

EMIR CERIĆ  
**NAFTA, PROCESI I PROIZVODI**  
- Drugo prerađeno izdanje -

Sarajevo, 2012

Naslov:  
**Nafta, procesi i proizvodi**

Autor:  
**Emir Cerić**

Izdavač:  
**IBC d.o.o., Sarajevo**  
www.ibc-sarajevo.com

DTP i korice:  
**Dragan Tolomanoski**

Tisak:  
**Dobra knjiga**

Sarajevo, 2012.

---

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i univerzitetska biblioteka  
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

622.323:620.92]

CERIĆ, Emir  
Nafta, procesi i proizvodi / Emir Cerić. -  
Sarajevo : IBC, 2012. - 419 str. : ilustr. ; 26 cm

Životopis: str. 419. - Bibliografija: str. 415-418.

ISBN 978-9958-9173-5-6

COBISS.BH-ID 20182534

---

Copyright © 2012 Emir Cerić  
Sva prava zaštićena.  
Nijedan dio ove knjige ne smije se prenositi ili reproducirati u bilo kojem obliku bez  
pismenog odobrenja autora.

EMIR CERIC

---

**NAFTA,  
PROCESI I PROIZVODI**

Glavni sponzor:



## RIJEČ AUTORA

Nedostatak stručne literature iz područja prerade nafte na hrvatskom jeziku ponukao me napisati ovu knjigu. Knjiga je prvenstveno namijenjena stručnjacima koji rade u naftnoj industriji, projektnim organizacijama, studentima iz područja naftnog gospodarstva i prerade nafte, poslovnim ljudima koji su na različite načine uključeni u ovu tematiku, pa i drugima.

Knjiga je plod dugogodišnjeg rada autora u naftnoj industriji, mnogobrojnih susreta s najjavnijim stručnjacima najvećih svjetskih naftnih tvrtki (Chevron – Texaco, Shell, BP, Exxon – Mobil, Conoco – Phillips itd.), najvažnijim licencorima tehnoloških procesa za preradu nafte (UOP, Axens), najvećih inženjerskih tvrtki (Technip, ABB Lummus Global, Koch – Glitsch, Fluor Daniel, Foster Wheeler, Lurghi, SK Engineering itd.), kao i najvećih proizvođača katalizatora (Akzo Nobel, Criterion, Haldor Topsoe itd.), te posjeta mnogobrojnim rafinerijama od Europe, Sjeverne Amerike, Azije i Australije, kao i pasivnog i aktivnog učešća na mnogobrojnim kongresima i simpozijima diljem svijeta.

Nadam se da će ova knjiga pridonijeti boljem i lakšem razumijevanju predmetne materije, te omogućiti stručnjacima naftnog gospodarstva obnovu stečenih kao i prihvaćanje novih znanja, nastavnicima koji predaju kolegij prerada nafte kao koristan izvor potrebnih podataka, a studentima na veleučilištima i sveučilištima otvoriti nove spoznaje i lakši ulazak u svijet “crnog zlata”.

Drugo izdanje knjige u odnosu na prvo prošireno je naročito u poglavljima 1.5. “Rezerve nafte u svijetu”, 1.6. “Proizvodnja nafte u svijetu”, 1.7. “Potrošnja nafte”, 1.8. “Tijekovi snabdijevanja naftom”, 1.9. “Kvaliteta nafte”, 1.10. “Cijena nafte”, 1.11. “Tržište naftnih derivata”, 1.12. “Bilanca derivata”, 1.13. “Kvaliteta derivata”, 3.4. “Faktori kompleksnosti rafinerija” i 7.15. “Procesi za proizvodnju biogoriva”. Također su ispravljene uočene štamparske greške.

Nastojanje autora da zadovolji ovako širokoj namjeni knjige može biti uzrok i pojedinim propustima pa će mi primjedbe uvaženih čitatelja znatno pomoći da slijedeće izdanje bude još bolje.

Zahvaljujem se Prof. dr. Igoru Dekaniću, dr. Stevi Kolundžiću i dr. Željku Vrbanoviću na njihovoj recenziji, uloženom trudu i dragocjenim sugestijama koje su poboljšale knjigu.

Posebnu zahvalnost dugujem supruzi Nadi, sinu Igoru i snahi Jeleni na poticaju, potpori, strpljenju i razumijevanju prilikom pisanja ove knjige.

Zahvaljujem se Gosp. Marijanu Podobniku na korisnim savjetima vezanih uz poglavlje Maziva.

