboratorij za mjerenje IOB-a na normom propisani način.

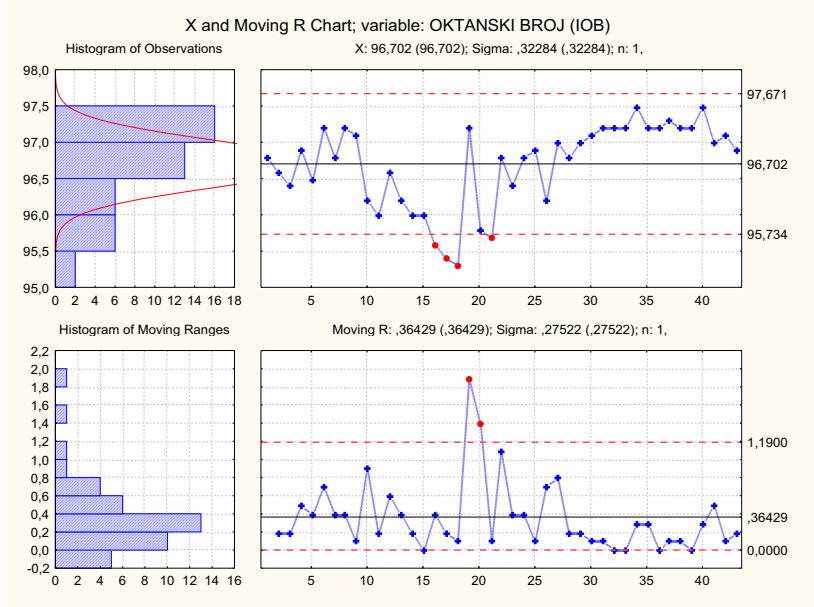
Slika 82. Aparatura za određivanje IOB-a

U Tablici 18. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara IOB-a.

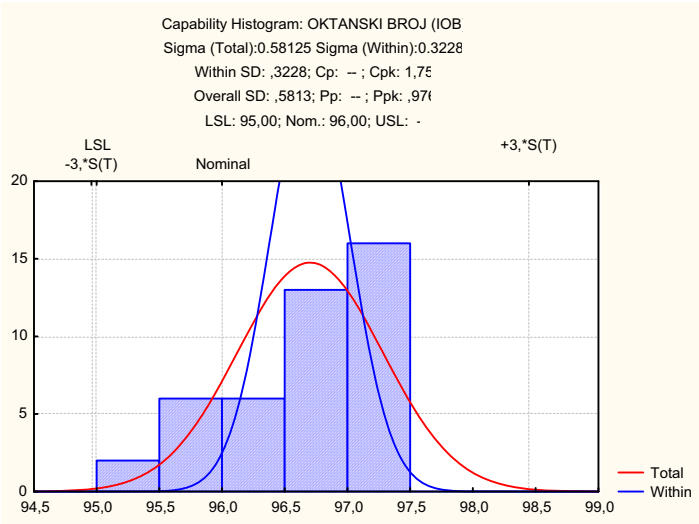
Tablica 18. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara IOB-a

	n	$\bar{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	96,70	95,3	97,5	0,58

Rezultati mjerenja IOB-a EUROSUPERA 95 prikazani su korištenjem x-MR kontrolne karte na Slici 83. Na Slici 84. prikazan je pripadajući histogram.



Slika 83. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja IOB-a



Slika 84. Histogram vrijednosti mjerenja IOB-a

Kontrolna karta (Slika 83.) pokazuje na svom početku negativni trend, a potom pozitivni trend vrijednosti oktanskog broja. Uzrok vjerojatno treba tražiti u promjeni spremnika i miješanju goriva u spremnicima. Raspodjela podataka (Slika 84.) je pozitivno asimetrična, a uzrok je teško objasniti.

Vrijednost indeksa sposobnost procesa P_{pk} = 0,9762 ukazuje da je na samoj granici ispunjavanje zahtjeva iz norme za istraživačkim oktanskim brojem.

5.2.4 Količina benzena

Normom je određena najveća količina benzena u EUROSUPERU 95:

- Gornja granična vrijednost USL= 1,0% volumno.

Za određivanje količine benzena, sukladno normom, laboratorij koristi plinski kromatograf GC-2014, proizvođača *Shimadzu*, koji je prikazan na Slici 85.

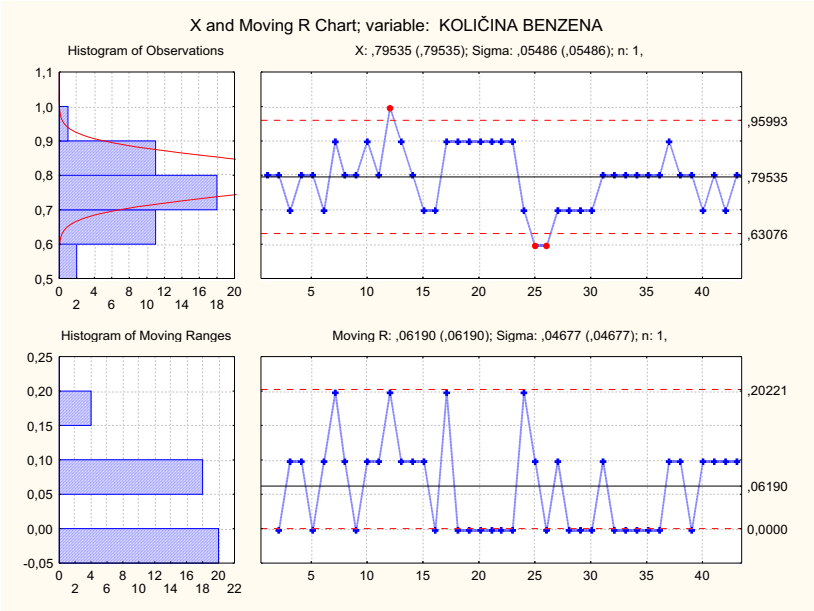
Slika 85. Aparatura za mjerenje količine benzena

U Tablici 16. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine benzena u EUROSUPERU 95.

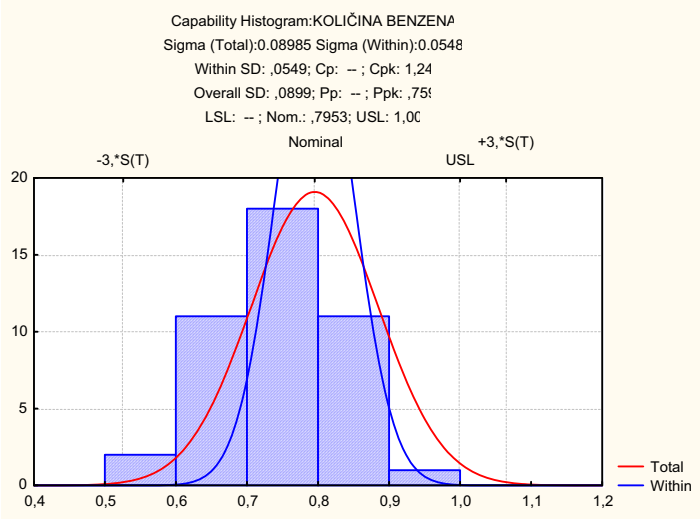
Tablica 19. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine benzena u EUROSUPERU 95

	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	0,79	0,6	1,0	0,09

Slikom 86. prikazani su rezultati mjerenja količine benzena u EUROSUPERU 95 korištenjem x-MR kontrolne karte. Slikom 87. prikazan je histogram.



Slika 86. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine benzena



Slika 87. Histogram vrijednosti mjerenja količine benzena

Izgled kontrolne karte na Slici 86. ukazuje na primjenu nedovoljno osjetljive metode mjerenja količine benzena (nedostatna osjetljivost instrumenta – mjerne metode).

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,7592 pokazuje da se ne može ispuniti zahtjev iz norme za količinom benzena.

5.2.5 Količina olefina

Normom je određena najveća količina olefina u motornom gorivu EUROSUPER 95:

- Gornja granična vrijednost USL= 18,0% volumno.

Laboratorij koristi aparaturu *FIA*, model: *FIA 1319-4* koja je prikazana na Slici 88. za mjerenje količine olefina određenih normom.

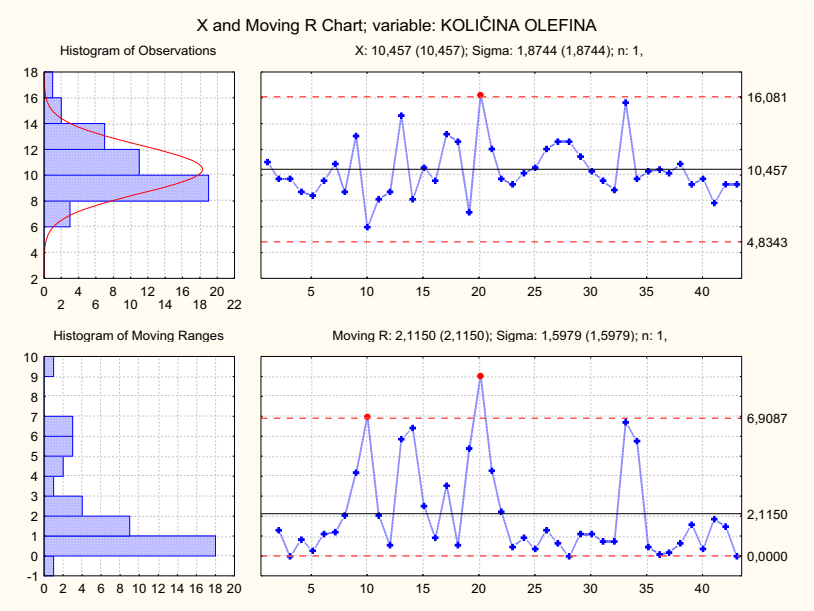
Slika 88. Aparatura za mjerenje količine olefina

U Tablici 20. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara mjerenja količine olefina u EUROSUPERU 95.

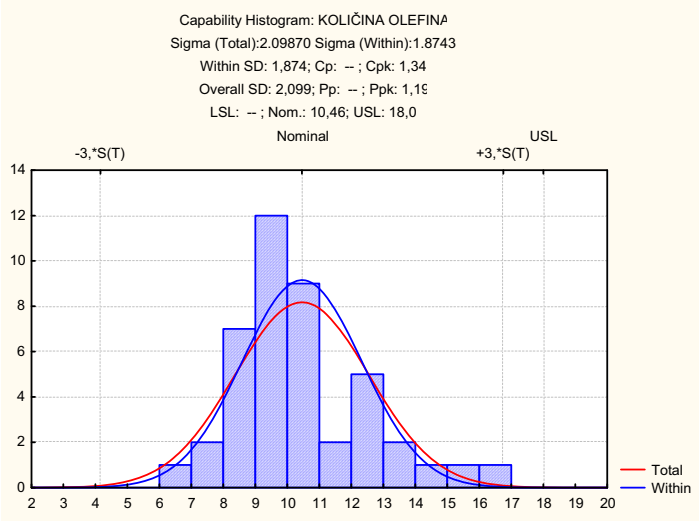
Tablica 20. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine olefina u EUROSUPERU 95

	n	$\bar{x}$ -	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	10,45	6,1	16,3	2,1

Slika 89. daje prikaz rezultata mjerenja količine olefina u EUROSUPERU 95 korištenjem x-MR kontrolne karte dok Slika 90. prikazuje pripadajući histogram.



Slika 89. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine olefina



Slika 90. Histogram vrijednosti mjerenja količine olefina

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 1,198 ukazuje da se ispunjava zahtjev iz norme za količinom olefina.

5.2.6 Količina aromata

Normom je određena najveća količina aromata u motornom gorivu EUROSUPERU 95:

- Gornja granična vrijednost USL= 35,0% volumno.

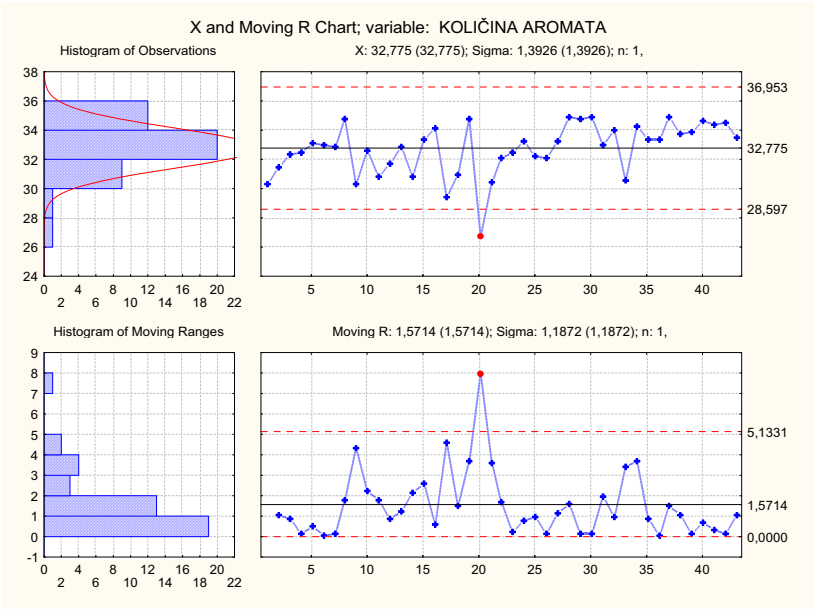
Količina aromata određena je istom normom kao i količina olefina te se upotrebljava ista aparatura (vidi točku 5.2.5).

U Tablici 21. prikazane su vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine aromata u EUROSUPERU 95.

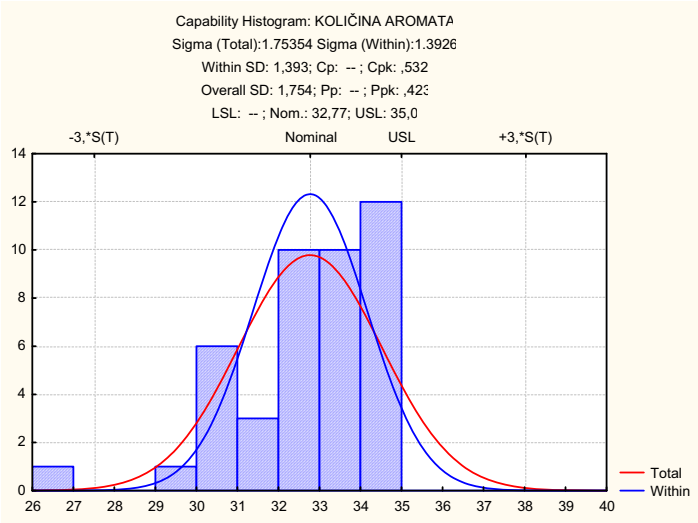
Tablica 21. Vrijednosti mjerenja temeljnih statističkih parametara količine aromata u EUROSUPERU 95

	n	$\overline{x}$	Minimalna	Maksimalna	s
Ukupno	43	32,77	26,8	35,0	1,75

Rezultati mjerenja količine aromata u EUROSUPERU 95 korištenjem x-MR kontrolne karte prikazani su na Slici91. Histogram rezultata mjerenja prikazan je na Slici 92.



Slika 91. x-MR kontrolna karta vrijednosti mjerenja količine aromata



Slika 92. Histogram vrijednosti mjerenja količine aromata

Raspodjela rezultata mjerenja aromata (Slika 92.) odsječena je na granici zahtjeva.

Vrijednost indeksa sposobnosti procesa P_{pk} = 0,423 vrlo je niska i ukazuje da se ne ispunjava zahtjev iz norme za količinom aromata.

5.3 Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki motornih goriva

Na sljedećim tablicama prikazani su sumarni rezultati statističke obrade značajki goriva. Tablicama se prikazuje slijedeće:

- Jesu li su statistički procesi pod kontrolom
- Je li je raspodjela normalna
- Je li je proces sposoban
- Jesu li su značajne razlike po spremnicima za EURODIZEL.

5.3.1 Analiza rezultata mjerenja značajki EURODIZELA

U Tablici 22. prikazan je sumarni prikaz rezultata mjerenje značajki EURODIZELA.

Tablica 22. Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki EURODIZELA

Značajka	Spremnik	Aritm. sredina	Min.	Max.	LSL	USL	P_{pk}
Gustoća kg/m³	Svi	834,94	825,2	843,4	820	845	0,9923
	B-54	834,86	830,0	840,8			1,528
	B-55	835,72	830,6	842,8			1,074
	B-56	834,29	825,2	841,5			0,8828
Količina vode mg/kg	Svi	119,22	37,0	199,0	-	200	0,6249
	B-54	118,75	44,0	191,0			0,6483
	B-55	126,13	40,0	199,0			0,5351
	B-56	117,93	37,0	193,0			0,6069
Količina ukupnog sumpora mg/kg	Svi	29,66	9,0	50,0	-	50	0,6415
	B-54	25,37	11,0	50,0			0,9462
	B-55	26,44	9,0	48,0			0,7951
	B-56	32,88	14,0	50,0			0,5069
Količina sedimenta mg/kg	Svi	13,14	2,0	24,0	-	24	0,5738
	B-54	15,00	4,0	24,0			0,4826
	B-55	12,06	3,0	24,0			0,6843
	B-56	12,43	2,0	24,0			0,6124
Količina PAU %	Svi	2,91	1,1	8,0	-	11	1,845
	B-54	2,68	1,3	5,5			2,832
	B-55	3,36	1,1	8,0			1,933
	B-56	2,47	1,1	7,4			1,529
Cetanski broj	Svi	51,50	51,0	54,0	51	-	0,3912
	B-54	51,44	51,0	53,2			0,4006
	B-55	51,47	51,0	54,0			0,3425
	B-56	51,51	51,0	53,1			0,4624

Temeljem provedene statističke analize rezultata mjerenja značajki EURODIZELA može se glede kvalitete navedenog goriva zaključiti sljedeće:

- Svi rezultati mjerenja su unutar zahtijevanih granica (Tablica 8.). Temeljem ove činjenice mogli bismo tvrditi da kvaliteta goriva odgovara zahtjevima. Međutim, to je prividno zadovoljavanje kvalitete.
- Statističkom analizom rezultata mjerenja utvrđen je čitav niz anomalija koje statistika ne može razjasniti. Vjerojatno je najveći problem u samim rezultatima mjerenja, odnosno primijenjenim postupcima mjerenja (osoblje, oprema, uvjeti i dr.).
- Indeksi sposobnosti procesa su na nedopustivo niskim razinama. To se posebice odnosi na:
    - Cetanski broj
    - Količinu vode
    - Količinu ukupnog sumpora
    - Količinu sedimenta.
- Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) u potpunosti ispunjava zahtjeve normi
- Gustoća je na granici sposobnosti.

Analizama $\overline{x}$-s kontrolnih karata utvrđeno je da nema značajnih razlika u vrijednostima karakteristika EURODIZELA po spremnicima, osim kod gustoće gdje je uočeno manje rasipanje mjerenja u spremniku B-55 od rasipanja u ostalim spremnicima.

Osim navedenih tvrdnji nesigurno je donositi zaključke o utjecajima miješanja goriva, razlikama između spremnika i sl. jer neprirodne varijacije u kontrolnim kartama i neprirodne raspodjele rezultata mjerenja ukazuju na veliku nesigurnost istih.

5.3.2 Analiza rezultata mjerenja značajki EUROSUPERA 95

U Tablici 23. prikazan je sumarni prikaz rezultata mjerenje značajki EUROSUPERA 95.

Tablica 23. Sumarni prikaz statističke analize rezultata mjerenja značajki EUROSUPERA 95

Značajka	Aritm. sredina	Min.	Max.	LSL	USL	P_{pk}
Gustoća kg/m³	750,34	741,7	758,2	720	775	2,061
Količina ukupnog sumpora mg/kg	28,97	17,0	48,0	-	50	0,8349
IOB	96,70	95,3	97,5	95	-	0,9762
Količina benzena %	0,79	0,6	1,0	-	1	0,7592
Količina olefina %	10,45	6,1	16,3	-	18	1,198
Količina aromata %	32,77	26,8	35,0	-	35	0,423

Statistička analiza rezultata mjerenja značajki EUROSUPERA pokazuje sljedeće:

- I u ovom slučaju svi rezultati mjerenja nalaze se unutar zahtijevanih granica (Tablica 9.).
- Također se, kao i kod EURODIZELA, može reći da je kvaliteta zadovoljavajuća, ali samo prividno.
- Kontrolne karte i histogramski prikazi ukazuju na niz statističkih (slučajnih) nedostataka.
- Kontrolna karta za rezultate mjerenja količine benzena otkriva nedovoljnu osjetljivost primijenjene mjerne metode. Upitna je pouzdanost (nesigurnost) rezultata mjerenja, a time i detaljnija statistička analiza uz odgovarajuće zaključke.
- Indeksi sposobnosti procesa su na višoj razini nego kod EURODIZELA:
    - Gustoća i količina olefina u potpunosti ispunjavaju zahtjeve
    - Količina ukupnog sumpora
    - Količina benzena
    - Istraživački oktanski broj na granici ispunjavaju zahtjev
    - Zahtjev za količinom aromata se ne ispunjava.

6. ANALIZA TRENUTNIH MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE RAFINERIJE

Cilj ovog poglavlja je analizirati mogućnosti odabrane rafinerije (čiji su osnovni proizvodi naftna goriva) u pogledu mogućnosti udovoljavanja sadašnjim i budućim (očekivanim) zahtjevima EURO normi.

6.1 Postojeća rafinerijska postrojenja

Rafinerija je u cjelini jako složen proizvodni sustav. Pored procesnih postrojenja koja su okosnica svake rafinerijske proizvodnje, tu još spadaju energetske jedinice i pomoćni sustavi.

Procesna postrojenja čine skup jedinica u kojima se odvija prerada nafte u namjeri da se proizvedu komponente za naftna goriva.

Energetske jedinice osiguravaju potrebnu energiju i pomoćne medije za procesna postrojenja. Tu ubrajamo slijedeće jedinice:

- Proizvodnja vodene pare s pripremom kotlovske napojne vode
- Proizvodnja električne energije
- Priprema i sustav rashladne vode,
- Priprema i sustav pogonskog i instrumentacijskog zraka,
- Sustav dobave dušika,
- Sustave loživog plina i loživog ulja
- Sustave za doziranje raznih kemikalija i aditiva.

Pomoćne sustave čine:

- Skladišni prostor za naftu, poluproizvode i gotove komercijalne proizvode s pripadajućim pumpaonicama za transport tekućih ugljikovodika i za proces namješavanja
- Istakački sustavi za punjenje auto cisterni, željezničkih cisterni i tankera
- Sustav cjevovoda koji povezuju procesna postrojenja, energetske jedinice, sustav skladišnih spremnika i istakača u jedinstveni sustav

- Sustav baklje, koji služi za spaljivanje ugljikovodika ispuštenih iz sigurnosnih i odušnih ventila
- Sustav elektroenergetskih kabela i trafostanica za napajanje potrošača potrebnom električnom energijom
- Složeni sustav gromobrana i uzemljenja
- Sustav komunikacijskih kabela s pogonskim računalima za prijenos informacija i upravljanje radom procesnih postrojenja, energetskih jedinica i pomoćnih sustava.

Struktura procesnih postrojenja podređena je vrsti ugljikovodika koje treba proizvesti iz nafte pa razlikujemo rafinerije za proizvodnju goriva i rafinerije za proizvodnju sirovina za petrokemijsku industriju ili pak rafinerije koje su u stanju proizvoditi obje skupine ugljikovodika.

Odabrana rafinerija proizvodi u prvom redu naftna goriva. Dio proizvoda tj. poluproizvoda može se plasirati na tržište kao sirovina za petrokemijsku industriju. Rafinerija trenutno ima 17 procesnih postrojenja, od kojih svako ima svoju jedinstvenu ulogu u proizvodnji, povezanih u jedinstvenu proizvodnu cjelinu. Njezin nominalni kapacitet prerade je 4,5 milijuna tona nafte godišnje.

Popis postojećih procesnih postrojenja s nazivnim godišnjim kapacitetom prikazan je Tablicom 24.

Tablicom navedena procesna postrojenja povezana su međusobno u sustav rafinerije kako je prikazano je na Slici 93. Radi jednostavnosti prikazana je samo shema povezivanja glavnih procesnih tokova bez energetskih i pomoćnih sustava rafinerije.

Iz sheme povezivanja procesnih postrojenja razvidno je koji ugljikovodici kao sirovine ulaze u pojedina postrojenja, odnosno koji ugljikovodici izlaze iz postrojenja kao proizvodi. Gotovo svi proizvodi iz postrojenja idu u sustav namješavanja goriva. Namješavanjem se dobiju slijedeći proizvodi:

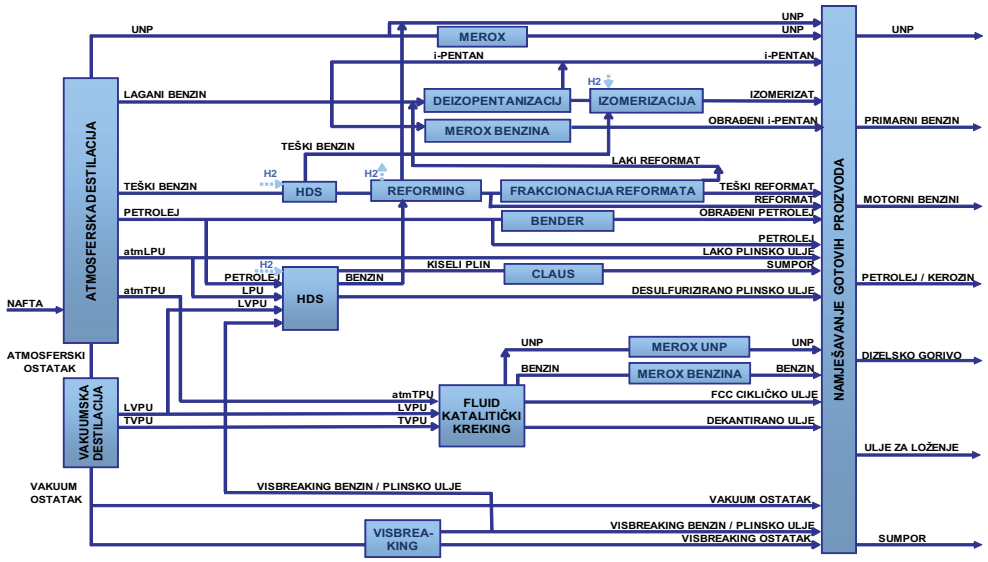
- Ukapljeni naftni plin (UNP)
- Primarni benzin
- Motorni benzini
- Petrolej/kerozin

- Dizelska goriva
- Loživa ulja
- Sumpor.

Tablica 24. Popis postrojenja rafinerije s nazivnim godišnjim kapacitetom

Naziv postrojenja	Nazivni kapacitet (t/god)
Atmosferska destilacija	4 500 000
Vakuum destilacija	1 700 000
Deizopentanizacija	315 000
Hidrodesulfurizacija benzina	141 000
Hidrodesulfurizacija plinskih ulja / Blagi hidrokreking	1 140 000 / 610 000
Reforming I	190 000
Reforming II	590 000
Bender	105 000
Fluid katalitički kreking	1 140 000
Visbreaking	610 000
Merox ukapljenog naftnog plina s atmosferske destilacije	137 000
Merox benzina	134 400
Frakcionacija reformata	438 000
Izomerizacija	233 000
Merox ukapljenog naftnog plina s FCC-a	168 000
Merox FCC benzina	504 000
Izdvajanje sumpora	20 000

Važno je napomenuti da ukapljeni naftni plin i sumpor kao proizvodi ne prolaze kroz sustav namješavanja.



Slika 93. Shema povezivanja procesnih postrojenja postojeće rafinerije

6.2 Trenutna rafinerijska proizvodnja

Trenutni kapacitet prerade rafinerije je oko 3,3 milijuna tona nafte godišnje, dakle oko 70% od nominalnog kapaciteta.

Do drastičnog smanjenja proizvodnje došlo je tijekom Domovinskog rata. Nakon završetka rata povećava se postepeno potreba tržišta za naftnim gorivima pa je sadašnja proizvodnja odraz trenutnih zahtjeva tržišta.

Trenutna prosječna godišnja rafinerijska proizvodnja prikazana je u Tablici 25. i grupirana je u nekoliko glavnih skupina s navedenim težinskim udjelom u nafti.

Iz tablice je razvidno da se najviše proizvodi dizelskih goriva, zatim benzina i ulja za loženje. Manji dio proizvodnje čine ukapljeni naftni plin te sumpor.

Kvaliteta svih rafinerijskih proizvoda sukladna je trenutno važećim Hrvatskim normama.

Tablica 25. Godišnja proizvodnja rafinerijskih proizvoda

Rafinerijski proizvod	Količina (t/god)	Udio u nafti (težinski %)
Ukapljeni naftni plin	181 500	5,5
Primarni benzin	99 000	3,0
Motorni benzin, EURO V	264 000	8,0
Motorni benzin, EURO III/IV	627 000	19,0
Dizelsko gorivo EURO V	429 000	13,0
Dizelsko gorivo EURO IV	627 000	19,0
Ulje za loženje,<1% S	0	0,0
Ulje za loženje,>1% S	716 100	21,7
Naftni koks	0	0,0
Sumpor	9 900	0,3
Interna potrošnja i gubici	346 500	10,5
Ukupno	3 300 000	100,00

6.3 Proizvodnja motornih goriva sukladno EURO normi

Pored kvaliteta dobivenih proizvoda koji su sukladni važećim Hrvatskim normama, dio proizvoda u potpunosti je sukladan i EURO IV normi. To su:

- Dizelsko gorivo EURODIZEL i
- Motorni benzin EUROSUPER 95

s najvećim dopuštenim sadržajem sumpora od 50 mg/kg.

Iz Tablice 25. Godišnja proizvodnja rafinerijskih goriva, vidljivo je da goriva EURO III/IV kvalitete čine ukupno 38% sveukupne proizvodnje Rafinerije, dakle nešto više od trećine.

Ukupna proizvodnja motornih benzina iznosi 27%, od čega samo 8% čini motorni benzin EURO V kvalitete.

Ukupna proizvodnja dizelskih goriva iznosi 32%, od čega samo 13% čini dizelsko gorivo EURO V kvalitete.

Posebno je uočljivo da ukupnu proizvodnju ulja za loženje s udjelom od 21,7% posjeduje kvalitetu koja ne zadovoljava EURO V normu kvalitete jer sadrži više od 1% ukupnog sumpora. U zbilji je to 2,4% sumpora.

Može se, dakle, iz gore navedenog, zaključiti da od ukupne trenutne proizvodnje goriva motornih vozila samo manji dio zadovoljava EURO V norme kvalitete s najvećim dopuštenim sadržajem ukupnog sumpora od 10 mg/kg.

6.4 Novi zahtjevi pri proizvodnji goriva u rafineriji

Bitna povećanja proizvodnje motornih goriva, kvalitete sukladne, uskoro, važećim EURO normama, nije moguće postići trenutno instaliranim postrojenjima u rafineriji jer ona svojim tehnologijama, jednostavno, ne može postići zahtijevane kriterije kvalitete goriva.

Nove tehnologije omogućavaju, dakako, neprekinutu proizvodnju motornih goriva i ulja za loženje prema EURO V normi.

Važan naglasak pri osuvremenjivanju rafinerije treba biti i što veća profitabilnost proizvodnje. Znači, što veća proizvodnja goriva za motorna vozila i što je moguće manja proizvodnja loživih ulja, jer ona imaju znatno niže cijene na tržištu.

Pri odabiru novih postrojenja za suvremenu rafineriju, postavljaju se sljedeći glavni zahtjevi:

- Ukloniti sumpor iz goriva na razine normom zahtijevane kvalitete goriva
- Proizvesti što je više moguće visokovrijednih goriva (motornih benzina i dizelskog goriva) na račun manje vrijednih (loživa ulja)
- Odabrati i uskladiti kapacitete novih postrojenja kako bi rafinerija imala skladnu i harmoniziranu proizvodnju
- Pri odabiru tehnologija posebnu pažnju posvetiti zadovoljavajućem smanjenju štetnih emisija iz rafinerije koje treba svesti na mjeru sukladno važećim normama
- Iskoristiti zaključke statističke analize rezultata mjerenja karakteristika goriva radi postizavanja zahtjeva norme kvalitete.

7. PRIJEDLOG PLANA RAZVOJA RAFINERIJE

Cilj ovog poglavlja je predložiti plan razvoja proizvodnih kapaciteta analizirane rafinerije uz procjene potrebnih ulaganja i očekivanih efekata.

Vodeći se na kraju prethodnog poglavlja postavljenim kriterijima, potrebno je odabrati nova postrojenja visoko kvalitetnih tehnologija kako bi se postigli zadani ciljevi proizvodnje pri radu rafinerije na njezinom nominalnom preradbenom kapacitetu od 4,5 milijuna tona nafte godišnje. Označeni kapacitet odgovara mogućem parcijalnom udjelu rafinerije na regionalnom tržištu. Dobra lokacija te dobra logistička potpora uz zadovoljavajuće nisku cijenu transportnih troškova proizvoda na tržište daje puni optimizam vraćanju rafinerije na njezin nominalni kapacitet.

Da bi se izvršio optimalan odabir potrebnih novih tehnologija te njihovo harmonično uklapanje u postojeći rafinerijski sustav potrebno je izvršiti sveobuhvatnu procjenu rada rafinerije kao jedinstvenog sustava. Treba, znači, postaviti čvrste osnove određenih parametara kako bi se mogli usredotočiti na relativno mali broj mogućih rješenja.

7.1 Odabir kvalitete nafte

U prvom redu potrebno je definirati vrste nafti koje će, dugoročno biti dostupne i koje svojim sastavom mogu zadovoljiti kvalitetu proizvoda. Treba pri tome voditi računa o:

- Blizini tržišta na kojem su dostupne nafte
- Pouzdanosti dobave
- Prihvatljivosti cijene.

Temeljem poznatih karakteristika nafti, koje su detaljno opisane u priručniku *HPI Crude Oil Assey Handbook* neophodno je izraditi analizu najčešćih, mogućih slučajeva namješavanja nafti i tako definirati ulaznu sirovinu.

Priručnik *HPI Crude Oil Assey Handbook* u svojim tablicama prikazuje:

- Temeljne karakteristike svake nafte posebno
- Standardne iscrpke raznih ugljikovodika
- Temeljne karakteristike tih ugljikovodika.

Pri simulaciji namješavanja korišteni su podaci o komercijalnim naftama, koje rafinerija svojim dugoročnim planom prerađuje:

- *Russian Export Blend*
- *Syrian Light.*

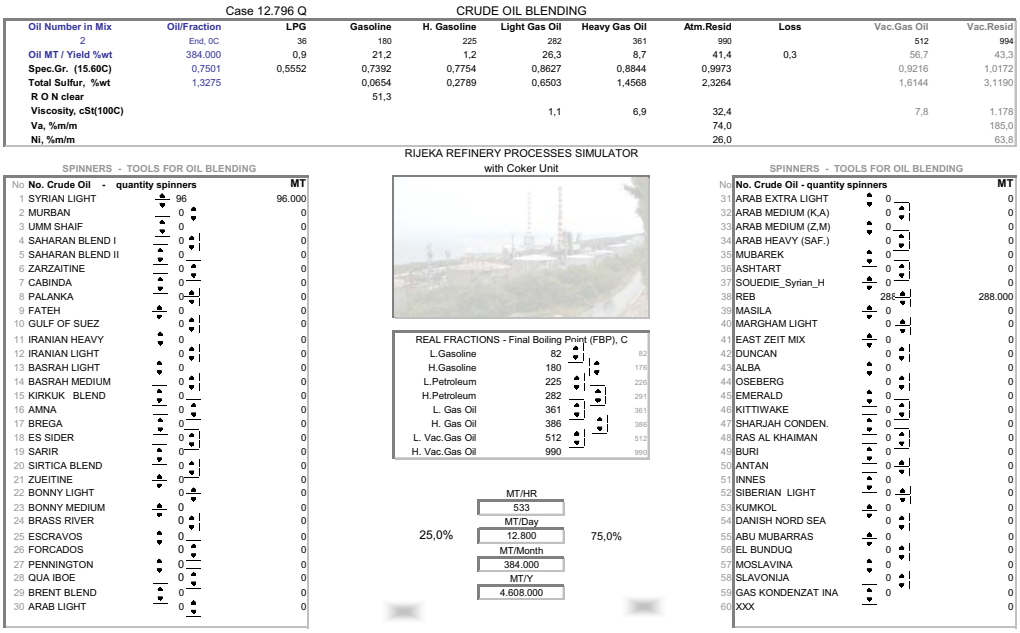
Tablica 26. prikazuje karakteristike nafte *Russian Export Blend* (REB), dok Tablica 27. prikazuje *Syrian Light*.

Napomena: Prijevod pojmova za Tablice 26 i 27 nalazi se u Privitku 3. ovog rada

Simulacija smjese ulazne nafte je izrađena temeljem predvidive mjesečne količine nafti:

- REB 288000 t
- *Syrian Light* 96000 t.

Simulacijom dobivena karakteristika smjese nafti prikazana je na Slici 94.



Slika 94. Prikaz zaslona računala za simulacijski alat namješavanja nafti

Napomena: Prijevod pojmova Slike 94. nalazi se u Privitku 4 ovog rada.

Tablica 26. Karakteristike nafte Russian Export Blend

CRUDE ID NUMBER: 147

CRUDE: REB ORIGIN: RUSSIA DATE: 1984

CRUDE PROPERTIES		CRUDE PROPERTIES		LIGHT HYDROCARBON YIELDS		
Gravity, degrees API	31,8	Conradson Carbon, wt. pct.	3,89	Component	LV PCT	WT PCT
Specific Gravity (60F/60F)	0,8665	Asphaltenes, wt. pct.	ND	Methane	0,00	0,00
Total Sulfur, wt pct.	1,5300	n-Pentane Insolubles, wt. pct.	ND	Ethane	0,09	0,04
Mercaptan Sulfur, ppm wt	ND	Reid Vapor Pressure, psia	ND	Propane	0,38	0,22
Total Nitrogen, wt pct.	ND	Flash Point, degrees F	ND	Isobutane	0,38	0,25
Pour Point, degrees F	10,0	Hydrogen Sulfide, ppm wt	ND	Normal Butane	0,85	0,57
Viscosity at 70 deg. F, cs	11,30	Neutralization Number, mg KOH/g	ND	Isopentane	0,99	0,72
Viscosity at 100 deg. F, cs	8,25	Bottom Water & Sediment, LV pct.	ND	Normal Pentan	1,03	0,75
Vanadium, ppm wt	46,48	Ash Content, wt. pct.	ND			
Nickel, ppm wt	14,74	Salt (as NaCl), lbs/1000 bbls	ND			

PRODUCT PROPERTIES		LIGHT GASOLINE	LIGHT NAPHTHA	MEDIUM NAPHTHA	HEAVY NAPHTHA	LIGHT KEROSINE	HEAVY KEROSINE	ATMOS. GAS OIL	VACUUM GAS OIL	VACUUM RESIDUE	ATMOS. RESIDUE
TBP Cut Points, degrees F	D	C5/158	158/212	212/302	302/374	374/455	455/536	536/650	650/1049	1049+	650+
TBP Cut Points, degrees C	D	C5/70	70/100	100/150	150/170	170/235	235/280	280/343	343/565	> 565	> 343
Yield, LV pct.	D	5,32	4,11	7,71	6,96	7,91	7,96	11,25	29,21	17,87	47,08
Yield, wt pct.	D	4,04	3,34	6,66	6,30	7,42	7,70	11,24	31,19	21,01	52,21
Gravity, degrees API	C	84,1	69,8	57,9	49,2	42,8	37,6	32,2	21,7	7,6	16,1
Specific Gravity (60F/60F)	D	0,6563	0,7031	0,7470	0,7830	0,8117	0,8368	0,8644	0,9235	1,0169	0,9589
VABP, degrees F	C	-	185,0	257,8	338,0	414,5	495,5	593,0	833,4	-	-
Characterization Factor	C	-	12,29	11,99	11,84	11,78	11,77	11,77	11,80	-	-
Total Sulfur, wt. pct.	D	0,0052	0,0126	0,0306	0,0759	0,2106	0,6073	1,0858	1,8092	3,4622	2,4746
Mercaptan Sulfur, ppm wt	D	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-
Total Nitrogen, wt pct.	D	-	-	-	0,00010	0,00070	0,00320	0,01300	0,17040	0,61840	0,35070
Aniline Point, degrees F	D	-	-	-	130,2	136,0	142,1	149,5	167,6	-	-
Naphthenes, LV pct	D	-	25,2	36,6	37,7	-	-	-	-	-	-
Aromatics, LV pct	D	-	3,7	7,8	16,0	21,8	27,8	-	-	-	-
Research Octane No. Clear	D	70,9	50,9	42,2	35,9	-	-	-	-	-	-
Smoke Point, mm	D	-	-	-	-	21,7	18,2	-	-	-	-
Cetane Index	C	-	-	-	-	44,9	49,5	49,7	28,4	-	-
Freeze Point, degrees F	D	-	-	-	-	-56,6	-17,7	-	-	-	-
Pour Point, degrees F	D	-	-	-	-	-66,6	-27,7	29,1	91,1	108,0	99,0
Viscosity at 100 deg. F, cs	D	-	-	-	-	1,52	2,60	5,49	74,92	-	-
Viscosity at 140 deg. F, cs	N	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND
Viscosity at 210 deg. F, cs	D	-	-	-	-	0,72	1,08	1,85	8,42	1290	30,9
Nickel, ppm wt	D	-	-	-	-	-	-	-	0,17	73,40	29,65
Vanadium, ppm wt	D	-	-	-	-	-	-	-	0,20	230,60	92,93
Conradson Carbon, wt. pct.	D	-	-	-	-	-	-	-	ND	18,53	7,50
Asphaltenes, wt. pct.	D	-	-	-	-	-	-	-	-	5,02	1,71
n-Pentane Insolubles, wt. pct.	C	-	-	-	-	-	-	-	-	11,05	4,45

PROPERTY CODES: D = Interpolation/extrapolation of assay data, C = calculated number, N = no data available

Tablica 27. Karakteristike nafte Syrian Light

CRUDE ID NUMBER: 1

CRUDE: SYRIAN LIGHT ORIGIN: SYRIA DATE: 1993

CRUDE PROPERTIES		CRUDE PROPERTIES		LIGHT HYDROCARBON YIELDS		
Gravity, degrees API	37,5	Conradson Carbon, wt. pct.	ND	Component	LV PCT	WT PCT
Specific Gravity (60F/60F)	0,8370	Asphaltenes, wt. pct.	ND	Methane	ND	ND
Total Sulfur, wt pct.	0,39	n-Pentane Insolubles, wt. pct.	ND	Ethane	0,09	ND
Mercaptan Sulfur, ppm wt	6,0	Reid Vapor Pressure, psia	ND	Propane	0,71	ND
Total Nitrogen, wt pct.	ND	Flash Point, degrees F	ND	Isobutane	0,27	ND
Pour Point, degrees F	49	Hydrogen Sulfide, ppm wt	ND	Normal Butane	1,75	ND
Viscosity at 70 deg. F, cs	ND	Neutralization Number, mg KOH/g	0,05	Isopentane	0,9	ND
Viscosity at 100 deg. F, cs	ND	Bottom Water & Sediment, LV pct.	ND	Normal Pentan	1,62	ND
Vanadium, ppm wt	5,4	Ash Content, wt. pct.	ND			
Nickel, ppm wt	9,0	Salt (as NaCl), lbs/1000 bbls	ND			