Zahvaljujem se Gosp. Draganu Tolomanoskom na grafičkom uređenju knjige, te Gđi Fatimi Barucija koja je izdala ovu knjigu.

Zahvaljujem se slijedećim tvrtkama koje su pomogle u izdavanju ove knjige:

INA Industrija nafte Zagreb, Rafinerije "Zarubježnjefta" u Brodu i Modriči, JANAF Zagreb, Petrolinvest Sarajevo, Dorf Ketal Nizozemska, IND-EKO Rijeka, IVICOM Consulting Zagreb, WIG Beograd, ROFA Samobor, Saybolt PAN Adriatika Zagreb, i "GasTeh" Indija Srbija.

Knjigu posvećujem mom unuku Roku Ceriću.

*Dr. sc. Emir Cerić*

## PROSLOV

Godine 1882., kada je započela gradnja rafinerije u Rijeci, jedna od najstarijih u svijetu, crni teški mulj koji danas zovemo naftom nije imao nikakve tržišne vrijednosti, osim kao gorivo za rasvjetu (petrolej) i proizvodnju svijeća (parafin). To se gorivo tada zvalo "kamenno ulje", koje se dobivalo u nekim područjima poput Pensilvanije, Bakua i Galicije. Pronalaskom motora s unutarnjim izgaranjem (Otto, Diesel) i njihova primjena kod cestovnih vozila (Gotlieb Daimler) i brodova počela je industrijalizacija nafte i borba za njene izvore koja je dovela do mnogobrojnih ratova, koji se i danas vode. Vidljivo je vizionarstvo graditelja rafinerije u Rijeci. Možemo reći da je u XX stoljeću uspostavljena struktura u kojoj je veza između nafte, novca i moći promijenila svijet. Ubrzo je nafta postala "žila kucavica" svjetskog gospodarstva bez koje je nezamisliva današnja civilizacija. Načelo "tko ima naftu ima i moć" mnogostruko je dokazano u povijesti. Mnogi ratovi u prošlosti i sadašnjosti vodili su se zbog nafte. Temeljni je problem na početku XXI stoljeća u tome što se raspored najbogatijih rezervi nafte ne podudara s glavnim centrima potrošnje. Obzirom na dokazane rezerve "crnog zlata", kako mnogi s pravom zovu naftu, šezdeset i pet posto svjetskih rezervi se nalazi na području Bliskog Istoka (Saudijska Arabija, Irak i Kuvajt), te je za očekivati da će to područje i u budućnosti biti meta najrazvijenijih zemalja svijeta, prvenstveno SAD i Velike Britanije, koji se bore za prevlast u tom dijelu svijeta s ciljem osiguranja sigurnih izvora nafte.

Nafta na području Republike Hrvatske ima dugogodišnju tradiciju kako u preradi, (Rafinerija Rijeka 1882. g., Rafinerija Sisak 1927. g.), tako i u eksploataciji koja počinje u XIX stoljeću, a pun procvat je uslijedio sredinom XX stoljeća (Naftaplin).

Cijena nafte, njezina proizvodnja i potrošnja izravno utječu na ekonomiku nacionalnog i svjetskog gospodarstva. Ona predstavlja nezaobilazan čimbenik u suvremenoj ekonomiji i pokretanju gospodarskog rasta o kojemu ovisi razvoj ljudskog društva. Jedno je sigurno i nedvojbeno, nafta je promijenila način života i razmišljanja ljudi u XX stoljeću.

Početak XXI stoljeća kada su proizvodnja, potrošnja, a time i cijene dostigle vrhunac, počelo se intenzivno razmišljati o alternativnim izvorima energije kao supstituta za naftu, jer je počeo prevladavati strah od nestanka nafte. Prema dokazanim rezervama, nafte ima, bez

otkrića novih izvora za još cca 50 godina. Međutim, postoje mnoga neistražene nalazišta nafte u dubokim morima koja će sigurno produžiti vijek korištenja nafte i njenih derivata. Prema tome nafta će biti glavni energent i u XXI stoljeću.

Ova knjiga nastoji uvesti čitatelja u tajne prerade nafte i proizvodnje naftnih derivata, bez kojih bi stao normalni život na zemlji.

Knjiga se sastoji od osam poglavlja.