PRODUCT PROPERTIES		LIGHT GASOLINE	LIGHT NAPHTHA	MEDIUM NAPHTHA	HEAVY NAPHTHA	LIGHT KEROSINE	HEAVY KEROSINE	ATMOS. GAS OIL	VACUUM GAS OIL	VACUUM RESIDUE	ATMOS. RESIDUE
TBP Cut Points, degrees F	D	C5/158	158/212	212/302	302/374	374/455	455/536	536/650	650/1049	1049+	650+
TBP Cut Points, degrees C	D	C5/70	70/100	100/150	150/170	170/235	235/280	280/343	343/565	> 565	> 343
Yield, LV pct.	D	5,75	4,44	7,91	6,78	7,89	7,75	10,63	34,85	10,91	45,76
Yield, wt pct.	D	4,52	3,82	7,15	6,36	7,59	7,62	10,71	36,89	13,25	50,14
Gravity, degrees API	C	86,1	67,5	57,8	50,9	46,3	42,4	38,3	30,1	9,4	24,6
Specific Gravity (60F/60F)	D	0,6503	0,711	0,7476	0,7756	0,7957	0,8136	0,8332	0,8758	1,0046	0,9065
VABP, degrees F	C	-	185	257,4	338	414,4	495,4	592,8	846,1	-	-
Characterization Factor	C	-	12,15	11,97	11,96	12,02	12,11	12,21	12,48	-	-
Total Sulfur, wt. pct.	D	0,0016	0,0028	0,0105	0,0241	0,0428	0,0684	0,1081	0,2114	0,362	0,2512
Mercaptan Sulfur, ppm wt	D	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-
Total Nitrogen, wt pct.	D	-	-	-	0	0,0001	0,0006	0,0037	0,0857	0,4522	0,1825
Aniline Point, degrees F	D	-	-	-	144,6	155,5	168,5	187,1	216,7	-	-
Naphthenes, LV pct	D	-	33,7	39,6	39,3	-	-	-	-	-	-
Aromatics, LV pct	D	-	2,8	6,4	10,5	10,6	12,3	-	-	-	-
Research Octane No. Clear	D	71,0	63,0	41,4	17,2	-	-	-	-	-	-
Smoke Point, mm	D	-	-	-	-	32,8	290,2	-	-	-	-
Cetane Index	C	-	-	-	-	51,6	58,2	59,9	38,6	-	-
Freeze Point, degrees F	D	-	-	-	-	-34,1	8	-	-	-	-
Pour Point, degrees F	D	-	-	-	-	-46,7	-8,4	42,2	110,8	166	100
Viscosity at 100 deg. F, cs	D	-	-	-	-	1,49	2,43	4,6	29,84	-	-
Viscosity at 140 deg. F, cs	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viscosity at 210 deg. F, cs	D	-	-	-	-	0,77	1,08	1,61	9,05	13300	
Nickel, ppm wt	D	-	-	-	-	-	-	-	0,06	106,4	28,16
Vanadium, ppm wt	D	-	-	-	-	-	-	-	0,02	45,6	12,06
Conradson Carbon, wt. pct.	D	-	-	-	-	-	-	-	0,21	20,9	8,1
Asphaltenes, wt. pct.	D	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,4
n-Pentane Insolubles, wt. pct.	C	-	-	-	-	-	-	-	-	8,54	2,26

PROPERTY CODES: D = Interpolation/extrapolation of assay data, C = calculated number, N = no data available

Simulacija namješavanja nafti vršena je pomoću računalnog programa, razvijenog u tvrtki INA d.d., koji se temelji na karakteristikama nafti, koje su prikazane u gore navedenim tablicama. Simulacija se vrši temeljem udjela pojedine nafte u smjesi. Pošto je većina karakteristika linearnog tipa, koristi se mogućnost njihovog linearnog volumnog ili težinskog aditiranja, ovisno o karakteristici, da li je linearno aditivna na volumnoj ili težinskoj osnovici. Program je, također, postavljen tako da linearizira i nelinearne karakteristike i tada izračunava njihov udio u smjesi.

Za ilustraciju, niže je prikazan dio karakteristika nafte koje su:

- Linearno volumno aditivne kao npr.:
    - Specifična težina
    - Istraživački oktanski broj
    - Sadržaj parafina
    - Sadržaj naftena
    - Sadržaj aromata
    - Cetanski broj…
- Linearno težinski aditivne kao npr.:
    - Sadržaj sumpora
    - Sadržaj niklja
    - Sadržaj vanadija
    - Sadržaj ugljika po *Conradson*-u…
- Nelinearne kao npr.:
    - Viskoznost
    - Točka krutišta
    - Plamište
    - Tlak para po *Reid*-u…

Ovakvom simulacijom dobiju se sve potrebne karakteristike ulazne nafte u postrojenja na kojima se temelji daljnja simulacija prerade kroz sva rafinerijska postrojenja i kasnije kroz namješavanja gotovih proizvoda.

7.2 Nove tehnologije

Izbor novih procesa je definiran dostupnošću ponude moguće primjenjivih tehnologija u ranoj fazi razvojno-investicijske aktivnosti. Za rafinerije ta faza obično traje nekoliko godina. Kako se ni vrlo kompleksni i ekonomski moćni rafinerijski poslovni sustavi ne bave istodobno istraživanjem i razvojem novih tehnologija, izbor novih procesa se uglavnom svodi na utvrđivanje tipova komercijalno raspoloživih i dostupnih procesa koji nedostaju promatranoj rafineriji. Tada se pomno promatraju i analiziraju razlike njihovih karakteristika kao:

- Vrsta i karakteristike sirovine (nafte)
- Stupanj iskorištenja (iscrpci)
- Garantirana kvaliteta proizvoda
- Vrsta, karakteristike i intenzitet potrošnje energenata
- Potrošnja ostalih sredstava, aditiva, katalizatora i kemikalija
- Dostupnost i ograničenja licence te njihova cijena.

Usporedbom navedenih parametara vrši se izbor najprihvatljivije vrste procesa, a unutar vrste najprihvatljiviji izbor među ponuđačima za istu vrstu procesa.

Svaki investitor u danom momentu posjeduje vlastite kriterije i uvjete kojima daje manji ili veći značaj pri odabiru optimalne, licencirane tehnologije.

Postizavanje zadanih ciljeva moguće je ostvariti primjenom suvremenih tehnologija prerade ugljikovodika. U prvom redu to su:

- Konverzijske tehnologije pretvorbe jeftinijih, specifično težih ugljikovodika (ulja za loženje) u skuplje, specifično lake proizvode (benzini i dizelska goriva)
- Tehnologije hidroobrade vodikom radi rafiniranja, tj. pročišćavanja ugljikovodika od heterospojeva (sumpor, dušik, kisik, aromati, polimeri) do zadovoljavajućih razina, kvalitete.

Navedene tehnologije moguće su uz postrojenja za:

- Proizvodnju vodika, koji uz određene fizikalne uvjete i uz pomoć katalizatora lomi duge lance ugljikovodika i stvara kraće i lakše te agresivno uklanja heterospojeve.
- Postrojenje za izdvajanje sumpora i heterospojeva (proces obrade aminom i proces izdvajanja elementarnog sumpora).

Proizvodnju benzina i dizelskih goriva iz loživih ulja moguće je ostvariti korištenjem tehnologije hidrokrekinga. To je trenutno najčešće korištena tehnologija.

Sumpor se uklanja iz ugljikovodika procesom hidroobrade.

Pri proizvodnji visokovrijednih proizvoda iz teških ostataka (teška loživa ulja) koristi se nekoliko tehnologija. Najznačajnije su:

- Tehnologija koksiranja (*Delayed Coking*), pri čemu se osim benzina i dizela proizvodi i naftni koks. Ovakva postrojenja nazivaju se i "izdvajačima" ugljika iz ugljikovodika.
- Hidrokreking ostatka (*Residue Hydrocracking*), posebna tehnologija lomljenja dugačkih molekula ugljikovodika, uz pomoć vodika, u kraće molekule benzina, dizela i određenu količinu ulja za loženje.
- Tehnologija uplinjavanja ili IGCC-a (*Integrated Gasification Combined Cycle*). Ovom se izuzetno složenom i zahtjevnom tehnologijom, iz ugljikovodika izvlači vodik, sirovine za petrokemijsku industriju poput metanola i amonijaka uz proizvodnju sumpora i uklanjanje metala te proizvodnju električne energije.

Radi smanjenja štetnih emisija, umjesto internog rafinerijskog loženja procesnih peći i generatora pare, ekološki prljavijim, uljem za loženje sa sadržajem sumpora ispod 1%, moguće je uvesti čišći prirodni plin s oko 20 mg/kg sumpora, kao energent u ložišta spomenutih internih rafinerijskih potrošača i tako lakše postići zadovoljavajuće emisijske standarde.

Pri odabiru potrebnih tehnologija često se rukovodi principom najmanjih investicijskih ulaganja. Najmanja investicijska ulaganja znače da odabrane tehnologije mogu u potpunosti zadovoljiti slijedeće uvjete:

- Preraditi specificiranu sirovinu
- Proizvesti proizvode sukladne važećim normama kvalitete
- Ostvariti emisije tijekom proizvodnje unutar, normama propisanim granicama
- Ostvariti zadovoljavajuće konverzije i iscrpak
- Racionalnu potrošnju energije, pomoćnih medija, kemikalija i katalizatora.

Nakon prosudbe o zadovoljavanju svih napomenutih uvjeta odabire se tehnologija po kojoj su investicijska ulaganja najmanja.

U ovom slučaju odabrane su slijedeće tehnologije:

- Hidrokreking
- Hidrodesulfurizacija
- Koking
- Izdvajanje sumpora
- Proizvodnja vodika.

Postrojenje hidrokrekinga odabrano je radi proizvodnje visokokvalitetnih komponenti motornih benzina i dizelskih goriva iz loživih ulja. Visokokvalitetne komponente pridonijeti će umnogome kvaliteti goriva.

Postrojenje hidrodesulfurizacije omogućiti će uklanjanje sumpora iz komponenti motornih goriva i to na traženu razinu EURO V norme kvalitete.

Koking postrojenje omogućava da se iz teških ostataka ugljikovodika koje ne mogu preraditi postojeća i novo planirana postrojenja proizvedu dodatne vrijedne komponente za motorna goriva te naftni koks. Investicijska ulaganja za koking postrojenja su znatno niža od ulaganja u postrojenja hidrokrekinga teških ostataka ili pak IGCC postrojenja.

Postrojenja za proizvodnju vodika i izdvajanje sumpora su prateća postrojenja bez kojih gore navedena ne bi mogla raditi.

Pored izgradnje novih postrojenja te vođenja procesa proizvodnje putem procesnih računala te proizvodnje visokokvalitetnih komponenti goriva potrebno je voditi računa i o tehnološkoj disciplini, kako pri vođenju proizvodnje tako i pri skladištenju proizvoda i poluproizvoda te namješavanju motornih goriva. Time se mogu podići razine kvalitete karakteristika motornih goriva koja isključivo o tome ovise (npr. količina vode i količina sedimenta)

Tražena kvaliteta goriva motornih vozila prikazati će se u poglavlju 8. Optimizacija namješavanja komponenti goriva u gotove proizvode.

Kratki opis svake gore navedene tehnologije prikazan je u sljedećim poglavljima.

7.2.1 Kratki opis procesa hidrokrekinga (Hydrocracking)

Sirovinu za proces hidrokrekinga čine slijedeća plinska ulja:

- Teško plinsko ulje iz atmosferske destilacije (atmTPU)
- Lako cikličko ulje sa postrojenja fluid katalitički kreking (fccLCU)
- Teško plinsko ulje sa postrojenja koking (kokTPU)
- Teško plinsko ulje s vakuum destilacije (TVPU)
- Visbreaking benzin/plinsko ulje.

Sirovina se zagrijava u procesnoj peći i pod visokim se tlakom (i do 170 bara) upušta u reaktor zajedno s određenom količinom vodika iz sustava za vodik.

Vodik se uz pomoć katalizatora ugrađuje u dugačke lance ugljikovodika i lomi ih u kraće stvarajući tako komponente za goriva. Komponente se potom obrađuju u sekciji separacije i obrade aminom te odvajaju u kolonama za frakcionaciju, hlade i odvode iz postrojenja. Strujom vodika drži se pod kontrolom reakcija krekiranja u svakom sloju katalizatora.

Zasićeni amin regenerira se u posebnoj sekciji i vraća u proces.

Kisele vode koje nastaju u procesu stripiraju se i ponovo vraćaju u proces dok se dio kiselih voda šalje na centralnu obradu otpadnih voda.

Kiseli se plin iz sekcije regeneracije aminom šalje u postrojenje za izdvajanje sumpora.

Iz postrojenja se odvodi i dio teškog ali vodikom obrađenog ostatka kojeg ovim procesom nije moguće preraditi u benzinske i dizelske komponente. [29]

Stupanj konverzije hidrokrekiranja danas se kod komercijalnih licencora uglavnom kreće od 45% do 75%.

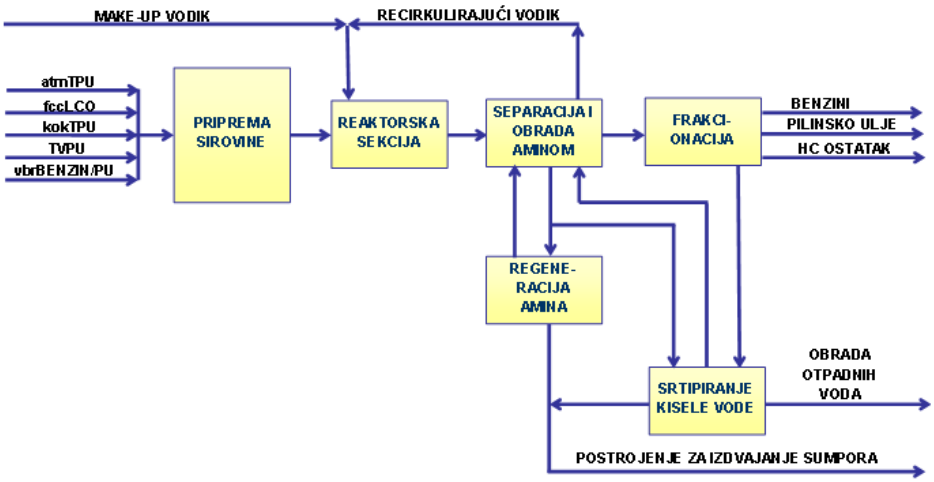
Postrojenje se sastoji od sljedećih sekcija:

- Procesne peći (priprema sirovine)
- Reaktora (reaktorska sekcija)
- Sustava vodika
- Sustava separacije i obrade aminom
- Regeneracije amina
- Stripiranja kiselih voda
- Frakcionacije.

Produkti hidrokrekinga su:

- Lagani benzin
- Teški benzin
- Kerozin
- Plinsko ulje
- Hidrokreking ostatak.

Na Slici 95. prikazana je pojednostavljena blok shema procesa hidrokrekinga.



Slika 95. Blok shema procesa hidrokrekinga

Svi produkti s postrojenja hidrokrekinga vode se u postrojenje za hidrodesulfurizaciju pa su često procesi hidrokrekinga i hidrodesulfurizacije procesno i energetski (toplinski) integrirani, budući da je nužan zajednički operativni rad. Neki ih licencori nude kao integrirane hidrokreking/hidrodesulfurizacijske jedinice (HC/HDS).

7.2.2 Kratki opis procesa hidrodesulfurizacija (*Hydrotreating*)

Sirovina za proces hidrodesulfurizacije sastoji se od:

- Produkti s hidrokrekinga:
    - Lagani benzin

    - Teški benzin
    - Kerozin
    - Plinsko ulje
    - Hidrokreking ostatak
- Petrolej/kerozin s atmosferske destilacije
- Plinsko ulje s atmosferske destilacije (SR LPU)
- Lako plinsko ulje s vakuum destilacije (LVPU)
- Lako plinsko ulje s kokinga (kokLPU)

Procesi hidrodesulfurizacije odvijaju se tako da se sirovina zagrijava u procesnoj peći na temperaturi oko 350 ^{0}C i podigne na tlak od 30 do 170 bara te upušta u reaktor zajedno s odgovarajućom količinom vodika. U reaktoru se uz pomoć katalizatora odvija proces uklanjanja sumpora. Naime, pri određenim uvjetima vodik na sebe veže sumpor iz heterospojeva ugljikovodika stvarajući sumporovodik koji se pak posebnim procesom uz pomoć amina odvaja iz sirovine.

Svi hidrodesulfurizirani ugljikovodici ulaze u frakcionator gdje se izdvajaju benzini i plinska ulja.

Kiseli plin (sumporovodik) vodi se u postrojenje za izdvajanje sumpora. [30]

Postrojenje hidroobrade (hidrodesulfurizacije) sastoji se od sljedećih sekcija:

- Procesne peći (priprema sirovine)
- Reaktora (reaktorska sekcija)
- Sustava obrade aminom (obrada plinova)
- Sustava obrade kiselih voda
- Frakcionatora (frakcionacija)

Na slici 96. prikazana je pojednostavljena shema procesa hidrodesulfurizacije.

Produkti hidrdesulfurizacije su:

- UNP
- Lagani benzin
- Teški benzin
- Kerozin
- Dizel
- Hidrokreking ostatak
- Loživi plin

Svi produkti postrojenja za hidrodesulfurizaciju idu na sekciju namješavanja proizvoda (goriva).

Hidrokreking ostatak ide na postrojenje za obradu teških ostataka, u ovom slučaju postrojenje koking.

7.2.3 Kratki opis procesa kokinga (*Delayed Coking*)

Proces kokinga termički je proces u kojem se vrši izdvajanje ugljika iz molekula ugljikovodika.

Sirovinu za postrojenje kokinga čine slijedeći ugljikovodici:

- Ostatak s atmosferske destilacije (atmOSTATAK)
- Ostatak s vakuum destilacije (vakOSTATAK)
- Ostatak s visbreaking postrojenja (visbrOSTATAK)

Postrojenje se sastoji se od sljedećih glavnih sekcija:

- Komornog koksniranja (koksnih komora) s procesnom peći
- Frakcionatorske kolone i sustava frakcionacije
- Obrade ukapljenog naftnog plina (plinsko koncentracijska sekcija)
- Obrade benzina

Proces se odvija tako da se sirovina koju čine mahom, teški ugljikovodici, zagrijava u procesnoj peći. Tu se dovodi do određenih fizikalnih stanja kada započinje termički proces krekiranja. Krekiranje i koksiranje se nastavlja u koksnim komorama u određenim i kontroliranim uvjetima tlaka, temperature pri kontroliranom vremenu procesa. U koksim komorama izdvaja se ugljik iz molekula ugljikovodika i slaže se na stjenke koksnih komora.

Formirani koks u koksnim komorama potom se lomi pod visokim tlakom vodene pare i ispušta u prihvatne koksne jame.

Reakcije koksiranja su jako endotermne i naglo padaju uz pad temperature u koksnim komorama.

Ostala reakcijska smjesa odvodi u frakcionator.

Ukapljeni naftni plin vodi se u plinsko-koncentracijsku sekciju, a nakon toga na skladištenje.

Tekući produkti koking postrojenja nakon obavezne hidrodesulfurizacije vode se u sekciju namješavanja goriva.

Nakon što se koksna komora napuni koksom, struja ugljikovodika se usmjerava u drugu koksnu komoru koja je pripremljena za primanje procesa koksiranja. Puna koksna komora isključuje se iz procesa, hladi se parom i vodom i potom otvara. Koks se uklanja hidrauličkim rezačima. Kad se komora isprazni od koksa, ponovo se zatvara, zagrijava i priprema za prihvat sirovine nakon što je druga koksna komora puna. [31]

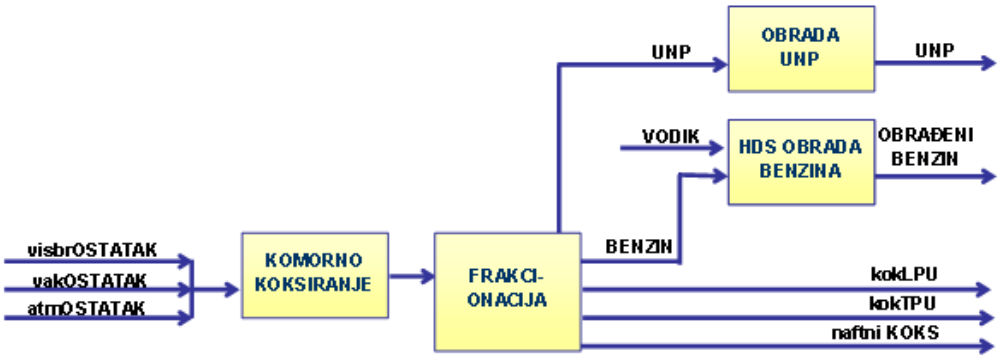
Koks se nakon pražnjenja iz koksne komore dodatno hladi, drobi i skladišti. Iz skladišta se otprema vagonima i kamionima.

Tipični produkti koking postrojenja su:

- UNP
- Obrađeni benzin

- Koking lako plinsko ulje
- Koking teško plinsko ulje
- Naftni koks

Na Slici 97. prikazana je pojednostavljena blok shema koking procesa.



Slika 97. Blok shema koking procesa

7.2.4 Kratki opis procesa proizvodnje vodika

Vodik se u postrojenju za proizvodnju vodika proizvodi najčešće procesom parnog reforminga (*Steam Reforming*).

Sirovina za proizvodnju vodika najčešće je prirodni plin (metan) jer jedna molekula metana sadrži najviše atoma vodika po atomu ugljika.

Postrojenje se stoji od sljedećih sekcija:

- Predobrada sirovine
- Priprema napojne vode i predgrijavanje vodene pare
- Sustav vodene pare
- Parnog reforminga ugljikovodika
- Konverzije ugljičnog monoksida
- Adsorpcije mijenjanjem tlaka (PSA jedinica)

U sekciji predobrade sirovine uklanja se sumpor, kloridi i ostali katalizatorski zagađivači nakon predgrijavanja na temperaturu od 350 do 400 ^{0}C.

Obrađeni se plin miješa s procesnom parom, koja se priprema u sekciji pripreme napojne vode i predgrijavanja vodene pare te se reformira u parnom reformeru.

Reakcije reformiranja su endotermne. Toplina se dovodi izgaranjem otpadnog plina iz PSA jedinice i dodatnog goriva (prirodnog plina) na gorionicima postavljenim u vrhu peći.

Otpadna toplina reformiranog plina upotrebljava se za proizvodnju vodene pare prije sekcije konverzije voda-plin. Potom se najveći dio ugljičnog monoksida reagira s parom i konvertira u vodik i ugljični dioksid.

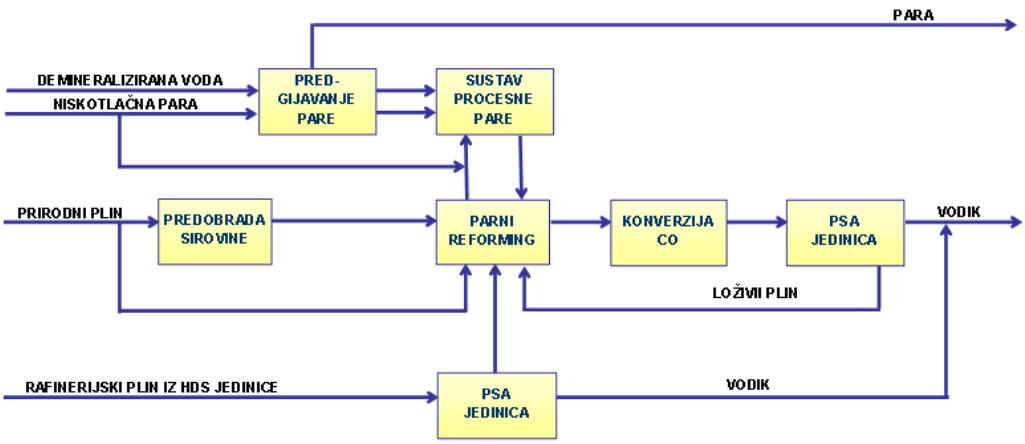
Ukupna proizvodnja pare bazira se na prirodnoj cirkulaciji, što poboljšava pouzdanost procesa.

Plin struji u PSA jedinicu gdje se vodik pročišćava do visokih granica čistoće (manje od 1ppm CO) pri ulaznom tlaku. [32]

Proizvodi postrojenja za proizvodnju vodika su:

- Vodik
- Vodena para

Na Slici 98. prikazana je pojednostavljena blok shema procesa proizvodnje vodika.



Slika 98. Blok shema procesa proizvodnje vodika

7.2.5 Kratki opis procesa postrojenja za izdvajanje sumpora

Svrha postrojenja za izdvajanje sumpora je da iz kiselih rafinerijskih plinova koji sadrže sumporovodik izdvoji 99,8% elementarnog sumpora u tekućem stanju.

Postrojenje se sastoji od sljedećih sekcija:

- Obrada kiselih plinova
- Obrada aminom
- *Claus*
- Obrada otpadnih plinova
- Otplinjavanja
- Spaljivanja (incenerator)

Kiseli rafinerijski plinovi dovode se od sekcije obrade kiselih plinova gdje se procesom obrade aminom izdvaja sumporovodik i odvodi u *Claus* sekciju na spaljivanje. U *Claus* sekciji izdvoji se 96% elementarnog sumpora koji se vodi na sekciju otplinjavanja iz koje se tekući sumpor odvodi na skladištenje.

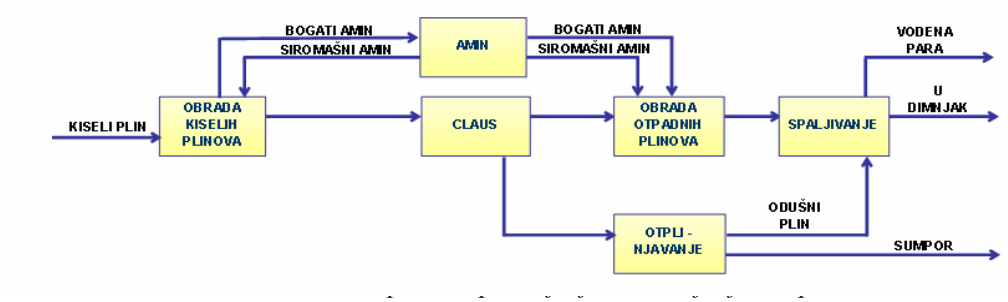
Otpadni plinovi iz *Claus* sekcije obrađuju se opet aminom u sekciji obrade otpadnih plinova. U ovoj sekciji izdvoji se zaostala količina sumporovodika, a preostali dio plinova ide na spaljivanje u incenerator u koji se vodi i odušni plin sa sekcije otplinjavanja tekućeg sumpora. Spaljeni plinovi idu u dimnjak i u atmosferu.

Toplina oslobođena spaljivanjem koristi se za proizvodnju vodene pare. [33]

Produkti postrojenja za izdvajanje sumpora su:

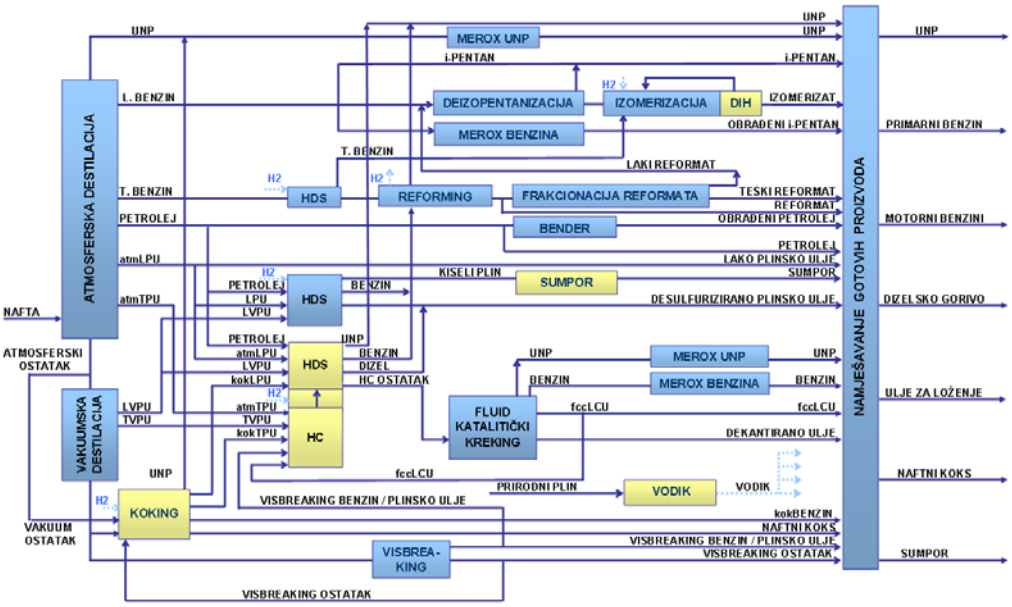
- Sumpor
- Vodena para

Na Slici 99. prikazana je pojednostavljena blok shema procesa postrojenja za izdvajanje sumpora.



7.3 Uklapanje novih tehnologija u sustav rafinerije

Nove tehnologije uklapaju se u postojeći sustav rafinerije analizom svih tokova, ulaznih i izlaznih, iz rafinerijskih postrojenja. Tako se harmoniziraju potrebni preradbeni kapaciteti postrojenja. Na Slici 100. prikazana je blok shema povezivanja svih postrojenja rafinerije.



Slika 100. Blok shema postrojenja suvremene rafinerije

Tehnologije i kapaciteti postrojenja određuju se prema sastavu nafti, koje se planiraju prerađivati. Znači, kojeg su porijekla, odnosno kakve vrste ugljikovodika sačinjavaju naftu te koliki je sadržaj sumpora u njima.

Strateška odluka je da rafinerija prerađuje, kako je već prije izneseno, *Russian Export Blend* (REB) i *Syrian Light* naftu. Ove nafte spadaju u miješane nafte, znači sastojci su sljedećeg porijekla:

- Parafinskog
- Naftenskog
- Aromatskog.

Sadržaj sumpora presudan je za dimenzioniranje slijedećih postrojenja:

- Hidrodesulfurizacije
- Izdvajanje sumpora

Sastav nafte značajniji je kod određivanja tehnologije prerade u ostalim postrojenjima.

Pri odabiru, projektiranju i proračunima procesa uvijek se uzimaju određene rezerve tako da se mogu prerađivati nafte sličnog porijekla i količine sumpora.

Sabiranjem svih tokova koji se trebaju prerađivati u novim postrojenjima određeni su kapaciteti postrojenja, kako su prikazani u Tablici 28. Kapaciteti novih postrojenja u rafineriji.

Tablica 28. Kapaciteti novih postrojenja u rafineriji

Naziv postrojenja	Nazivni kapacitet
Hidrokreker / Hidrodesulfurizacija	1 740 000 / 860 000 t/god
Koking	1 000 000 t/god
Proizvodnja vodika	81 000 Nm^3/h
Izdvajanje sumpora	190 t/dan

Simulacijskim modelom odabere se nekoliko najvjerojatnijih scenarija proizvodnje koristeći se mogućnostima postojećih postrojenja te uklapanjem novih tehnologija. Na taj način napravi se uži izbor moguće konfiguracije rafinerije.

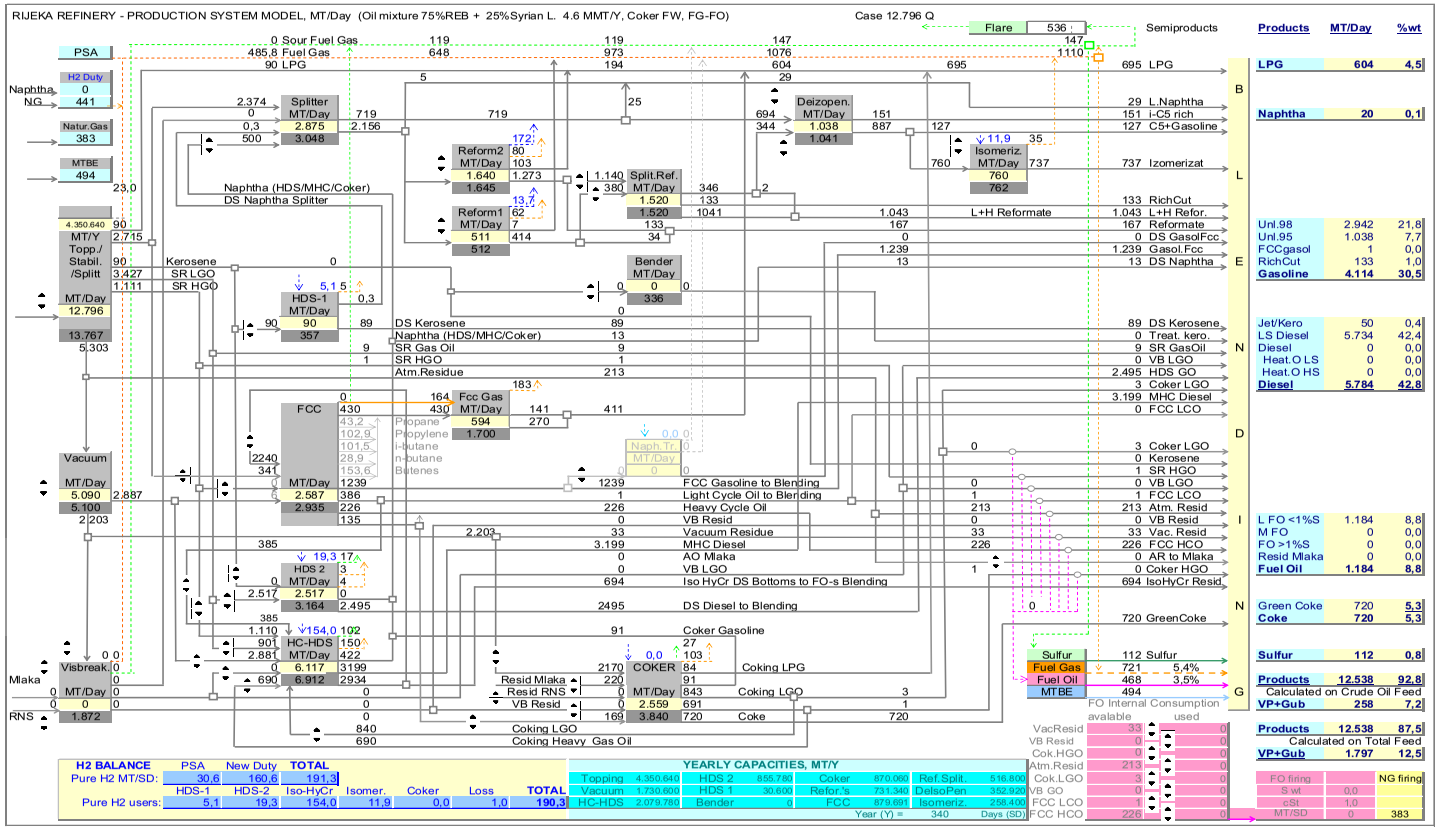
Ovakve kompleksne više-parametarske analize, danas se rade računalnim tehnikama scenarijskog modeliranja i simuliranja čime se postiže precizna slika efekata pojedinačne procesne integracije na cjeloviti procesni sustav suvremene rafinerije. U ovom radu korišten je nelinearni matematički model s procesnim i energetskim algoritmima i među-procesnim

vezama (linkovima) tvrtke *ABB Lummus Global*, koji je nadograđen prema specifičnim zahtjevima rafinerije.

Jedan od scenarijskih rezultata simulacije cjelovitog procesnog modela rada rafinerije s karakterističnim procesima i procesnim tokovima, prikazuje Slika 101. Shema tehnološkog sustava povezivanja postrojenja rafinerije (slika zaslona računala sa shemom).

Simulacijska shema cjelovitog procesnog sustava predstavlja glavnu integriranu sliku, koja sadrži glavne parametre simulacije:

- Ulaznu količinu smjese nafti
- Karakterističan način integriranja novih procesnih jedinica u postojeći procesni sustav
- Izbor kapaciteta pojedinih, novih procesnih jedinica, koji je određen po kriteriju najboljeg zadovoljenja kvalitete komercijalnih proizvoda rafinerije
- Način povezivanja procesnih tokova temeljem istog kriterija
- Utrošak vodika za procese konverzije i rafinacije
- Utrošak goriva (plin za loženje i prirodni plin) kao energenti za rad procesnih peći i generatora pare
- Utrošak električne energije
- Količine proizvedenih komercijalnih proizvoda.



Slika 101. Shema tehnološkog sustava povezivanja postrojenja rafinerije

7.4 Proizvodi osuvremenjene rafinerije

Prije je već napomenuto da je planirani kapacitet osuvremenjene rafinerije na razini od 4,5 milijuna tona nafte godišnje tijekom rada punim kapacitetom.

Pri tome moguće će biti proizvoditi naftne proizvode, grupirane u nekoliko glavnih skupina, kako je prikazano u Tablici 29. Godišnja proizvodnja suvremene rafinerije.

Tablica 29. Godišnja proizvodnja suvremene rafinerije

Rafinerijski proizvod	Količina (t/god)	Udio u nafti (% maseni)
Ukapljeni naftni plin	202 500	4,5
Primarni benzin	4 500	0,1
Motorni benzin, EURO V	981 000	21,8
Motorni benzin, EURO III/IV	391 500	8,7
Dizelsko gorivo EURO V	1 908 000	42,4
Dizelsko gorivo EURO IV	0	0,0
Ulje za loženje,<1 % S	396 000	8,8
Ulje za loženje,>1 % S	0	0,0
Naftni koks	238 5000	5,3
Sumpor	36 000	0,8
Interna potrošnja i gubici	342 000	7,6
Ukupno	4 500 000	100,0

Iz tablice je vidljivo da će rafinerija biti u mogućnosti proizvoditi znatno veće količine visokovrijednih goriva. Proizvodnja loživih ulja biti će na razini ispod 9%.

7.5 Procjena troškova ulaganja

Procjena troškova ulaganja u nova procesna postrojenja rafinerije izvršena je temeljem analize koštanja takvih i sličnih postrojenja u okruženju. Pri analizi su se koristili i podaci dostupni na web stranicama tvrtki koje se bave izgradnjom te praćenjem kretanja cijena. Jako korisni podaci dobiveni su i u kontaktima s mogućim isporučiteljima i vlasnicima tehnologija jer se u

njihovim prezentacijama često napominju jedinična ulaganja, znači ulaganja po jedinici kapaciteta.

U nastojanju dodatnog smanjenja troškova ulaganja odabrana je tehnologija kombiniranog postrojenja hidrokreking / hidrodesulfurizacija (Hydrocracking / Hydrotreartng). Ovakva konfiguracija manje je fleksibilna jer su određene sekcije zajedničke i kao kompleks mora biti u radu. Operativni troškovi takvog kompleksa su manji.

Sveukupnom analizom dostupnih podataka izrađena je ukupna procjena troškova ulaganja u nova procesna postrojena rafinerije.

Procjena troškova ulaganja prikazana je u Tablici 30.

Tablica 30. Procjena troškova ulaganja u nova procesna postrojenja rafinerije

Naziv postrojenja	Procjena ulaganja €
Hidrokreker / hidrodesulfurizacija	205 000 000
Koking	220 000 000
Proizvodnja vodika	85 000 000
Izdvajanje sumpora	45 000 000
Ukupno	555 000 000

7.6 Efekti osuvremenjene rafinerije

Pri realizaciji svakog projekta treba dobro sagledati kakve će efekte davati kada bude u punoj funkciji, u radu.

Osnovna ideja projekta osuvremenjivanja rafinerije je proizvodnja što veće količine visokovrijednih proizvoda na račun onih manje vrijednih. Pri proizvodnji treba uvijek imati na umu ispunjavanje postavljenih normi kvalitete uz što manje zagađivanje okoliša.

Efekti proizvodnje, odnosno određeni oblik dobiti, dan je kroz prikaz rafinerijske marže. Rafinerijska marža definirana je kao razlika vrijednosti svih proizvoda i vrijednosti ulaznih sirovina. Pri analizi, troškovi pomoćnih medija nisu uzeti u razmatranje.

Za analizu uzete su cijene nafti i derivata na zapadnom mediteranskom tržištu od 1. listopada 2008. godine. [34] [35]

Efekti osuvremenjene rafinerije prikazani su za dva slučaja.

Prvi u Tablici 31. Razlike rafinerijske marže pri kapacitetu od 3,3 milijuna tona nafte prikazuju veličinu marže za rafineriju sa sadašnjim postrojenjima i za osuvremenjenu rafineriju.

Iz Tablice 31. mogu se uočiti sljedeće razlike u korist osuvremenjene rafinerije:

- Veći iscrpak motornih benzina iz nafte (30,5% prema 27,0%)
- Veći iscrpak motornog benzina EURO V kvalitete (21,8% prema 8,0%)
- Veći iscrpak dizelskih goriva iz nafte (42,4% prema 32,0%)
- Znatno veći iscrpak dizelskog goriva EURO V kvalitete (42,4% prema 13,0%)
- Manji iscrpak crnih proizvoda (14,9% prema 22,0%)

Pod crnim proizvodima u ovom slučaju podrazumijevamo loživa ulja, naftni koks i sumpor. Važno je napomenuti da kvaliteta loživih ulja u potpunosti odgovara EURO V normi kvalitete.

Zaključak analize Tablice 31. pokazuje da je rafinerijska marža daleko u korist osuvremenjene rafinerije. Razlika iznosi oko 117 milijuna dolara godišnje.

I drugi Tablicom 32. Razlike rafinerijske marže pri kapacitetu osuvremenjene rafinerije od 4,5 milijuna tona nafte prikazati veličinu marže za rafineriju sa sadašnjim postrojenjima s kapacitetom od 3,3 milijuna tona godišnje.

Tablica 31. Razlika rafinerijskih marži između postojeće i osuvremenjene rafinerijske prerade pri kapacitetu od 3,3 milijuna tona godišnje

	Cijena	Postojeća rafinerija			Osuvremenjena rafinerija		
	$/t	t/god	%	$/god	t/god	%	$/god
UNP	841	181 500	5,5	152 641 500	148 500	4,5	124 888 500
Prinarni benzin	737	99 000	3	72 963 000	3 300	0,1	2 432 100
Motorni benzin, EURO V	841	264 000	8	222 024 000	719 400	21,8	605 015 400
Motorni benzin EURO IV	818	627 000	19	512 886 000	287 100	8,7	234 847 800
Dizelsko gorivo, EURO V	955	429 000	13	409 695 000	1 399 200	42,4	1 336 236 000
Dizelsko gorivo, EURO IV	920	627 000	19	576 840 000	–	0	–
Loživo ulje, S < 1 %	503	–	0	–	290 400	8,8	146 071 200
Loživo ulje, S > 1 %	450	716 100	21,7	322 245 000	–	0	–
Naftni koks	40	–	0	–	174 900	5,3	6 996 000
Sumpor	30	9 900	0,3	297 000	26 400	0,8	792 000
UKUPNO		2 953 500	89,5	2 269 591 500	3 049 200	92,4	2 457 279 000
Vlastita potrošnja i gubici		346 500	10,5		250 800	7,6	–
Sveukupno (nafta)	679	3 300 000	100	2 240 700 000	3 300 000	100	2 240 700 000
Prirodni plin	340	–			208 472		70 880 480
SVUKUPNO SIROVINA		3 300 000			3 508 472		2 311 580 480
RAFINERIJSKA MARŽA				28 891 500			145 698 520

Tablica 32. Razlika rafinerijskih marži između postojeće i osuvremenjene rafinerijske prerade pri kapacitetu od 4,5 milijuna tona godišnje

	Cijena	Postojeća rafinerija			Osuvremenjena rafinerija		
	$/t	t/god	%	$/god	t/god	%	$/god
UNP	841	181 500	5,5	152 641 500	202 500	4,5	170 302 500
Prinarni benzin	737	99 000	3	72 963 000	4 500	0,1	3 316 500
Motorni benzin, EURO V	841	264 000	8	222 024 000	981 000	21,8	825 021 000
Motorni benzin EURO IV	818	627 000	19	512 886 000	391 500	8,7	320 247 000
Dizelsko gorivo, EURO V	955	429 000	13	409 695 000	1 908 000	42,4	1 822 140 000
Dizelsko gorivo, EURO IV	920	627 000	19	576 840 000	–	0	–
Loživo ulje, S < 1 %	503	–	0	–	396 000	8,8	199 188 000
Loživo ulje, S > 1 %	450	716 100	21,7	322 245 000	–	0	–
Naftni koks	40	–	0	–	238 500	5,3	9 540 000
Sumpor	30	9 900	0,3	297 000	36 000	0,8	1 080 000
UKUPNO		2 953 500	89,5	2 269 591 500	4 158 000	92,4	3 350 835 000
Vlastita potrošnja i gubici		346 500	10,5		342 000	7,6	–
Sveukupno (nafta)	679	3 300 000	100	2 240 700 000	4 500 000	100	3 055 500 000
Prirodni plin	340	–			284 280		96 655 200
SVUKUPNO SIROVINA		3 300 000			4 784 280		3 152 155 200
RAFINERIJSKA MARŽA				28 891 500			198 679 800

Iz Tablice 32. mogu se zaključiti prednosti rafinerije pri radu na većem nominalnom kapacitetu. Prednost rada rafinerije na punom kapacitetu očituje se u još većoj proizvodnji vrijednih proizvoda što podiže vrijednost rafinerijske marže na iznos od oko 199 milijuna dolara godišnje.