U uvodu se obrađuju teorije o postanku nafte, industrijalizaciji nafte od početka industrijske eksploatacije te njezine primjene, istraživanju, crpljenju i transportu nafte, potrošnji, proizvodnji, rezervama, cijenama i kvaliteti nafte u svijetu. Također se govori o tržištu, bilancama i kvaliteti naftnih derivata, te o zaštiti okoliša.

U poglavlju "Rafinerija" navedeni su najvažniji čimbenici koji utječu na razvoj rafinerija, i prikazane su vrste rafinerija.

U trećem poglavlju obrađeni su faktori kompleksnosti rafinerija.

U poglavlju "Kemija nafte" obrađeni su kemijski spojevi sadržani u nafti te kemijske reakcije nastale preradom nafte.

U petom poglavlju prikazana su fizikalna svojstva nafte.

U šestom poglavlju "Procesi u preradi nafte" prikazani su fizikalno-separacijski i kemijsko-konverzijski procesi.

U sedmom poglavlju "Rafinerijski procesi za proizvodnju goriva" detaljno su obrađeni svi procesi koji sudjeluju u proizvodnji goriva (plina za loženje, UNP-a, motornih benzina, mlaznog goriva, dizelskog goriva i ulja za loženje), kao i bitumena.

U osmom poglavlju "Maziva" obrađena su svojstva baznih ulja, procesi za proizvodnju baznih ulja, motorna i industrijska ulja.

S uvjerenjem da će ovu knjigu uzeti u ruke, osim stručnjaka i zaposlenika u ovoj djelatnosti i drugi čitatelji, na kraju je uvršten Pojmovnik i odabrana literatura.



## SADRŽAJ

RIJEČ AUTORA	V
PROSLOV	VII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Industrijalizacija nafte	4
1.2. Istraživanje nafte i plina	8
1.3. Proizvodnja nafte	8
1.4. Transport nafte	10
1.5. Rezerve nafte u svijetu	10
1.6. Proizvodnja nafte u svijetu	14
1.7. Potrošnja nafte	16
1.8. Tijekovi snabdijevanja naftom	18
1.8.1. Tijekovi nafte u zemljama koje nisu članice OPEC-a	18
1.8.2. Tijekovi nafte u zemljama članicama OPEC-a	19
1.8.3. Tijekovi snabdijevanja naftom u svijetu 2011. godine	19
1.8.4. Tijekovi nafte u bliskoj budućnosti	21
1.8.5. Alternativni tijekovi nafte	23
1.9. Kvaliteta nafti	24
1.10. Cijene nafte	26
1.11. Tržište naftnih derivata	28
1.12. Regionalna potrošnja naftnih derivata	31
1.13. Kvaliteta derivata	34
1.14. Zaštita okoliša	36
<b>2 RAFINERIJE</b>	<b>37</b>
2.1. Jednostavna (Hydroskimming) rafinerija	40
2.2. Kompleksna rafinerija	42
2.3. Rafinerije duboke konverzije	47
<b>3 FAKTORI KOMPLEKSNOSTI RAFINERIJA</b>	<b>51</b>
3.1. Izračunavanje Nelsonovog faktora kompleksnosti	56
3.2. Solomonovi indeksi	57
3.2.1. Kapacitet postrojenja	58
3.2.2. Iskoristivost postrojenja	58
3.2.3. Efekti višestrukih procesnih postrojenja	58