Svakako pri usporedbi prikazanih podataka treba znati da bi rafinerija bez novih postrojenja imala trend pada rafinerijske marže, obzirom da ne bi mogla proizvoditi tržištu potrebne količine goriva tražene EURO V kvalitete.

Iz prikazanih tablica proizlazi zaključak da razina rafinerijske marže od oko 199 milijuna dolara osigurava pretpostavke za brzi povratak sredstava uloženih u osuvremenjivanje rafinerije te dobru dobit u poslovanju.

8. OPTIMIZACIJA NAMJEŠAVANJA KOMPONENTI GORIVA U GOTOVE PROIZVODE

Cilj ovog poglavlja je prikladnim modelima optimizacije ocijeniti predložena rješenja, – posebice u segmentu udovoljavanja zahtjevima EURO normi.

Gotovi, komercijalni rafinerijski proizvodi, goriva, dobivaju se namješavanjem komponenti goriva dobivenih iz rafinerijskih procesa. Jasno namješavaju se istorodne komponente sličnih karakteristika. Namješavanjem ie potrebno iskoristiti što je moguće više proizvedenih komponenti.

Simulacija optimizacije namješavanja goriva izvršit će se pomoću *MS Excel Solver* računalnog alata. Ovim alatom vrše se tzv. što-ako analize. Pomoću njega moguće je pronaći optimalne vrijednosti za formulu u jednoj ćeliji, koja se naziva ciljna ćelija, radnog lista (spread sheet). Solver radi s grupom povezanih ćelija, direktno ili indirektno, ovisno o formuli u ciljnoj ćeliji. On podešava vrijednosti u ćelijama koje su specificirane, koje se pak nazivaju podesive ćelije, kako bi se postigao specificirani rezultat iz formule u ciljnoj ćeliji. Pri određivanju optimalnih vrijednosti mogu se unijeti i ograničenja veličina vrijednosti koje ovaj računalni alat uzima u modelu te ograničenja koja se odražavaju na druge ćelije koje utječu na formulu ciljne ćelije.

Pri radu *Solver* se koristi generaliziranim smanjenim gradijentom (*Generalized Reduced Gradient – GRG2*) nelinearnog algoritma optimizacije koji su razvili *Lean Lasdon* iz *University of Texas u Austinu* i *Allan Waren iz Clevland State University*.

Ovaj računalni alat omogućava da se postave precizne recepture za dobivanje maksimalno mogućih količina određene vrste i kvalitete goriva odnosno motornih benzina, dizelskog goriva i loživog ulja.

Recepture mogu poslužiti kao upute za operativno namješavanje pri proizvodnji goriva u rafineriji.

8.1 Vrste goriva

Navedenim računalnim alatom izvršit će se optimizacija namješavanja za slijedeća goriva:

- EUROSUPER 95
- EURODIZEL
- Loživo ulje s manje od 1% sumpora
- Ostali benzini

8.2 Opis načina optimiranja

Pri procesu optimiranja namješavanja komponenti goriva u gotove rafinerijske proizvode potrebno je voditi računa o svim karakteristikama goriva koje želimo dobiti. Stoga je potrebno postaviti model optimiranja u kojem se prikazuju svi potrebni podaci i ograničenja pri programiranju namješavanja. Model optimiranja je napravljen tako da se u tabličnom prikazu upišu slijedeći podaci:

- Glavne karakteristike svih komponenti iz kojih se namješava određeno gorivo
- Raspoloživa količina svake komponente
- Ukupna količina svih raspoloživih komponenata
- Postotak raspoložive komponente za namješavanje
- Dopuštene veličine karakteristika namješanog goriva

Pored gore navedenih podataka potrebno je predvidjeti i broj iteracija pri računanju željenog procesa optimiranja namješavanja. Rezultat optimizacije namješavanja prikazan je u istoj tabeli s dodatnim stupcem u kojem su prikazani slijedeći podaci:

- Postotak namješane komponente u gorivu
- Količina namješane komponente
- Ukupna količina namješanog goriva.

8.2.1 Postupak optimiranja namješavanja motornog benzina EURO V kvalitete

U Tablici 33. Optimizacija namješavanja motornog benzina EURO V kvalitete prikazani su rezultati postupka optimiranja.

Pri postupku optimiranja korištene su slijedeće karakteristike komponenti motornog benzina:

- Gustoća
- Istraživački oktanski broj (IOB)
- Motorni oktanski broj (MOB)
- Napon para
- Količina sumpora
- Količina kisika
- Količina aromata
- Količina benzena.

Isto tako unesene su i minimalne odnosno maksimalne vrijednosti pojedine karakteristike motornog benzina sukladno normi kvalitete.

Vidljivo je iz tablice da u procesu optimizacije nisu uzete sve komponente i sve količine koje su na raspolaganju. Preostale količine koriste se pri namješavanju benzina drugih traženih karakteristika i druge norme kvalitete.

Tablica 33. Optimizacija namješavanja motornog benzina EURO V kvalitete

Medij	Raspolo-živo t/dan	Umije-šano t/dan	Gustoća kg/m³	Volumen m³/dan	IOB	MOB	Napon para kg/cm²	Sumpor mg/kg	Kisik % težinski	Aromati % vol.	Benzen % vol.	Udio % vol.
Lagani benzin	24,6	0,0	0,7097	0,0	72,0	71,7	0,61	491	0,00	3,3	3,29	0,0
i-C5 rich (90% iC5)	150,5	52,0	0,6350	81,9	91,0	88,0	1,40	161	0,00	0,0	0,00	2,0
Benzin C5+	127,5	0,0	0,7054	0,0	69,6	69,5	0,79	348	0,00	3,3	3,30	0,0
Reformat #1	33,9	33,9	0,7790	43,5	95,4	86,0	0,80	1	0,00	61,4	0,97	1,0
Reformat #2	132,6	132,6	0,7960	166,6	96,5	86,9	0,35	1	0,00	62,5	1,03	4,0
Benzin FCC hidroobrađen	0,0	0,0	0,6586	0,0	79,7	70,3	5,24	1	0,00	29,0	0,75	0,0
Benzin FCC-a	1239,4	614,5	0,6587	933,0	81,0	70,7	1,10	29	0,00	29,0	0,75	22,3
Lagani reformat	1,8	0,0	0,6650	0,0	75,0	74,0	0,80	1	0,00	2,7	2,70	0,0
Teški reformat	1041,2	1041,2	0,8394	1240,5	103,0	90,3	0,05	1	0,00	76,0	0,85	29,6
Isomerizat	737,2	737,2	0,6913	1066,5	86,5	85,0	0,85	1	0,00	0,1	0,10	25,5
MTBE	444,0	444,0	0,7443	596,5	115,0	99,0	0,45	5	17,82	0,0	0,00	14,2
FCC C4's	270,0	35,6	0,5945	59,9	100,0	82,5	3,52	10	0,00	0,0	0,00	1,4
Ukupno	4 202,7	3 091,1	0,7380	4188	95,0	85,5	0,70	10	2,56	32,1	0,50	100,0
Zadane vrijednosti												
Minimalna					95,0	85,0			0,00			
Maksimalna							0,70	10	2,70	35,0	1,0	

Pri optimiranju namješavanja pokušalo se dobiti maksimalnu količinu motornog benzina uz zadovoljavanje, normom propisanih vrijednosti glavnih značajki kvalitete.

Iz Tablice 33. je vidljivo da su zadovoljene sve postavljene vrijednosti karakteristika kvalitete.

Posebno se ističu niske vrijednosti sadržaja aromata i benzena. To znači poboljšavanje razine statističkom analizom dobivenih indeksa sposobnosti procesa pogotovo za sadržaj aromata, koji je bio na nedopustivo niskoj razini kod goriva EURO IV kvalitete.

Potrebno je istaknuti da se sve raspoložive komponente nisu mogle namješati u ovo motorno gorivo jer razina kvalitete to ne dozvoljava. Od raspoloživih ukupnih količina u iznosu od 4.202,7 t/dan uspjelo se namješati maksimalno 3.091,1 t/dan. Preostale komponente iskoristile su se za namješavanje ostalih benzina. Vidi točku 8.3.4 Postupak namješavanja ostalih benzina.

8.2.2 Postupak optimiranja namješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete

U Tablici 34. Optimizacija namješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete prikazani su rezultati postupka optimiranja.

Pri postupku optimiranja korištene su slijedeće karakteristike komponenti dizelskog goriva:

- Gustoća
- Količina sumpora
- Cetanski broj
- Točka filtrabilnosti (CFPP)
- Kinematička viskoznost
- Plamište.

Isto tako unesene su i minimalne odnosno maksimalne vrijednosti pojedine karakteristike dizelskog goriva sukladno normi kvalitete.

Tablica 34. Optimizacija namješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete

Medij	Raspoloživo t/dan	Umiješano t/dan	Udio % težinski	Udio % volumni	Gustoća kg/m³	Volumen m³/dan	Sumpor % težinski	Cetanski indeks	CFPP oC	Kinematička viskoznost Cst	Plamište oC
Kerozin	39,4	39,4	0,7	0,8	0,7411	53,1	0,0052	39,3	-50,6	1,3	50
Obrađeni kerozin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7444	0,0	0,2259	38,3	-49,6	1,3	51
Hidroobrađeni dizel	2 495,3	2 495,3	43,5	43,5	0,8443	2955,5	0,0006	56,0	4,1	4,7	110
Lako plinsko ulje iz atmosferske destilacije	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8616	0,0	0,6445	52,3	6,1	4,9	110
Teško plinsko ulje iz atmosferske destilacije	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8844	0,0	1,4568	50,8	23,4	9,9	143
Lako plinsko ulje iz visbreakinga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8560	0,0	1,5283	43,5	-15,0	2,5	75
Lako cikličko ulje iz FCC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8305	0,0	0,0323	20,1	-9,0	1,6	90
Teško plinsko ulje iz kokinga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8460	0,0	2,3757	44,0	-16,4	4,1	63
HC/HDS dizel	3.199,3	3199,3	55,8	55,7	0,8450	3786,1	0,0010	54,7	-24,0	2,9	67
Ukupno	5 734,0	5 734,0	100,0	100,0	0,8439	6794,8	0,0009	55,2	-15,1	3,5	85
Zadane vrijednosti											
Minimalna					0,820			46,0	-15,0	2,0	55
Maksimalna					0,860		0,0010			4,5	

Korištenjem recepture za optimiranje namješavanja dizelskog goriva pokušale su se iskoristiti sve komponente koje se mogu namješavati u ovo gorivo. Rezultati prikazani u Tablici 34. Optimizacija manješavanja dizelskog goriva EURO V kvalitete pokazuju slijedeće značajke:

Iskoristile su se sve raspoložive komponente u ukupnoj količini od 5.734,0 t/dan.

Zadovoljene su u potpunosti sve glavne značajke kvalitete.

8.2.3 Postupak optimiranja namješavanja loživog ulja EURO V kvalitete

U Tablici 35. Optimizacija namješavanja loživog ulja EURO V kvalitete, sa manje od 1% ukupnog sumpora prikazani su rezultati postupka optimiranja.

Pri postupku optimiranja korištene su slijedeće karakteristike komponenti loživog ulja:

- Gustoća
- Plamište
- Viskoznost
- Količina sumpora
- Točka filtrabilnosti (CFPP).

Isto tako unesene su i minimalne odnosno maksimalne vrijednosti pojedine karakteristike loživog ulja sukladno normi kvalitete.

Tablica 35. pokazuje, da se optimalnom recepturom sve raspoložive komponente u iznosu od 1183,6 t/dan, mogu umiješati u komercijalno ulje za loženje EURO V kvalitete koje pri tom zadovoljava sve postavljene vrijednosti karakteristika iz norme kvalitete.

Tablica 35. Optimizacija namješavanja loživog ulja EURO V kvalitete

Medij	Raspolo-živo t/dan	Umije-šano t/dan	Udio % tež.	Udio % vol.	Gustoća kg/m^3	Volumen m^3/dan	Plamište ^{o}C	Visko-znost Cst	Sumpor % tež.	CFPP ^{o}C
Ostatak vakuum destilacije	32,7	32,7	2,8	2,4	1,0172	32,1	300	6,28E+04	3,12	50
Ostatak visbreaking	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0322	0,0	250	2,13E+04	3,33	47
Lako plinsko ulje iz kokinga	3,4	3,4	0,3	0,3	0,8460	4,0	123	1,32E+00	1,74	31
Ostatak HC/HDS	694,1	694,1	58,6	61,2	0,8629	804,3	98	2,41E+00	0,02	-24
Ostatak atmosferske destilacije	212,7	212,7	18,0	16,2	0,9973	213,3	270	161	2,33	43
Lako plinsko ulje iz visbreakinga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8560	0,0	75	2,1	1,53	-15
Kerozin	0,5	0,5	0,0	0,0	0,7444	0,6	51	1,1	0,23	-50
Lako plinsko ulje iz atm. destilacije	8,5	8,5	0,7	0,8	0,8616	9,9	110	4,0	0,64	6
Teško plinsko ulje iz atmosferske destilacije	1,3	1,3	0,1	0,1	0,8844	1,5	143	7,5	1,46	23
Teško plinsko ulje iz kokinga	3,4	3,4	0,3	0,3	0,8460	4,0	63	3,3	2,38	-16
Lako cikličko ulje iz FCC	1,3	1,3	0,1	0,1	0,8305	1,5	90	1,4	0,03	-9
Teško cikličko ulje iz FCC	225,8	225,8	19,1	18,4	0,9316	242,3	250	110	0,07	15
Ukupno	1 183,6	1 183,6	100,0	100,0	0,9010	1 313,6	163,3	7,57E+00	0,55	-2
Zadane vrijednosti										
Minimalna							70	6,0		
Maksimalna								20,0	1,00	30

8.2.4 Postupak optimiranja namješavanja ostalih benzina

Pri namješavanju motornog benzina EUROSUPER 95 nisu se, radi zadovoljavanja norme kvalitete, mogle uzeti sve raspoložive količine svih raspoloživih komponenti. Miješanjem preostalih raspoloživih komponenti dobio se benzin izvan specifikacije EURO V norme kvalitete.

U Tablici 36. Optimizacija namješavanja ostalih benzina, prikazani su rezultati postupka optimiranja.

Pri postupku optimiranja korištene su slijedeće karakteristike komponenti motornog benzina:

- Specifična težina
- Istraživački oktanski broj (IOB)
- Motorni oktanski broj (MOB)
- Napon para
- Količina sumpora
- Količina kisika
- Količina aromata
- Količina benzena.

Isto tako unesene su i minimalne odnosno maksimalne vrijednosti pojedine karakteristike motornog benzina sukladno EURO III normi kvalitete.

Tablica 36. Optimizacija namješavanja ostalih benzina

Motorni benzin	Raspo-loživo t/dan	Umi-ješano t/dan	Gustoća kg/m³	Volumen m³/dan	IOB	MOB	Napon para kg/cm²	Sumpor mg/kg	Kisik % tež.	Aromati % vol.	Benzen % vol.	Udio % vol.
Lagani benzin	24,6	24,6	0,7097	34,6	72,0	71,7	0,61	491	0,00	3,3	3,29	2,0
i-C5 rich (90% iC5)	98,5	98,5	0,6350	155,1	91,0	88,0	1,40	161	0,00	0,0	0,00	9,0
Benzin C5+	127,5	127,5	0,7054	180,7	69,6	69,5	0,79	348	0,00	3,3	3,30	10,5
Reformat #1	0,0	0,0	0,7790	0,0	95,4	86,0	0,80	1	0,00	61,4	0,97	0,0
Reformat #2	0,0	0,0	0,7960	0,0	96,5	86,9	0,35	1	0,00	62,5	1,03	0,0
Benzin FCC hidro-obrađeni	0,0	0,0	0,6586	0,0	79,7	70,3	5,24	1	0,00	29,0	0,75	0,0
Benzin FCC-a	624,9	624,9	0,6587	948,8	81,0	70,7	1,10	29	0,00	29,0	0,75	55,3
Lagani reformat benzin	1,8	1,8	0,6650	2,7	75,0	74,0	0,80	1	0,00	2,7	2,70	0,2
Teški reformat benzin	0,0	0,0	0,8394	0,0	103,0	90,3	0,05	1	0,00	76,0	0,85	0,0
Isomerizat benzin	0,0	0,0	0,6913	0,0	86,5	85,0	0,85	1	0,00	0,1	0,10	0,0
MTBE	0,0	0,0	0,7443	0,0	115,0	99,0	0,45	5	17,82	0,0	0,00	0,0
FCC C4's	234,4	234,4	0,5945	394,3	100,0	82,5	3,52	10	0,00	0,0	0,00	23,0
Ukupno	1 111,7	1 111,7	0,6477	1716	84,9	74,9	1,49	84	0,00	16,5	0,83	100,0
Zadane vrijednosti:												
Minimalna					95,0	85,0			0,00			
Maksimalna							0,70	350	2,70	35,0	1,0	

Tablica prikazuje da se ovaj motorni benzin sastoji od svih preostalih komponenti koje su preostale od namješavanja motornog benzina EURO V norme kvalitete.

Za ovu kvalitetu motornog benzina presudna je količina ukupnog sumpora od 84 mg/kg što je niže od zahtjeva EURO III norme (350 mg/kg) i više od zahtjeva EURO IV norme. Valja, također napomenuti da oktanski broj i napon para ne zadovoljavaju EURO III normu kvalitete.

Ovakav benzin se može koristiti kao komercijalni motorni benzin niže kvalitete i niže cijene od motornog benzina EURO V kvalitete.

Benzin koji će se reciklirati u rafinerijskom procesu u cilju dobivanja EURO V kvalitete.

Nabavkom komponente benzinskog goriva s niskim sadržajem sumpora i relativno niskim naponom para moguće je namješati komercijalni motorni benzin EURO V kvalitete. Odnose količina i kvalitete u cilju određivanja potrebne recepture miješanja moguće je dobiti istom tehnikom i metodom kao i za prije navedene slučajeve.

Motorni benzin gore prikazane kvalitete moći će se plasirati na mediteransko tržište po nešto sniženoj cijeni.

9. ZAKLJUČAK

Temeljem zadatka za magistarski rad s naslovom: OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE NAFTNIH GORIVA OBZIROM NA ZAHTJEVE KVALITETE a prema korištenim podlogama i izvršenim analizama moguće je izvesti slijedeće zaključke:

- Evidentne su sve strože norme kvalitete motornih goriva. Naročito se normama ograničio sadržaj olova u benzinskim motornim gorivima a potom i sadržaj ukupnog sumpora u svim gorivima motornih vozila.
- Analize podataka o kvaliteti motornih goriva EURODIZEL i EUROSUPER 95 proizvedenih u rafineriji u čijem laboratoriju izvršeno je i ispitivanje karakteristika kvalitete pokazuju da su sve karakteristike kvalitete unutar granica normi kvalitete. Statističkom obradom rezultata mjerenja karakteristika kvalitete motornih goriva utvrđen je određeni broj karakteristika motornih goriva za koje su indeksi sposobnosti procesa na niskoj razini što sama statistika ne može razjasniti. Dodatnom analizom podataka utvrđeno je da su niski indeksi sposobnosti uzrokovani iz dva temeljna razloga:
    - Nedostajuće tehnologije (npr. količina sumpora)
    - Nedostatkom tehnološke discipline (npr. količina vode, količina sedimenta)
- Analizom promatrane rafinerije u uvjetima značajno strožih normi kvalitete motornih goriva potrebno je bez oklijevanja uvesti nove tehnologije kojima je moguće postići, normama zahtijevane razine kvalitete. Isto tako, tehnološku disciplinu treba podići na višu razinu bez obzira da li se radi o postojećoj rafineriji ili rafineriji s osuvremenjenim tehnologijama.
- Novi tehnološki procesi predstavljaju složeni, višestrano povezani sustav serijskih i paralelnih procesnih jedinica kod kojih je uočen visoki stupanj osjetljivosti mogućih načina povezivanja prema zahtijevanom ostvarenju kvalitete proizvoda. Stoga, posebna pozornost posvećuje se kvalitetnoj simulaciji izbora kapaciteta novih procesnih jedinica i optimalnoj recepturi namješavanja poluproizvoda u gotove proizvode.
- Osuvremenjivanje rafinerije temelji se na principu najnižih investicijskih troškova. Najmanja investicijska ulaganja znače upotrebu tehnologija koje u potpunosti zadovoljavaju slijedeće zahtjeve:

- Preraditi specificiranu sirovinu
- Proizvesti proizvode sukladne važećim normama kvalitete
- Ostvariti emisije, tijekom proizvodnje, unutar normama propisanim granicama
- Ostvariti zadovoljavajuću konverziju i iscrpak
- Tijekom proizvodnje imati racionalni utrošak energije i pomoćnih medija, kemikalija i katalizatora,

a da pri tome investicijska ulaganja budu što manja.

- Postavljenom koncepcijom osuvremenjivanja rafinerije zadovoljili bi se, prije svega, kriteriji proizvodnje motornih goriva sukladno EURO V normi kvalitete ali i dao doprinos uspostavljanju cjelovitog sustava kvalitete, kako za izbor optimalnih tehnologija tako i za sustavno praćenje i usklađivanje cjelovitog sustava kvalitete u operativnom radu rafinerije.
- Osuvremenjena rafinerija će odabranim konverzijskim i rafinacijskim tehnologijama biti u mogućnosti značajno povećati proizvodnju skupih proizvoda na račun jeftinijih. To će omogućiti značajno podizanje efikasnosti poslovanja pa će time osigurati brzi povrat investicijskih ulaganja i osigurati pretpostavke za garantiranom regionalnom konkurentnosti poslovanja.

10. LITERATURA

[1] D. Butković, Dinamika uvođenja niskosumpornih goriva na tržišta Republike Hrvatske, Goriva i maziva, godina 44,2 III-IV, 2005.

[2] PETROLEUM PRODUCTS, Chapter 5 Characteristics of Petroleum Products for Energy Use, Diesel Cetane Number, PETROLEUM REFINING, Institut Francais du Petrole Publications, Editions Technip, 1995

[3] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 34

[4] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 36

[5] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 43

[6] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 37

[7] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 42

[8] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 49

[9] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 37

[10] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 45

[11] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 45

[12] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 45

[13] PETROLEUM PRODUCTS, Chapter 5 Characteristics of Petroleum Products for Energy Use, Definition of Octane Numbers, PETROLEUM REFINING, Institut Francais du Petrole Publications, Editions Technip, 1995

[14] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 16

[15] A.A. Olajire, R.A. Oderinde Trace Metals in Nigerian Crude Oils and Their Heavy-End Distillates, Bulletin of the Chemical Society of Japan, Vol. 66, No. 2, 1993, p.p. 630-632

[16] Transport – 2006., Vol XXI, No 3, 218

[17] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 23

[18] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 24

[19] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 25

[20] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 25

[21] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 26

[22] WORLDWIDE FUEL CHARTER, September 2006. stranica 26

[23] CONCAWE REVIEW Volume 12, Number 2, October 2006. stranica 8

[24] CONCAWE REVIEW Volume 12, Number 2, October 2006. stranica 8

[25] CONCAWE REVIEW Volume 12, Number 2, October 2006. stranica 11

[26] M. Jednačak, I Billege, Opći zahtjevi kvalitete goriva u Europi i stanje i perspektive naftne industrije u Hrvatskoj stranica 63. Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom gospodarstvu, Zadar 4.-7. listopad 2005.

[27] CONCAWE REVIEW Volume 12, Number 2, October 2006. stranica 1

[28] M. Jednačak, I Billege, Opći zahtjevi kvalitete goriva u Europi i stanje i perspektive naftne industrije u Hrvatskoj stranica 3, 3. Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom gospodarstvu, Zadar 4.-7. listopad 2005.

[29] HYDROCARBON PROCESSING, Refining Processes 2006, Hydrocracking

[30] HYDROCARBON PROCESSING, Refining Processes 2006, Hydrodesulfurization

[31] HYDROCARBON PROCESSING, Refining Processes 2006, Delayed Coking

[32] HYDROCARBON PROCESSING, Refining Processes 2006, Hydrogen Generation

[33] HYDROCARBON PROCESSING, Refining Processes 2006, Sulfur Recovery

[34] WWW.ARGUSMEDIAGROUP.COM , ARGUS EUROPEAN PRODUCTS NO. 08C-241 Wednesday 01 October 2008

[35] WWW.ARGUSMEDIAGROUP.COM , Crude market prices and analyses, 1 October 2008-11-13

11. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Frane Novak, rođen 1949. godine u Splitu, Republika Hrvatska.

Obrazovanje:

Osnovna škola u Hvaru i u Splitu (1956.-1964.)

Gimnazija u Splitu (1964.-1968.)

Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu (1968.-1974.)

Znanje stranih jezika:

Engleski – odlično

Radno iskustvo:

Datum:	2006.- danas
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA d.d. Zagreb, Investicijski centar za modernizaciju rafinerija
Radno mjesto:	Rukovoditelj tima za razvoj projekta modernizacije,
Opis:	Definiranje postrojenja i usklađivanje kapaciteta i tehnologija.

Datum:	2001.-2005.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA d.d. Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta
Opis:	Rekonstrukcije postrojenja u INA d.d. Rafinerija nafte Rijeka

Datum:	1999.-2001.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA d.d. Zagreb
Radno mjesto:	Pomoćnik direktora Sektora investicija
Opis:	Koordinacija izgradnje benzinskih postaja

Datum:	1996-1999.
Mjesto:	Zagreb, Moskva, Rusija
Tvrtka:	TEBODIN, Den Hague, Nizozemska
Radno mjesto:	Voditelj projekta – projektiranje
Opis:	Rafinerija jestivog ulja, postrojenje za proizvodnju margarina, majoneze i senfa za Unilever Moskva.

Datum:	1994.-1996.
Mjesto:	Zagreb, Zoetermeer, Nizozemska
Tvrtka:	INA – Procesni inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta – projektiranje
Opis:	Hidrodesulfurizacija/Blagi hidrokreking za INA-Rafinerija nafte Rijeka.

Datum:	1993.-1994.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA – Procesni inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta – projektiranje
Opis:	Skladišni prostor i manipulacija za INA-Rafinerija nafte Sisak.

Datum:	1992.-1993.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA – Procesni inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta – projektiranje
Opis:	Tvornica čađe u Savehu, Iran.

Datum:	1989.-1991.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA – PROJEKT Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta – projektiranje
Opis:	Vakuum destilacija za INA-Rafinerija nafte Rijeka.

Datum:	1988.-1989.
Mjesto:	Zagreb

Tvrtka:	INA – PROJEKT Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj tima Naftaplin
Opis:	Projekt plinskog sustava "Podravina" za INA-Naftaplin.

Datum:	1984.-1987.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA – PROJEKT Zagreb
Radno mjesto:	Pomoćnik direktora Sektora projektiranje
Opis:	Koordinacija projekata, izrada planova i praćenje realizacije

Datum:	1982.-1984.
Mjesto:	Zagreb, Fushun NR Kina
Tvrtka:	INA – Inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Voditelj projekta
Opis:	Tvornica čađe, sekcija mokre granulacije za Carbon Black Plant, Fushun, Narodna republika Kina

Datum:	1980.-1982.
Mjesto:	Houston, Texas, USA
Tvrtka:	INA – Inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Vodeći projektant cjevovoda
Opis:	II i III faza izgradnje za DINA-Petrokemija Omišalj

Datum:	1974.-1980.
Mjesto:	Zagreb
Tvrtka:	INA – Inženjering Zagreb
Radno mjesto:	Projektant
Opis:	Projektiranje i tehnička kontrola projekata cjevovoda za niz postrojenja izrađenih u inozemstvu.

12. CURRICULUM VITAE

Personal data:

Frane Novak, born 1949. in Split, Croatia.

Education:

Primary School in Hvar and Split, Croatia (1956.-1964.)

Secondary Grammar School in Split, Croatia (1964.-1968.)

Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb (1968.-1974.) B. Sc. Mechanical Engineer

Foreign languages:

English – excellent

Employment / Experience:

Date:	2006. – Today
City:	Zagreb
Company:	INA d.d. Zagreb, Investment Centre for Refineries Modernization
Position:	Development Team Manager,
Description:	Units definition and harmonization of capacities and technologies.

Date:	2001.-2005.
City:	Zagreb
Company:	INA d.d. Zagreb
Position:	Project Manager
Description:	Revamps in INA d.d. Refinery Rijeka

Date:	1999.-2001.
City:	Zagreb
Company:	INA d.d. Zagreb

Position:	Investment Sector Deputy Manager
Description:	Petrol Stations Construction Coordination

Date:	1996-1999.
City:	Zagreb, Moscow, Russia
Company:	TEBODIN, Den Hague, The Netherlands
Position:	Design Project Manager
Description:	Edible Oil Refinery, Margarine Production Unit, Mayonnaise, Margarine and Mustard for Unilever Moscow

Date:	1994.-1996.
City:	Zagreb, Zoetermeer, The Netherlands
Company:	INA – Process Engineering Zagreb
Position:	Design Project Manager
Description:	Hydrodesulfurization/ Mild Hydrocracking for INA-Rijeka Refinery.

Date:	1993.-1994.
City:	Zagreb
Company:	INA – Process Engineering Zagreb
Position:	Design Project Manager
Description:	Offsites, Tank Farm and Interconnecting Piping for INA-Sisak Refinery

Date:	1992.-1993.
City:	Zagreb
Company:	INA – Process Engineering Zagreb
Position:	Design Project Manager
Description:	Carbon Black Factory in Saveh, Iran

Date:	1989.-1991.
City:	Zagreb
Company:	INA – PROJECT Zagreb
Position:	Design Project Manager

Description:	Vacuum Distillation Unit for INA-Rijeka Refinery

Date:	1988.-1989.
City:	Zagreb
Company:	INA – PROJECT Zagreb
Position:	Design Team Manager
Description:	Gas Field "Podravina" for INA-Naftaplin.

Date:	1984.-1987.
City:	Zagreb
Company:	INA – PROJECT Zagreb
Position:	Design Sector Deputy Manager
Description:	Planning and Coordination

Date:	1982.-1984.
City:	Zagreb, Fushun PR China
Company:	INA – Engineering Zagreb
Position:	Project Manager
Description:	Fushun Carbon Black Factory in Fushun PR China

Date:	1980.-1982.
City:	Houston, Texas, USA
Company:	INA – Engineering Zagreb
Position:	Leading Piping Designer
Description:	Offsites Above Ground Piping, Ethilene, Offsites II i III Phase for DINA-Petrokemija Omišalj

Date:	1974.-1980.
City:	Zagreb
Company:	INA – Engineering Zagreb
Position:	Piping Designer
Description:	Piping designs and technical control of piping design done by foreign companies

PRIVITAK 1

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA, kg/m³	DESTILACIJA: do 250 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 350 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 360 °C, % v/v	DESTILACIJA: 95 % v/v, °C	KIN. VISKOZNOST NA 40 °C, mm2/s	TOČKA PALJENJA, °C	TOČKA ZAMUĆENJA, °C	TOČKA FILTRABILNOSTI, °C 16.04. - 30.09.	01.10.-15.11. i 01.03.-15.04.	16.11. - 29.02.	KOLIČINA KOKSA, % m/m	KOLIČINA PEPELA, % m/m	KOLIČINA VODE, mg/kg	KOLIČINA SEDIMENATA, mg/kg	CETANSKI INDEKS	CETANSKI BROJ	OKSIDACIJSKA STABILNOST, g/m³	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, % m/m	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOROZIVNOST	BOJA	MAZIVOST, um	POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI, %m/m	IZGLED
02.01.	B-55	839,9	30	93	96	356	3,18	77	-1			-16	0,02	0,001	132	17	52,5	51,4	24,0		33	1a	sv. 0.5	440	2,8	
03.01.	C-7	838,5	30	93	96	358	3,12	72	0			-17	0,02	0,001	102	12	53,1	51,3			28	1a	0,5	369	2,7	
05.01.	C-4	825,7	47	96		338	2,26	60	-8			-16	0,01	0,001	149	12	51,7	51,6	12,0		47	1a	sv. 1	443	4,2	
05.01.	B-54	837,9	33	94	96	353	3,10	76	0			-15	0,01	0,001	99	12	52,4	51,5			24	1a	sv. 0.5	387	2,5	
05.01.	B-56	826,5	48	90		337	2,28	64	-8			-17	0,01	0,001	166	11	51,5	51,5	3,0		50	1a	0,5	455	4,2	
10.01.	C-7	838,0	26	92	95	360	3,10	74	0			-18	0,01	0,001	84	10	55,0	51,1	6,0		27	1a	0,5	390	2,7	
11.01.	B-55	838,4	30	94	96	354	3,11	74	-1			-17	0,02	0,001	64	12	53,6	51,3	2,0		21	1a	sv. 0.5	454	2,4	
13.01.	B-56	825,5	48	97		338	2,32	61	-6			-18	0,01	0,001	163	22	52,7	51,6			45	1a	sv. 1	455	4,3	
17.01.	C-1	825,6	50	98		333	2,26	63	-9			-16	0,01	0,001	182	24	51,8	51,5	6,0		46	1a	sv. 1	457	3,8	
19.01.	B-54	838,6	29	93	96	356	3,08	73	0			-17	0,02	0,001	44	12	53,7	51,4	16,0		23	1a	sv. 0.5	378	2,4	
24.01.	B-56	825,2	47	97		339	2,28	64	-7			-19	0,01	0,001	135	13	50,6	51,4	6,0		42	1a	sv. 1	417	3,7	
30.01.	B-55	834,3	31	94		354	3,09	79	-2			-20	0,02	0,001	189	20	54,6	51,5			24	1a	sv. 0.5	459	2,5	
06.02.	B-56	826,2	46	97		339	2,29	62	-8			-18	0,01	0,001	173	21	52,8	51,5	8,0		50	1a	sv. 1	455	3,6	
09.02.	B-54	831,9	33	93		360	2,94	70	-1			-19	0,01	0,001	44	23	55,8	51,1			23	1a	0,5	452	1,4	
14.02.	B-55	833,0	34	94		353	2,95	68	-1			-18	0,02	0,001	40	22	53,4	51,4			24	1a	sv. 1	418	1,7	
14.02.	C-7	832,3	34	95		350	2,98	68	-1			-20	0,02	0,001	60	22	53,1	51,3			44	1a	sv. 1	457		
16.02.	B-56	828,2	57			315	2,17	74	-15			-23	0,01	0,001	62	9	49,5	51,3	5,0		48	1a	sv. 0.5	453		
17.02.	C-1	827,6	54			321	2,25	71	-16			-23	0,02	0,001	96	10	50,9	51,4			45	1a	0,5	449		
17.02.	C-3	827,6	54			315	2,12	72	-16			-23	0,02	0,001	65	7	50,5	51,5			45	1a	0,5	450		
19.02.	B-54	834,3	32	94		360	3,23	75	0			-18	0,02	0,001	190	10	53,8	52,8			21	1a	sv. 0.5	400	2,0	
20.02.	C-4	827,2	52			312	2,13	71	-17			-21	0,01	0,001	68	22	50,3	51,3	5,0		47	1a	sv. 0.5	431	2,0	
21.02.	C-5	827,1	53			312	2,20	72	-17			-21	0,02	0,001	62	10	50,1	51,1	10,0		50	1a	sv. 0.5	430	4,0	
22.02.	C-7	837,1	30	93		357	3,34	73	0			-19	0,02	0,001	127	22	55,2	51,4	14,0		27	1a	sv. 0.5	392	1,9	
26.02.	B-56	828,0	46	98		325	2,28	69	-14			-25	0,01	0,001	37	4	52,7	51,5	15,0		50	1a	0,5	401	3,7	
27.02.	B-55	835,7	24	93		360	3,38	74	1			-20	0,02	0,001	144	21	55,6	51,5	15,0		23	1a	0,5	359	2,1	
28.02.	C-1	837,2	18	93		358	3,43	74	1			-19	0,02	0,001	160	21	56,3	51,4	5,0		26	1a	sv. 0.5	342	2,2	
01.03.	C-7	835,9	22	95		350	3,32	77	0		-16		0,02	0,001	111	23	56,3	51,3	10,0		27	1a	sv. 0.5	452	2,1	
03.03.	B-54	835,2	23	95		350	3,41	78	0		-14		0,02	0,001	133	22	56,2	51,7	15,0		40	1a	sv. 0.5	450	2,5	
08.03.	B-56	828,3	53			315	2,18	70	-17		-22		0,02	0,001	63	8	49,88	51,5	10,0		50	1a	sv. 0.5	441	4,6	
15.03.	B-55	836,7	25	94		357	3,304	77	-1		-17		0,001	0,001	82	22	49,6	51,5	10,0		31	1a	sv. 0.5	450	4,6	
20.03.	B-54	836,6	22	93		355	3,37	76	-1		-16		0,02	0,001	76	22	56,36	51,5	10,0		27	1a	sv. 0.5	383	3,4	
23.03.	B-56	836,8	23	94		353	3,44	84	0		-18		0,02	0,001	116	23	56,0	51,4	24,0		26	1a	sv. 0.5	378	2,3	
26.03.	B-55	836,3	20	93		360	3,55	80	1		-16		0,02	0,001	115	10	57,05	51,4	10,0		23	1a	sv. 0.5	437	1,9	
29.03.	B-54	835,1	23	94		355	3,381	75	0		-13		0,02	0,001	108	24	55,32	51,3	11,0		14	1a	sv. 0.5	377	2,0	
30.03.	B-56	831,6	32	93		357	3,932	66	0		-14		0,02	0,001	159	21	55,27	51,5	11,0		15	1a	sv. 0.5	424	2,0	
31.03.	B-55	830,8	36	95		350	2,938	66	0		-14		0,02	0,001	143	7	53,23	51,4	24,0		23	1a	sv. 0.5	350	1,5	
04.04.	B-54	831,5	37	95		350	2,939	67	0		-14		0,02	0,001	119	17	54,0	51,4	24,0		29	1a	sv. 0.5	419	1,5	
10.04.	B-55	833,0	30	94		357	3,123	77	-1		-13		0,02	0,001	62	19	55,13	51,7	10,0		22	1a	sv. 0.5	332	1,6	
15.04.	B-56	834,9	44	97		335	2,254	58	-8		-19		0,02	0,001	58	11	50,25	51,5	10,0		50	1a	0,5	351	6,7	
17.04.	C-3	834,8	44	97		335	2,536	61	-8	-20			0,02	0,001	61	6	50,29	51,5	2,0		50	1a	0,5	454	4,7	
19.04.	C-1	835,0	43	97		339	2,569	70	-7	-18			0,02	0,001	95	20	47,5	51,6	2,0		37	1a	0,5	380	5,0	
20.04.	C-4	835,0	46	97		337	2,471	72	-8	-20			0,02	0,001	64	18	50,52	51,5	2,0		43	1a	0,5	380	5,0	