3.2.4. Postupak izračunavanja	59
3.2.5. Iskoristivi EKD (IEKD)	59
3.2.6. Faktor konfiguracije rafinerija (RK)	60
3.2.7. Iskoristiva procesna kompleksnost (IPK)	60
<b>4 KEMIJA NAFTE</b>	<b>61</b>
<b>4.1. Vrste kemijskih reakcija</b>	<b>67</b>
4.1.1. Polimerizacija i kopolimerizacija	67
4.1.2. Oksidacija	67
4.1.3. Redukcija	68
4.1.4. Kloriranje	68
4.1.5. Hidratacija	68
4.1.6. Dehidratacija	69
4.1.7. Esterifikacija	69
4.1.8. Hidroliza	69
4.1.9. Sulfonacija	69
4.1.10. Sulfatacija	70
4.1.11. Hidrodesulfurizacija	70
4.1.12. Kondenzacija	70
<b>5 FIZIKALNA SVOJSTVA NAFTE</b>	<b>71</b>
5.1. Gustoća	74
5.2. Relativna gustoća i oAPI gustoća	74
5.3. Točka tečenja	75
5.4. Viskoznost	75
5.5. Tlak para	76
5.6. Temperatura paljenja (Plamište)	76
<b>6 PROCESI U PRERADI NAFTE</b>	<b>77</b>
<b>6.1. Fizikalno-separacijski procesi</b>	<b>79</b>
6.1.1. Destilacija	80
6.1.1.1. Teorijske osnove destilacije	80
6.1.1.1.1. Daltonov zakon	81
6.1.1.1.2. Raoultov zakon	81
6.1.1.1.3. Neidealne smjese plinova	82
6.1.1.1.4. Neidealne tekućine	82
6.1.1.1.5. Ravnotežna krivulja	84
6.1.1.1.6. Sniženje vrelišta kod destilacije nafte	85
6.1.1.1.7. Osnove rektifikacije ili frakcione destilacije	86
<b>6.2. Kemijsko-konverzijski procesi</b>	<b>88</b>
6.2.1. Smanjenje veličine molekula (krekiranje ili cijepanje)	88
6.2.2. Promjena molekularne strukture bez znatne promjene njezine veličine	89
6.2.3. Povećanje veličine molekula	89
<b>6.3. Obrada proizvoda</b>	<b>89</b>
<b>6.4. Vođenje i kontrola rafinerijskih procesa</b>	<b>89</b>
<b>6.5. Pomoćni mediji (utilities)</b>	<b>90</b>

<b>7. RAFINERIJSKI PROCESI ZA PROIZVODNJU GORIVA</b>	<b>95</b>
<b>7.1. Atmosferska destilacija nafte</b>	<b>93</b>
7.1.1. Priprema nafte za preradu	96
7.1.2. Sekcija predgrijavanja nafte	98
7.1.3. Sekcija frakcionacije	100
7.1.4. Sekcija stabilizacije	102
7.1.5. Sekcija razdvajanja benzina (splitter)	102
<b>7.2. Vakuumska destilacija</b>	<b>104</b>
7.2.1. Vakuum flash destilacija	105
7.2.2. Vakuum frakcionacija	107
7.2.3. Vakuum redestilacija	108
<b>7.3. Obrada plinova</b>	<b>110</b>
7.3.1. Obrada otpadnog (loživog) plina	110
7.3.2. Obrada ukapljenog naftnog plina (UNP)	111
7.3.2.1. Oksidacija merkaptana	112
7.3.2.1.1. Prednosti i nedostaci obrade plinova s natrijevom lužinom	115
7.3.2.2. Obrada plinova aminom	115
<b>7.4. Proces za dobivanje sumpora (Claus)</b>	<b>119</b>
7.4.1. Obrada otpadnog plina iz Claus postrojenja (tail gas)	120
<b>7.5. Alkilacija</b>	<b>122</b>
7.5.1. Nečistoće u sirovini za alkilaciju	125
7.5.2. Alkilacija sa sulfatnom kiselinom	126
7.5.2.1. Reaktorska sekcija	127
7.5.2.2. Sekcija hlađenja depropanizatora	128
7.5.2.3. Sekcija obrade	130
7.5.2.4. Sekcija frakcionacije	131
7.5.3. Alkilacija s fluoridnom kiselinom	132
7.5.4. Alkad tehnologija	134
7.5.5. Alkilacija s fiksnim slojem katalizatora	135
<b>7.6. Oligomerizacija (Katalitička kondenzacija)</b>	<b>138</b>
7.6.1. Opis procesa	138
<b>7.7. Eterifikacija</b>	<b>140</b>
7.7.1. Diizopropileter (DIPE)	143
<b>7.8. Izomerizacija</b>	<b>145</b>
7.8.1. Kemizam procesa	146
7.8.2. Temeljna načela izomerizacije	148
7.8.3. Katalizatori	149
7.8.3.1. Amorfno-klorirani zeoliti s platinom	149
7.8.3.2. Zeolitski katalizatori	149
7.8.3.3. Metalni oksidi ( $ZrO_2$ , $SnO_2$ , $TiO_2$ i $Fe_2O_3$ )	150
7.8.4. Sirovine za izomerizaciju	150
7.8.5. Vrste konfiguracije procesa izomerizacije	153
7.8.5.1. Izomerizacija s recirkulacijom n-parafina	154
<b>7.9. Hidroobrada</b>	<b>157</b>
7.9.1. Hidrodesulfurizacija	157
7.9.1.1. Teorijske osnove	157
7.9.2. Hidrodenitrifikacija	160
7.9.3. Reakcije zasićenja olefina (hidrogenacija)	161