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA, kg/m³	DESTILACIJA: do 250 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 350 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 360 °C, % v/v	DESTILACIJA: 95 % v/v, °C	KIN. VISKOZNOST NA 40 °C, mm2/s	TOČKA PALJENJA, °C	TOČKA ZAMUĆENJA, °C	TOČKA FILTRABILNOSTI, °C 16.04. - 30.09.	01.10.-15.11. i 01.03.-15.04.	16.11. - 29.02.	KOLIČINA KOKSA, % m/m	KOLIČINA PEPELA, % m/m	KOLIČINA VODE, mg/kg	KOLIČINA SEDIMENATA, mg/kg	CETANSKI INDEKS	CETANSKI BROJ	OKSIDACIJSKA STABILNOST, g/m³	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, % m/m	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOROZIVNOST	BOJA	MAZIVOST, um	POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI, %m/m	IZGLED
20.04.	B-54	835,0	41	96		327	2,591	72	-7	-19			0,02	0,001	107	22	51,16	51,5	2,0		45	1a	0,5	370	4,7	
24.04.	B-56	835,0	44	97		333	2,44	72	-8	-20			0,02	0,001	65	24	50,33	51,5	5,0		43	1a	sv. 1	382	4,6	
26.04.	C-5	834,4	36	93		360	2,47	70	-8	-20			0,02	0,001	59	20	52,77	51,6	6,0		47	1a	sv. 0.5	380	4,6	
28.04.	B-54	834,7	42	97		339	2,67	72	-8	-18			0,02	0,001	95	24	50,78	51,5	6,0		39	1a	sv. 1	359	5,5	
05.05.	B-56	834,5	44	97		341	2,428	70	-8	-20			0,01	0,001	57	14	51,5	51,4	3,0		41	1a	sv. 1	380	5,0	
09.05.	B-54	834,7	49	97		339	2,434	73	-8	-20			0,01	0,001	54	15	49,83	51,5	3,0		35	1a	sv. 1	455	5,5	
12.05.	C-3	836,9	38	95		350	2,73	63	-2	-4			0,02	0,001	74	23	52,03	51,6	2,0		43	1a	sv. 0.5	456	3,0	
12.05.	C-4	836,8	39	94		353	2,712	62	-2	-4			0,02	0,001	77	23	52,26	51,5	2,0		43	1a	sv. 0.5	443	3,0	
15.05.	B-56	834,3	42	96		340	2,428	72	-8	-20			0,02	0,001	71	19	51,02	51,5	2,0		49	1a	0.5	424	5,1	
16.05.	C-1	836,8	37	96		350	2,822	63	-2	-4			0,02	0,001	74	8	52,26	51,5	2,0		42	1a	sv. 0.5	382	3,0	
18.05.	B-54	836,7	37	94		354	2,723	68	-3	-4			0,02	0,001	71	24	51,96	51,5	2,0		43	1a	sv. 0.5	354	3,0	
22.05.	B-56	836,7	37	95		350	2,936	64	-2	-6			0,02	0,001	84	14	52,3	51,5			38	1a	sv. 0.5	331	4,3	
26.05.	B-55	836,8	41	94		353	2,746	63	-3	-6			0,02	0,001	64	12	51,83	51,5	3,0		44	1a	0.5	405	3,4	
29.05.	C-3	838,2	40	97		342	2,748	70	-6	-11			0,02	0,001	86	21	51,2	52,1	4,0		32	1a	0.5	370	4,7	
31.05.	B-54	836,4	36	94		355	2,828	60	-2	-6			0,01	0,001	62	17	52,84	51,5	3,0		35	1a	0.5	457	4,0	
04.06.	B-55	836,2	36	93		358	2,78	65	-2	-5			0,01	0,001	55	5	52,76	51,6	3,0		41	1a	sv. 0.5	450	3,4	
05.06.	B-56	838,6	36	96		345	3,38	64	-6	-8			0,01	0,001	84	12	51,35	51,7	3,0		33	1a	0.5	386	4,2	
08.06.	B-55	838,5	37	96		344	2,64	66	-6	-10			0,02	0,001	80	12	51,54	51,5			32	1a	sv. 1	317	4,0	
13.06.	B-56	838,8	38	97		344	2,86	65	-6	-12			0,02	0,001	76	8	51,05	51,5	3,0		35	1a	0.5	357	4,2	
15.06.	B-55	835,6	28	95		350	3,11	76	-4	-18			0,02	0,001	111	11	54,61	54,0	1,0		37	1a	sv. 0.5	361	3,1	
19.06.	C-1	836,8	17	93		355	3,55	80	0	-6			0,02	0,001	134	22	57,4	51,3	3,0		37	1a	sv. 0.5	355	3,1	
20.06.	B-54	836,8	15	94		354	4,50	84	-3	-3			0,02	0,001	162	15	57,57	51,5	3,0		29	1a	sv. 0.5	435	3,0	
21.06.	B-56	835,3	26	93		360	3,50	85	0	-2			0,01	0,001	190	10	56,5	51,3	3,0		14	1a	sv. 0.5	398	1,6	
22.06.	B-55	836,7	20	93		356	3,53	81	1	-4			0,02	0,001	179	10	56,75	51,5	3,0		31	1b	sv. 0.5	394	2,0	
23.06.	C-1	836,9	18	94		355	3,54	81	1	-3			0,02	0,001	163	8	55,71	51,7	3,0		26	1b	sv. 0.5	427	1,9	
24.06.	B-54	836,2	19	93		357	3,56	82	-1	-2			0,02	0,001	124	22	57,15	51,5	3,0		18	1a	sv. 0.5	428	2,1	
26.06.	B-56	837,0	18	90		357	3,73	84	0	-4			0,01	0,001	98	7	57,64	51,5	3,0		24	1a	sv. 0.5	460	1,4	
27.06.	B-55	835,0	26	94		352	3,20	80	1	-4			0,01	0,001	143	9	56,16	51,3	3,0		19	1a	sv. 0.5	377	1,4	
28.06.	B-54	833,0	39	93		356	3,11	80	-1	-6			0,01	0,001	163	7	54,94	51,4	3,0		14	1a	sv. 0.5	386	1,6	
30.06.	C-1	834,2	30	94		352	3,18	75	1	-3			0,01	0,001	119	6	54,26	51,8	3,0		33	1a	sv. 0.5	458	1,6	
03.07.	C-3	843,4	40	96		347	2,622	60	-6	-11			0,01	0,001	70	7	48,25	51,3	3,0		50	1a	sv. 1	423	6,8	
03.07.	C-4	832,7	33	94		358	3,11	70	-1	-3			0,02	0,001	99	2	54,8	51,4	3,0		24	1a	sv. 0.5	418		
04.07.	B-55 Uvoz	842,6	39	95		350	2,562	62	-5	-10			0,01	0,001	67	9	49,67	51,3	4,0		44	1a	sv. 1	437	6,2	
05.07.	B-54	832,6	32	93		359	2,989	73	-1	-5			0,01	0,001	97	8	55,02	51,3	5,0		28	1a	sv. 0.5	451	2,0	
05.07.	C-1	833,4	31	93		359	3,118	71	-1	-3			0,02	0,001	106	7	55,04	51,4	5,0		30	1a	sv. 0.5	328	1,6	
07.07.	B-55	842,8	40	96		347	2,97	72	-3	-11			0,02	0,001	75	5	48,8	51,4	5,0		48	1a	sv. 1	380	8,0	
08.07.	B-56	834,2	30	93		356	3,125	77	-1	-2			0,02	0,001	147	5	55,69	51,3	3,0		35	1a	sv. 0.5	367	1,9	
10.07.	C-5	830,4	47	98		332	2,293	69	-12	-15			0,02	0,001	86	5	51,45	51,4	1,0		48	1a	0.5	447	5,7	
12.07.	B-55	832,5	47			331	2,323	72	-12	-15			0,02	0,001	93	11	50,16	51,3	5,0		46	1a	sv. 1	446	5,7	
14.07.	B-54	833,4	33	94		354	3,009	68	-1	-15			0,02	0,001	100	8	54,51	51,4	5,0		29	1a	sv. 0.5	318	1,8	
15.07.	B-56	834,1	30	94		350	3,145	70	0	-7			0,02	0,001	72	20	55,12	51,4	5,0		33	1a	sv. 0.5	391	2,1	
17.07.	B-55	830,6	49	98		350	2,22	69	-11	-15			0,02	0,001	69	11	50,53	51,3	4,0		48	1a	0.5	455	4,7	

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA, kg/m³	DESTILACIJA: do 250 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 350 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 360 °C, % v/v	DESTILACIJA: 95 % v/v, °C	KIN. VISKOZNOST NA 40 °C, mm2/s	TOČKA PALJENJA, °C	TOČKA ZAMUĆENJA, °C	TOČKA FILTRABILNOSTI, °C 16.04. - 30.09.	01.10.-15.11.i 01.03.-15.04.	16.11. - 29.02.	KOLIČINA KOKSA, % m/m	KOLIČINA PEPELA, % m/m	KOLIČINA VODE, mg/kg	KOLIČINA SEDIMENATA, mg/kg	CETANSKI INDEKS	CETANSKI BROJ	OKSIDACIJSKA STABILNOST, g/m³	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, % m/m	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOROZIVNOST	BOJA	MAZIVOST, um	POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI, %m/m	IZGLED
19.07.	B-54	830,9	49	98		335	2,265	68	-11	-14			0,02	0,001	70	24	50,46	51,4	1,0		50	1a	0.5	454	4,7	
20.07.	C-4	833,1	30	94		355	2,914	70	-1	-7			0,01	0,001	102	18	55,27	51,2	6,0		18	1a	sv. 0.5	322	1,5	
21.07.	B-55	833,0	32	94		355	2,914	68	-2	-7			0,01	0,001	126	3	55,13	51,3	4,0		22	1a	sv. 0.5	302	1,5	
25.07.	B-56	832,8	41	95		350	3,081	67	-1	-7			0,01	0,001	96	4	55,0	51,4	5,0		22	1a	sv. 0.5	393	2,0	
26.07.	B-54	832,6	39	96		346	2,916	70	-1	-5			0,01	0,001	88	4	54,3	51,3	4,0		25	1a	sv. 0.5	370	2,0	
26.07.	C-3	831,4	37	95		350	3,186	71	-1	-4			0,02	0,001	97	3	54,2	51,2	4,0		18	1a	sv. 0.5	403	2,0	
27.07.	B-55	834,7	35	94		356	3,144	75	0	-6			0,02	0,001	165	6	55,2	51,4	9,0		22	1a	sv. 0.5	354	2,0	
31.07.	B-56	833,2	30	94		356	3,013	74	-1	-7			0,02	0,001	55	11	54,6	51,4	3,0		29	1a	sv. 0.5	439	1,8	
05.08.	B-55	833,0	30	94		354	3,089	68	-2	-6			0,02	0,001	139	8	54,8	51,4	3,0		16	1a	sv. 0.5	333	1,9	
08.08.	B-54	833,8	29	94		356	3,10	70	-1	-6			0,01	0,001	130	6	55,8	51,6	3,0		16	1a	sv. 0.5	407	2,1	
09.08.	C-1	841,9	27	94		356	3,09	72	-2	-4			0,01	0,001	160	6	53,0	52,8	4,0		35	1a	sv. 0.5	374	3,8	
10.08.	C-5	841,6	29	94		356	3,10	70	-2	-4			0,01	0,001	123	10	52,4	52,8	4,0		35	1a	sv. 0.5	302	3,6	
10.08.	C-7	841,6	29	94		355	3,19	71	-2	-4			0,01	0,001	167	7	52,5	52,8	4,0		34	1a	sv. 0.5	302	3,6	
10.08.	B-55	837,4	22	94		356	3,37	64	-1	-6			0,01	0,001	190	10	56,1	51,4	3,0		25	1a	0,5	329	2,0	
13.08.	B-54	834,7	29	94		356	2,91	62	-1	-6			0,01	0,001	190	11	55,0	51,4	4,0		23	1a	sv. 0.5	376	2,0	
15.08.	B-56	840,3	29	95		350	3,13	70	-3	-4			0,01	0,001	168	3	52,5	52,5	4,0		34	1a	sv. 0.5	389	2,9	
17.08.	C-3	836,5	23	94		355	3,29	64	-1	-7			0,01	0,001	167	12	56,3	51,6	4,0		26	1a	sv. 0.5	460	2,0	
17.08.	C-4	835,2	31	94		353	3,07	65	-1	-10			0,01	0,001	190	5	55,1	51,1	13,0		22	1a	sv. 0.5	460	1,8	
18.08.	C-7	835,7	27	94		355	3,14	68	1	-8			0,02	0,001	168	3	54,9	51,2	13,0		28	1a	sv. 0.5	319	1,8	
18.08.	B-55	834,9	35	94		354	3,11	64	-1	-6			0,01	0,001	192	4	54,7	51,4	13,0		30	1a	sv. 0.5	419	1,8	
20.08.	B-56	841,5	30	95		350	3,18	71	-2	-5			0,02	0,001	144	14	52,1	52,3	13,0		36	1a	sv. 0.5	332	3,6	
21.08.	B-54	836,9	25	93		356	3,33	65	0	-9			0,01	0,001	191	4	55,3	51,4	3,0		28	1a	sv. 0.5	450	2,1	
25.08.	B-56	841,1	26	90		356	3,17	73	-2	-5			0,01	0,001	182	2	53,4	52,2	13,0		36	1a	sv. 0.5	291	3,7	
30.08.	B-55	836,1	30	93		356	3,21	64	-1	-6			0,01	0,001	181	4	54,5	51,3	4,0		26	1a	sv. 0.5	325	2,0	
31.08.	C-3	835,4	26	94		355	3,14	67	-1	-7			0,01	0,001	187	14	55,3	51,3	9,0		18	1a	sv. 0.5	368	2,0	
01.09.	C-1	835,6	27	93		357	3,144	67	-1	-9			0,01	0,001	198	11	54,76	51,3	13,0		19	1a	sv. 0.5	395	2,0	
03.09.	B-54	835,0	27	91		360	3,16	69	0	-7			0,01	0,001	134	19	55,0	51,5	6,0		21	1a	sv. 0.5	413	1,9	
05.09.	C-4	834,4	33	95		350	3,021	63	-2	-7			0,01	0,001	174	21	53,8	51,5	14,0		27	1a	sv. 0.5	424	2,0	
05.09.	C-5	834,7	30	93		355	2,965	73	-4	-8			0,01	0,001	153	7	54,4	51,4	11,0		29	1a	sv. 0.5	287	2,1	
06.09.	B-55	833,5	28	93		360	3,035	62	-5	-7			0,01	0,001	154	13	55,9	51,3	3,0		28	1a	sv. 0.5	391	2,0	
07.09.	C-7	834,3	30	95		350	2,974	65	-6	-8			0,01	0,001	174	22	54,7	51,6	7,0		25	1a	sv. 0.5	339	1,9	
08.09.	B-54	833,2	32	94		355	3,062	62	-5	-8			0,01	0,001	155	15	55,1	51,4	7,0		26	1a	sv. 0.5	389		
11.09.	B-56	834,3	25	94		354	3,245	66	-3	-7			0,01	0,001	133	11	54,6	51,2	3,0		26	1a	sv. 0.5	428	1,9	
14.09.	B-55	835,3	36	94		353	3,013	66	-1	-6			0,02	0,001	150	19	54,0	51,3	20,0		22	1a	sv. 0.5	334	1,9	
21.09.	B-54	834,4	30	94		354	3,10	74	-2	-13			0,02	0,001	190	14	55,3	51,3	20,0		19	1a	sv. 0.5	389	2,4	
22.09.	B-55	834,2	31	93		359	3,13	75	-1	-11			0,02	0,001	180	9	55,6	51,5	11,0		19	1a	sv. 0.5	292	2,4	
25.09.	B-56	834,1	35	95		350	3,00	66	-1	-15			0,01	0,001	133	12	53,7	51,3	4,0		20	1a	sv. 0.5	376	1,1	
26.09.	C-3	831,9	34	95		350	3,03	66	-12	-15			0,01	0,001	154	19	54,7	51,3	7,0		20	1a	sv. 0.5	353	1,5	
28.09.	B-54	832,8	35	94		355	2,89	64	-2	-15			0,01	0,001	105	24	54,6	51,4	4,0		23	1a	sv. 0.5	341	1,9	
28.09.	C-5	834,0	30	95		350	3,40	65	-1	-15			0,01	0,001	99	14	54,9	51,5	7,0		44	1a	sv. 0.5	332	1,1	
29.09.	B-55	833,7	32	93		356	3,239	65	-3	-12			0,01	0,001	127	15	54,9	51,4	7,0		27	1a	sv. 0.5	356	1,7	
02.10.	B-56	833,9	32	95		350	3,065	70	-2		-14		0,02	0,001	139	9	54,4	51,5	12,0		23	1a	sv. 0.5	323	1,4	

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA, kg/m³	DESTILACIJA: do 250 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 350 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 360 °C, % v/v	DESTILACIJA: 95 % v/v, °C	KIN. VISKOZNOST NA 40 °C, mm2/s	TOČKA PALJENJA, °C	TOČKA ZAMUĆENJA, °C	TOČKA FILTRABILNOSTI, °C 16.04. - 30.09.	01.10.-15.11. i 01.03.-15.04.	16.11. - 29.02.	KOLIČINA KOKSA, % m/m	KOLIČINA PEPELA, % m/m	KOLIČINA VODE, mg/kg	KOLIČINA SEDIM/ENATA, mg/kg	CETANSKI INDEKS	CETANSKI BROJ	OKSIDACIJSKA STABILNOST, g/m³	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, % m/m	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOROZIVNOST	BOJA	MAZIVOST, um	POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI, %m/m	IZGLED
05.10.	B-54	834,9	33	95		350	3,128	66	-2		-17		0,01	0,001	188	19	54,0	51,5	12,0		28	1a	sv. 0.5	327	1,3	
07.10.	B-55	834,0	28	92		360	3,116	66	-2		-15		0,01	0,001	122	16	56,2	51,5	12,0		28	1a	sv. 0.5	361	1,3	
07.10.	B-56	834,2	28	93		355	3,036	78	-2		-16		0,01	0,001	108	21	55,6	51,7	12,0		22	1a	sv. 0.5	420	1,8	
08.10.	B-54	833,8	32	95		350	3,034	64	-1		-16		0,01	0,001	95	23	54,6	51,3	12,0		25	1a	sv. 0.5	365	1,9	
10.10.	C-1	834,8	29	94		353	3,286	67	-1		-15		0,02	0,001	80	16	55,5	51,4	12,0		24	1a	sv. 0.5	380	2,3	
10.10.	B-55	835,1	29	94		356	3,444	65	-1		-14		0,02	0,001	69	19	54,8	51,5	3,0		23	1a	sv. 0.5	372	1,8	
12.10.	B-54	834,4	35	95		350	3,337	64	-2		-16		0,01	0,001	78	18	55,1	51,1	8,0		26	1a	sv. 0.5	330	2,0	
12.10.	B-56	835,6	45	97		348	2,44	68	-3		-15		0,01	0,001	82	10	50,1	51,4	12,0		42	1a	0,5	437	7,4	
13.10.	C-5	836,7	44	97		334	2,60	73	-10		-14		0,02	0,001	79	4	49,8	51,5	12,0		42	1a	sv. 1	423	6,7	
14.10.	B-55	833,5	33	95		350	2,83	66	-1		-17		0,02	0,001	142	24	54,3	51,4	12,0		23	1a	sv. 0.5	411	2,1	
16.10.	B-54	835,0	32	94		354	3,144	66	-1		-17		0,01	0,001	70	24	53,8	51,3	16,0		24	1a	sv. 0.5	452	3,8	
18.10.	B-55	834,6	31	93	95	360	2,963	70	-3		-15		0,02	0,001	184	14	55,0	51,2	15,0		26	1a	sv. 0.5	456	3,6	
19.10.	C-4	834,7	40	96		344	2,56	66	-3		-18		0,01	0,001	122	13	51,6	51,8	15,0		47	1a	sv. 1	460	5,6	
20.10.	B-56	835,5	44	96		344	2,524	69	-10		-16		0,02	0,001	66	8	50,2	51,4	15,0		39	1a	sv. 1	448	7,4	
20.10.	C-3	833,6	40	96		345	2,525	65	-3		-19		0,01	0,001	105	14	52,4	51,8	12,0		37	1a	sv. 1	460	5,6	
20.10.	B-54	833,9	35	94		354	2,996	68	-2		-15		0,01	0,001	132	10	53,8	51,5	15,0		26	1a	sv. 0.5	450	1,7	
22.10.	B-56	835,5	45	97		335	2,63	68	-10		-15		0,02	0,001	156	4	50,1	51,3	12,0		43	1a	sv. 1	458	6,0	
23.10.	B-55	835,4	41	96		344	2,56	68	-9		-17		0,01	0,001	105	10	50,9	51,3	5,0		42	1a	sv. 0.5	450	5,7	
24.10.	C-5	834,3	35	94		355	3,00	67	-2		-14		0,01	0,001	70	8	53,8	51,8	12,0		27	1a	sv. 1	320	2,1	
26.10.	B-56	834,4	40	96		346	2,839	66	-2		-17		0,01	0,001	102	7	52,0	51,4	2,0		37	1a	sv. 0.5	388	4,1	
27.10.	B-54	833,5	34	92		359	2,879	67	-3		-16		0,01	0,001	110	18	54,2	51,3	2,0		28	1a	sv. 0.5	334	2,5	
27.10.	B-55	837,2	34	95		350	2,96	65	-2		-17		0,01	0,001	192	6	52,6	51,4	2,0		13	1a	sv. 0.5	346	2,7	
28.10.	B-54	837,1	39	96		343	2,869	67	-6		-18		0,02	0,001	135	14	52,0	51,2	5,0		13	1a	sv. 0.5	317	2,5	
29.10.	B-55	837,2	39	97		345	2,78	65	-9		-12		0,02	0,001	131	14	51,1	51,3	5,0		16	1a	sv. 0.5	401	2,5	
29.10.	B-56	833,8	37	96		348	2,654	66	-6		-18		0,02	0,001	105	14	53,0	51,5	5,0		44	1a	sv. 1	359	2,7	
31.10.	B-54	837,7	36	97		343	2,748	64	-2		-11		0,01	0,001	77	9	51,5	51,3	5,0		17	1a	sv. 0.5	323	2,1	
02.11.	B-56	839,4	37	96		346	2,809	64	-7		-19		0,01	0,001	98	10	50,59	51,4	5,0		22	1a	sv. 0.5	402	2,0	
02.11.	C-1	840,4	38	97		343	2,781	68	-7		-17		0,01	0,001	104	8	49,89	51,5	5,0		21	1a	sv. 0.5	409	2,1	
05.11.	B-55	841,4	38	96		345	3,035	67	-5		-17		0,02	0,001	192	6	49,82	51,5	5,0		25	1a	sv. 0.5	458	2,1	
07.11.	B-54	834,0	39	95		350	4,137	66	-2		-15		0,01	0,001	150	13	54,52	51,4	5,0		26	1a	sv. 0.5	446	2,1	
09.11.	B-56	835,1	33	95		350	2,986	68	-2		-16		0,01	0,001	173	10	53,88	51,5	3,0		28	1a	sv. 0.5	391	2,2	
10.11.	B-55	835,6	33	95		350	2,986	66	-3		-15		0,01	0,001	137	12	53,58	51,4	3,0		26	1a	sv. 0.5	385	2,1	
12.11.	B-54	835,5	34	96		347	3,06	65	-3		-16		0,01	0,001	83	10	53,0	51,4	3,0		22	1a	sv. 0.5	410	2,1	
14.11.	B-56	836,2	36	95		350	3,04	66	-2		-16		0,02	0,001	59	6	52,7	51,4	4,0		28	1a	sv. 0.5	417	2,0	
21.11.	B-54	832,1	39	94		352	2,69	64	-4			-16	0,02	0,001	187	13	53,0	51,1	4,0		14	1a	sv. 0.5	445	1,9	
22.11.	B-55	833,6	38	96		347	2,728	68	-3			-16	0,02	0,001	134	17	52,8	51,2	4,0		12	1a	sv. 0.5	458	1,9	
22.11.	B-56	832,8	37	94		353	2,698	66	-3			-15	0,01	0,001	155	17	53,5	51,5	4,0		17	1a	sv. 0.5	297	2,1	
23.11.	B-54	830,0	38	95		350	2,686	64	-5			-15	0,01	0,001	127	7	54,6	51,4	4,0		14	1a	sv. 0.5	340	2,2	
24.11.	B-55	830,8	45	96		348	2,537	69	-5			-16	0,01	0,001	199	10	52,0	51,5	4,0		14	1a	sv. 0.5	454	2,2	
25.11.	B-56	834,9	48	95		350	2,473	74	-5			-18	0,02	0,001	193	7	50,6	51,3	5,0		22	1a	sv. 0.5	441	1,9	
26.11.	B-54	837,6	43	96		345	2,765	73	-8			-17	0,01	0,001	156	7	50,0	51,3	5,0		29	1a	sv. 0.5	362	2,1	
29.11.	B-55	839,1	39	96		347	2,733	72	-3			-16	0,02	0,001	148	4	50,7	51,4	1,0		24	1a	sv. 0.5	454	2,8	

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EURODIZEL

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA, kg/m^3	DESTILACIJA: do 250 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 350 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 360 °C, % v/v	DESTILACIJA: 95 % v/v, °C	KIN. VISKOZNOST NA 40 °C, mm2/s	TOČKA PALJENJA, °C	TOČKA ZAMUĆENJA, °C	TOČKA FILTRABILNOSTI, °C 16.04. - 30.09.	01.10.-15.11. i 01.03.-15.04.	16.11. - 29.02.	KOLIČINA KOKSA, % m/m	KOLIČINA PEPELA, % m/m	KOLIČINA VODE, mg/kg	KOLIČINA SEDIMENATA, mg/kg	CETANSKI INDEKS	CETANSKI BROJ	OKSIDACIJSKA STABILNOST, g/m^3	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, % m/m	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOROZIVNOST	BOJA	MAZIVOST, um	POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI, %m/m	IZGLED
29.11.	B-56	839,5	39	96		346	2,733	70	-3			-17	0,01	0,001	131	11	50,5	51,3	6,0		22	1a	sv. 0.5	360	2,8	
01.12.	B-54	840,8	42	96		345	2,599	73	-5			-18	0,01	0,001	131	16	49,0	51,4	1,0		25	1a	sv. 0.5	393	2,2	
03.12.	B-55	841,2	42	95		350	2,548	72	-4			-18	0,02	0,001	126	5	49,1	51,0	5,0		16	1a	sv. 0.5	355	2,3	
04.12.	C-1	837,5	43	92		360	2,411	62	1			-17	0,01	0,001	126	20	49,7	51,0	5,0		27	1a	sv. 1.5	387	5,0	
04.12.	B-56	837,9	42	93		358	2,575	62	0			-16	0,01	0,001	151	20	48,2	51,0	5,0		27	1a	sv. 1.5	341	5,3	
05.12.	C-3	837,7	44	93		354	2,445	62	0			-15	0,01	0,001	124	18	49,0	51,0	15,0		28	1a	sv. 1.5	352	6,1	
05.12.	C-4	839,0	47	97		340	2,48	65	-5			-19	0,01	0,001	106	12	48,7	51,2	5,0		22	1a	sv. 0.5	443	2,3	
08.12.	B-56	838,0	46	93		358	2,582	56	0			-17	0,01	0,001	184	24	48,7	51,0	5,0		20	1a	sv. 1.5	332	5,2	
08.12.	B-54	837,1	46	96		347	2,749	64	-3			-18	0,01	0,001	103	16	49,1	51,0	5,0		11	1a	sv. 0.5	410	2,1	
14.12.	B-55	837,0	41	96		348	2,441	64	-5			-18	0,01	0,001	46	14	50,0	51,0	2,0		13	1a	sv. 0.5	445	2,2	
17.12.	B-54	838,6	47	95		350	2,513	65	-5			-20	0,01	0,001	134	10	49,0	51,2	5,0		14	1a	sv. 0.5	348	2,4	
20.12.	B-55	836,6	48	96		343	2,445	63	-5			-17	0,01	0,001	133	12	49,2	51,3	12,0		9	1a	sv. 0.5	442	1,9	
22.12.	B-56	832,0	41	96		346	2,701	60	-4			-17	0,01	0,001	160	23	53,2	51,2	12,0		14	1a	sv. 0.5	337	2,1	
22.12.	C-1	834,4	39	96		346	3,05	60	-4			-18	0,01	0,001	104	9	52,4	51,3	12,0		33	1a	sv. 0.5	377	2,4	
23.12.	B-54	833,9	36	96		346	2,804	60	-4			-17	0,02	0,001	128	9	53,5	51,2	12,0		26	1a	sv. 0.5	373	2,1	
24.12.	B-55	834,0	32	95		350	2,924	62	-3			-17	0,01	0,001	105	24	53,9	52,8	11,0		29	1a	sv. 0.5	413	1,5	
28.12.	B-56	833,4	32	95		350	2,884	63	-3			-16	0,01	0,001	140	13	54,8	53,1	11,0		23	1a	sv. 0.5	455	2,0	
28.12.	C-4	833,8	34	96		346	2,839	62	-4			-16	0,01	0,001	87	11	54,2	53,1	22,0		24	1a	sv. 0.5	458	2,1	
29.12.	B-54	834,1	33	96		345	2,907	63	-3			-16	0,01	0,001	159	14	53,3	53,2	10,0		27	1a	sv. 0.5	399	2,1	
31.12.	C-1	834,4	29	95		350	3,117	60	-4			-15	0,01	0,001	153	10	54,4	53,1	10,0		24	1a	sv. 0.5	355	2,1	

Tablica 8. Karakteristike uzoraka motornog goriva EUROSUPER 95

DATUM	SPREMNIK	GUSTOĆA NA 15°C, kg/m³	OKTANSKI BROJ: IOB	OKTANSKI BROJ: MOB	KOLIČINA OLOVA, g/l	KOLIČINA OLOVA, mg/l	KOLIČINA BENZENA, % v/v	KOLIČINA UKUPNOG SUMPORA, mg/kg	KOLIČINA OLEFINA, % v/v	KOLIČINA AROMATA, % v/v	KOLIČINA POSTOJEĆE SMOLE, mg/100 ml	KOROZIVNOST (Cu, 50°C, 3h)	OKSIDACIJSKA STABILNOST, min.	DESTILACIJA: do 70 °C, % v/v 01.05.-30.09.	01.04.-31.04. i 01.10.-31.10.	01.11.-31.03.	DESTILACIJA: do 100 °C, % v/v 01.05.-30.09.	01.04.-31.04. i 01.10.-31.10.	01.11.-31.03.	DESTILACIJA: do 150 °C, % v/v	DESTILACIJA: do 180 °C, % v/v	DESTILACIJA: kraj, °C	ostatak, % v/v	TLAK PARA, kPa 01.05.-30.09.	01.04.-31.04. i 01.10.-31.10.	01.11.-31.03.	INDEKS ISPARLJIVOSTI, VLI 01.05.-30.09.	01.04.-31.04. i 01.10.-31.10.	01.11.-31.03.	KOLIČINA OKSIGENATA (MTBE), % m/m	IZGLED	KOLIČINA KISIKA, % m/m	BOJA
08.01	B-17	744,0	96,8	85,0		<1.0	0,80	18	11,07	30,38	1,8	1a	>360			34			55	82		195	1,2			67			903	6,84	bistar	1,25	
18.01.	B-19	746,2	96,6	85,1		<1.0	0,80	27	9,77	31,48	1,4	1a	>360			34			54	81		196	1,2			68			913	7,52	bistar	1,36	
31.01.	B-17	747,7	96,4	85,0		<1.0	0,70	19	9,75	32,36	1,4	1a	>360			34			54	81		194	1,1			67			908	7,42	bistar	1,31	
12.02.	B-19	745,5	96,9	85,1		<1.0	0,80	28	8,84	32,56	1,8	1a	>360			34			53	81		195	1,2			84			1078	8,35	bistar	1,52	
16.02.	B-17	751,5	96,5	85,1		<1.0	0,80	27	8,55	33,13	1,2	1a	>360			31			50	80		195	1,2			70			917	8,07	bistar	1,45	
27.02	B-19	752,2	97,2	85,0		<1.0	0,70	29	9,69	33,06	0,6	1a	>360			32			55	85		194	1,2			74			964	8,99	bistar	1,62	
10.03.	B-17	747,8	96,8	85,0		<1.0	0,90	29	10,91	32,92	1,2	1a	>360			32			51	84		198	1,0			72			944	6,42	bistar	1,16	
17.03.	B-19	751,8	97,2	85,1		<1.0	0,80	26	8,84	34,77	2,0	1a	>360			30			50	80		196	1,3			71			922	7,43	bistar	1,34	
23.03.	B-17	750,1	97,1	85,2		<1.0	0,80	45	13,06	30,37	1,6	1a	>360			27			49	83		197	1,2			63			819	8,82	bistar	1,59	
04.04.	B-17	741,7	96,2	85,0	<0.001	<1.0	0,90	30	6,09	32,67	1,4	1a	>360		36			55		83		188	1,1		75			1002		7,42	bistar	1,35	
07.04.	B-19	745,4	96,0	85,0	<0.001	<1.0	0,80	19	8,16	30,82	0,4	1a	>360		31			55		83		191	1,1		68			897		7,68	bistar	1,39	
11.04.	B-17	748,0	96,6	85,1	<0.001	<1.0	1,00	21	8,76	31,73	1,0	1a	>360		32			51		83		191	1,1		64			864		6,79	bistar	1,23	
20.04.	B-17	751,7	96,2	85,0	<0.001	<1.0	0,90	32	14,62	32,97	1,2	1a	>360		26			50		82		208	1,0		62			802		4,58	bistar	0,82	
02.05.	B-19	745,4	96,0	85,0	<0.001	<1.0	0,80	19	8,16	30,82	0,4	1a	>360	31			55			83		191	1,1	60			817			7,68	bistar	1,39	
26.05.	B-17	755,0	96,0	85,0	<0.001	<1.0	0,70	48	10,67	33,48	1,2	1a	>360	29			51			79		202	1,2	58,8			791			7,01	bistar	1,26	
29.05.	B-19	755,3	95,6	85,0	<0.001	<1.0	0,70	48	9,69	34,13	2,0	1a	>360	28			50			80		202	1,1	58,4			780			7,15	bistar	1,28	
02.07.	B-17	749,4	95,4	85,0	<0.001	<1.0	0,90	18	13,24	29,52	1,2	1a	>360	22			48			84		201	1,2	52			674			5,57	bistar	1,01	
03.07.	B-19	749,1	95,3	85,0	<0.001	<1.0	0,90	22	12,66	31,03	2,2	1a	>360	21			46			85		201	1,1	52			667			4,70	bistar	0,85	
25.07.	B-17	757,6	97,2	85,2	<0.001	<1.0	0,90	40	7,23	34,80	2,2	1a	>360	29			57			88		186	1,1	53			733			12,68	bistar	2,26	
30.07.	B-19	748,0	95,8	85,0	<0.001	<1.0	0,90	25	16,30	26,82	1,6	1a	>360	22			49			83		202	1,4	54			694			5,38	bistar	0,97	
31.07.	B-17	745,7	95,7	85,0	<0.001	<1.0	0,90	21	12,03	30,45	1,4	1a	>360	27			53			86		186	1,0	53,5			725			6,18	bistar	1,12	
07.08.	B-19	750,2	96,8	85,0	<0.001	<1.0	0,90	22	9,81	32,18	1,0	1a	>360	24			49			84		188	1,1	58,7			765			7,01	bistar	1,27	
15.08.	B-17	750,4	96,4	85,0	<0.001	<1.0	0,90	28	9,33	32,49	2,0	1a	>360	32			54			85		185	1,2	55			794			7,20	bistar	1,30	
23.08.	B-19	753,3	96,8	85,0	<0.001	<1.0	0,70	45	10,28	33,32	1,6	1a	>360	24			47			83		192	1,1	51,2			680			6,58	bistar	1,18	
28.08.	B-17	753,1	96,9	85,0	<0.001	<1.0	0,60	26	10,71	32,32	2,0	1a	>360	27			50			82		188	1,1	53			719			7,59	bistar	1,36	
31.08.	B-19	753,4	96,2	85,2	<0.001	<1.0	0,60	33	12,05	32,18	1,0	1a	>360	25			49			81		197	1,1	54,8			723			7,00	bistar	1,26	
06.09.	B-17	758,2	97,0	85,0	<0.001	<1.0	0,70	34	12,73	33,33	1,0	1a	>360	30			52			82		190	1,2	54,4			754			7,25	bistar	1,28	neobojen
14.09.	B-19	756,4	96,8	85,1	<0.001	<1.0	0,70	35	12,73	35,00	1,2	1a	>360	21			48			79		195	1,0	53,3			680			7,64	bistar	1,39	neobojen
19.09.	B-17	754,3	97,0	85,1	<0.001	<1.0	0,70	28	11,56	34,78	2,0	1a	>360	30			51			80		192	1,2	56,5			775			7,93	bistar	1,42	neobojen
25.09.	B-19	757,5	97,1	85,0	<0.001	<1.0	0,70	29	10,43	34,96	1,4	1a	>360	31			52			80		195	1,2	53,2			749			8,25	bistar	1,47	neobojen
04.10.	B-17	745,0	97,2	85,1	<0.001	<1.0	0,80	42	9,68	32,99	1,8	1a	>360		36			53		80		196	1,0		70			952		5,79	bistar	1,05	neobojen
08.10.	B-19	752,7	97,2	85,1	<0.001	<1.0	0,80	24	8,93	34,02	1,2	1a	>360		32			51		82		196	1,1		71,7			941		7,66	bistar	1,38	neobojen
12.10.	B-17	752,0	97,2	85,0	<0.001	<1.0	0,80	20	15,66	30,59	2,0	1a	>360		25			48		80		202	1,2		56,3			738		6,38	bistar	1,15	neobojen
15.10.	B-19	753,1	97,5	85,1	<0.001	<1.0	0,80	23	9,86	34,32	2,6	1a	>360		31			51		80		198	1,2		81,7			1034		7,72	bistar	1,39	neobojen
22.10.	B-17	750,9	97,2	85,1	0,001	1,0	0,80	33	10,33	33,42	2,6	1a	>360		31			50		80		196	1,2		67,9			896			bistar	1,19	neobojen
26.10.	B-19	750,3	97,2	85,0	<0.001	<1.0	0,80	22	10,47	33,37	0,6	1a	>360		34			52		80		200	1,2		70,4			942		6,70	bistar	1,21	neobojen
07.11.	B-17	756,2	97,3	85,1	<0.001	<1.0	0,90	32	10,28	34,89	1,2	1a	>360			29			48	79		199	1,2			66,3			866	7,45	bistar	1,33	neobojen
13.11.	B-19	748,8	97,2	85,0	<0.001	<1.0	0,80	36	10,95	33,77	1,2	1a	>360			35			52	81		190	1,2			75,7			1002	5,24	bistar	0,95	neobojen
19.11.	B-17	746,8	97,2	85,1	<0.001	<1.0	0,80	37	9,37	33,94	1,6	1a	>360			35			53	81		192	1,2			72			965	6,40	bistar	1,16	neobojen
27.11.	B-19	749,2	97,5	85,1	<0.001	<1.0	0,70	36	9,80	34,70	1,6	1a	>360			33			50	78		196	1,2			70,3			934	5,93	bistar	1,07	neobojen
10.12.	B-17	746,3	97,0	85,1	<0.001	<1.0	0,80	26	7,89	34,38	1,2	1a	>360			33			51	78		198	1,2			77			1001	6,13	bistar	1,11	neobojen
17.12.	B-19	749,0	97,1	85,0	<0.001	<1.0	0,70	17	9,37	34,59	1,8	1a	>360			33			52	80		196	1,2			81,8			1049	8,13	bistar	1,47	neobojen
26.12.	B-17	748,7	96,9	85,1	<0.001	<1.0	0,80	27	9,36	33,50	2,5	1a	>360			33			52	80		190	1,1			73,5			966	8,56	bistar	1,55	neobojen

PRIVITAK 3

Prijevod pojmova s originalnog lista Crude Oil Assay za nafte

CRUDE ID NUMBER	IDENTIFIKACIJSKI BROJ NAFTE
CRUDE	NAFTA
ORIGIN	PORIJEKLO
DATE	DATUM
CRUDE PROPERTIES	KARAKTERISTIKE NAFTE
LIGHT HYDROCARBONS YIELDS	ISCRPCI LAGANIH UGLJIKOVODIKA
Gravity, degrees API	Težina u stupnjevima API
Specific Gravity (60F/60F)	Specifična težina (60F/60F)
Total Sulfur, wt pct.	Ukupni sumpor, težinski %
Mercaptan Sulfur, ppm wt	Merkaptanski sumpor, težinski ppm
Total Nitrogen, wt pct	Ukupni dušik, težinski %
Pour Point, degrees F	Točka tečenja, ^{0}F
Viscosity at 70 deg. F, cs	Viskozitet kod 70 ^{0}F, (cs)
Viscosity at 100 deg. F, cs	Viskozitet kod 100 ^{0}F, (cs)
Vanadium, ppm wt	Vanadij, težinski ppm
Nickel, ppm wt	Nakalj, težinski ppm
Conradson Carbon, wt. pct.	Ugljik po Conradsonu, težinski %
Asphaltenes, wt. pct.	Asfalteni, težinski %
n-Pentane Insolubles, wt. pct.	Neotopivi n-pentan, težinski %
Reid Vapour Pressure, psia	Tlak para po Reidu, psia
Flash Point, degrees F	Plamište, ^{0}F
Hydrogen Sulfide, ppm wt	Sumporovodik, težinski ppm
Neutralization number, mg KOH/g	Neutralizacijski broj, mg/KOH/g

Bottom Water & Sediment, LV pct.	Ostatna voda i sedimenti, volumni %
Ash Content, wt. pct.	Sadržaj pepela, težinski %
Salt (as NaCl), lbs/1000 bbls	Sol (kao NaOH), lbs/1000bbls
Component	Komponenta
Methane	Metan
Ethane	Etan
Propane	Propan
Isobutane	Izobutan
Normal Butane	Normalni butan
Isopentane	Izopentan
Normal Pentan	Normalni pentan
LV PCT	Volumni %
WT PCT	Težinski %
PRODUCT PROPERTIES	Karakteristike proizvoda
TBP Cut Points, degrees F	Točke rezova po krivulji pravih vrenja, ^{0}F
TBP Cut Points, degrees C	Točke rezova po krivulji pravih vrenja, ^{0}C
Yield, LV pct.	Iscrpak, volumni %
Yield, wt pct.	Iscrpak, težinski %
Gravity, degrees API	Težina, ^{0}API
Specific Gravity (60F/60F)	Specifična težina (60 ^{0}F/60 ^{0}F)
VAPB, degrees F	Prosječna volumna točka vrenja, ^{0}F
Caracterization Factor	Faktor karakterizacije
Total Sulfur, wt. pct	Ukupni sumpor, težinski %
Mercaptan Sulfur, wt. pct	Merkapranski sumpor, volumni %
Total Nitrogen, wt. pct	Ukupni dušik, težinski %
Aniline Point, degrees F	Anilinska točka, ^{0}F
Naphthenes, LV pct	Nafteni, volumni %
Aromatics, LV pct	Aromati, volumni %
Resarch Octane No. Clear	Istraživački oktanski broj
Smoke Point, mm	Točka dimivosti, mm

Cetane Indeks	Cetanski indeks
Freeze Point, degrees F	Krutište, ^{0}F
Pour Point, degrees F	Točka tečenja, ^{0}F
Viscosity at 100 deg. F, cs	Viskozitet kod 100 ^{0}F, cs
Viscosity at 140 deg. F, cs	Viskozitet kod 140 ^{0}F, cs
Viscosity at 210 deg. F, cs	Viskozitet kod 210 ^{0}F, cs
Nickel, ppm wt	Nikalj, težinski ppm
Vanadium, ppm wt	Vanadij, težinski ppm
Conradson Carbon, wt. pct.	Ugljik po Conradsonu, težinski %
Asphaltenes, wt. pct.	Asfalteni, težinski %

LIGHT GASOLINE	Lagani benzin
LIGHT NAPHTHA	Lagani primarni benzin
MEDIUM NAPHTHA	Srednji primarni benzin
HEAVY NAPHTHA	Teški primarni benzin
LIGHT KEROSINE	Lagani kerozin
HEAVY KEROSINE	Teški kerozin
ATMOS. GAS OIL	Atmosfersko plinsko ulje
VACUUM GAS OIL	Vakuum plinsko
VACUUM RESIDUE	Vakuum ostatak
ATMOS. RESIDUE	Atmosferski ostatak

PROPERTY CODES	Oznake svojstava

D = Interpolation/extrapolation of assay data	D = Interpolacija/ekstrapolacija podataka iz eseja
C = calculated number	C = Izračunata veličina
N = no data available	N = Nema dostupnih podataka
ND = not detected	ND = Nije utvrđeno

PRIVITAK 4

Prijevod pojmova s originalnog listana mješavanja nafti

CRUDE OIL BLENDING CASE	NAMJEŠAVANJE NAFTI SLUČAJ
Oil Number in Mix	Broj nafti u smjesi
Oil MT / Yield % wt	Količina nafte, t / Iscrpak volumni %
Spec. Gr. (15,6 ^{0}C)	Specifična težina pri 15,6 ^{0}C
Total Sulfur, % wt	Ukupni sumpor, težinski %
RON Clear	Istraživački oktanski broj čisti
Viscosity, cSt(100C)	Viskoznost pri 100 ^{0}C, centistoksi
Va, % m/m	Vanadij, težinski %
Ni, % m/m	Nikalj, težinski %
Oil / Fraction	Nafta / Frakcije
LPG	Ukapljeni naftni plin
Gasoline	Benzin
H. Gasoline	Teški benzin
Light Gas Oil	Lagano plinsko ulje
Heavy Gas Oil	Teško plinsko ulje
Atm. Resid	Atmosferski ostatak
Loss	Gubici
Vac. Gas Oil	Vakuum plinsko ulje
Vac. Resid	Vakuum ostatak
SPINNERS TOOLS FOR OIL BLENDING	"SPINER" alat za postavljanje numeričke vrijednosti namješavanja
No. Crude Oil – quantify spinners	Redni broj nafte – količinski multiplikator

REAL FRACTIONS – Final Boiling Point (FBP), C	STVARNE FRAKCIJE – Krajnja točka pravih vrenja, ^{0}C
L. Gasoline	Lagani benzin
H. Gasoline	Teški benzin
L. Petroleum	Lagani petrolej
H. Petroleum	Teški petrolej
L. Gas Oil	Lagano plinsko ulje
H. Gas oil	Teško plinsko ulje
L. Vac. Gas Oil	Lagano vakuum plinsko ulje
H. Vac. Gas Oil	Teško vakuum plinsko ulje