<b>7.9.4. Reakcije zasićenja aromata</b>	<b>162</b>
<b>7.9.5. Katalizatori</b>	<b>162</b>
<b>7.9.6. Varijable procesa</b>	<b>164</b>
7.9.6.1. Temperatura	164
7.9.6.2. Tlak	165
7.9.6.3. Prostorna brzina	166
7.9.6.4. Odnos vodik/sirovina	166
7.9.6.5. Parcijalni tlak vodika	166
<b>7.9.7. Primjena procesa hidrobrade</b>	<b>167</b>
7.9.7.1. Opis procesa	168
7.9.7.2. Hidrobrada sirovine za FCC (Fluid katalitički kreking)	171
7.9.7.3. Ekonomika hidrobrade sirovine za FCC	175
7.9.7.4. Hidrobrada FCC benzina	175
<b>7.10. Hidrokreking</b>	<b>178</b>
<b>7.10.1. Teorijske osnove</b>	<b>180</b>
<b>7.10.2. Katalizatori</b>	<b>183</b>
<b>7.10.3. Procesne varijable</b>	<b>185</b>
7.10.3.1. Tlak	185
7.10.3.2. Temperatura	185
7.10.3.3. Konverzija	186
7.10.3.4. Prostorna brzina	186
7.10.3.5. Potrošnja vodika $\text{Nm}^3/\text{m}^3$ (omjer $\text{H}_2/\text{CH}$ )	187
<b>7.10.4. Vrste hidrokreking procesa</b>	<b>187</b>
7.10.4.1. Blagi hidrokreking	187
7.10.4.1.1. Opis procesa	188
7.10.4.1.2. Karakteristike sirovine i proizvoda	189
7.10.4.2. Oštri hidrokreking	190
7.10.4.2.1. Jednostupanjski hidrokreking	191
7.10.4.2.2. Dvostupanjski hidrokreking	193
7.10.4.3. Hidrokreking vakuum ostatka	194
<b>7.11. Katalitički reforming</b>	<b>197</b>
<b>7.11.1. Teorijske osnove</b>	<b>198</b>
7.11.1.1. Dehidrogenacija naftena	198
7.11.1.2. Izomerizacija parafina i naftena	199
7.11.1.3. Dehidrociklizacija parafina	200
7.11.1.4. Hidrokreking	200
7.11.1.5. Topline reakcije	202
<b>7.11.2. Katalizatori</b>	<b>203</b>
7.11.2.1. Sinteriranje metala	203
7.11.2.2. Taloženje koksa	204
7.11.2.3. Selektivnost katalizatora	204
<b>7.11.3. Varijable procesa</b>	<b>206</b>
7.11.3.1. Vrste katalizatora	206
7.11.3.2. Tlak u reaktoru	206
7.11.3.3. Temperatura u reaktoru	207
7.11.3.4. Prostorna brzina	207
7.11.3.5. Omjer vodik/ugljikovodici ( $\text{H}_2/\text{HC}$ )	207
<b>7.11.4. Vrste procesa katalitičkog reforminga</b>	<b>208</b>
7.11.4.1. Semiregenerativni katalitički reforming	208
7.11.4.2. Katalitički reforming s kontinuiranom regeneracijom katalizatora (CCR)	209

<b>7.11.5. Postupci za smanjenje sadržaja benzena u reformatu</b>	<b>213</b>
7.11.5.1. Predfrakcionacija prekursora benzena	214
7.11.5.1.1. Utjecaj početka destilacije sirovine za reforming na smanjenje benzena	215
7.11.5.1.2. Iscrpak vodika	216
7.11.5.1.3. Iscrpak reformata	216
7.11.5.2. Postfrakcionacija benzena	218
7.11.5.2.1. Sadržaj benzena u benzinu	218
7.11.5.2.2. Iscrpak benzina	218
7.11.5.2.3. Iscrpak vodika	219
<b>7.12. Proizvodnja aromata</b>	<b>222</b>
7.12.1. Izbor otapala	224
7.12.2. Osnove procesa	224
7.12.3. Iscrpci na aromatima	225
7.12.4. Hidrodealkilacija	226
7.12.4.1. Kemizam procesa	226
7.12.4.2. Sirovina	227
7.12.4.3. Opis procesa	228
7.12.4.4. Iscrpci dealkilacij	229
7.12.5. Proizvodnja para-ksilena	229
7.12.5.1. Opis procesa	230
7.12.5.2. Principi kontinuirane adsorpcije	231
7.12.5.2.1. Selektivnost	232
7.12.5.2.2. Kapacitivnost	232
7.12.5.2.3. Reverzibilnost	232
7.12.6. Izomerizacija C8 aromata	233
7.12.6.1. Kemizam procesa	233
7.12.6.2. Opis procesa	233
<b>7.13. Vodik</b>	<b>236</b>
7.13.1. PSA (Pressure swing adsorbtion)	237
7.13.2. Sistem membrana	240
7.13.3. Kriogena separacija	243
7.13.4. Proizvodnja vodika	246
7.13.4.1. Reforming s vodenom parom (Steam reforming)	247
7.13.4.1.1. Kemizam reakcija	248
7.13.4.1.2. Opis procesa	249
7.13.4.1.3. Sirovine	250
7.13.4.1.4. Katalizatori	253
7.13.4.2. Parcijalna oksidacija	254
<b>7.14. Fluid katalitički kreking (FCC)</b>	<b>258</b>
7.14.1. Kemizam procesa	258
7.14.2. Varijable procesa	262
7.14.2.1. Temperatura risera	263
7.14.2.2. Omjer cirkulacije	263
7.14.2.3. Temperatura predgrijavanja sirovine	264
7.14.2.4. Protok sirovine	264
7.14.2.5. Količina svježeg katalizatora	264
7.14.2.6. Količina zraka za regeneraciju katalizatora	265
7.14.2.7. Kraj destilacije benzina	265
7.14.3. Katalizatori	265
7.14.4. Sirovine za FCC	268

<b>7.14.5. Opis procesa</b>	<b>270</b>
7.14.5.1. Reaktor i regeneratorski uređaj	270
7.14.5.2. Frakcionator	275
7.14.5.3. Stabilizator	276
<b>7.14.6. Proizvodi FCC-a</b>	<b>277</b>
7.14.6.1. Iscrpci proizvoda FCC-a	278
7.14.6.1.1. Loživi plin (C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> )	279
7.14.6.1.2. Ukapljeni naftni plin (C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> )	279
7.14.6.1.3. Benzin	279
7.14.6.1.4. Lako cikličko ulje (LCU)	284
7.14.6.1.5. Teško cikličko ulje (dekantirano ulje)	284
<b>7.15. Procesi za proizvodnju biogoriva</b>	<b>286</b>
7.15.1. Proizvodnja ETBE	287
7.15.2. Proizvodnja biodizela	287
7.15.3. Usporedba procesa i svojstva biodizela i zelenog dizela	291
<b>7.16. Procesi za konverziju teških ostataka</b>	<b>294</b>
7.16.1. Termički krekning	296
7.16.1.1. Visbreaking	297
7.16.1.1.1. Visbreaking tipa peći (coil type)	297
7.16.1.1.2. Opis procesa	297
7.16.1.1.3. Soaker (visbreaking s reaktorom)	299
7.16.1.1.4. Sirovine	300
7.16.1.1.5. Varijable procesa	300
7.16.1.1.6. Iscrpci i kvaliteta proizvoda	301
7.16.1.2. Koking	302
7.16.1.2.1. Varijable procesa	303
7.16.1.2.2. Kvaliteta sirovine	306
7.16.1.2.3. Vrste procesa	307
7.16.2. Separacijski procesi	317
7.16.2.1. Solventna deasfaltacija	317
7.16.2.1.1. Sirovina	317
7.16.2.1.2. Iscrpci i kvaliteta proizvoda	318
7.16.2.1.3. Varijable procesa	320
7.16.2.1.4. Opis procesa	321
<b>7.17. Plinifikacija ostataka</b>	<b>325</b>
<b>7.18. Bitumen</b>	<b>329</b>
7.18.1. Cestograđevni bitumeni	330
7.18.2. Industrijski bitumeni	331
7.18.3. Modificirani (polimerni) bitumen	332
7.18.4. Bitumenske emulzije	333
7.18.5. Proizvodnja bitumena	334
<b>7.19. Materijalna bilanca proizvodnja goriva</b>	<b>335</b>
7.19.1. Materijalna bilanca postrojenja za proizvodnju sirovina za namješavanje motornog benzina	336
7.19.1.1. Atmosferska destilacija	336
7.19.1.2. Alkilacija	337
7.19.1.3. Deizopentanizator	337
7.19.1.4. Izomerizacija	338
7.19.1.5. Katalitički reforming	338

7.19.1.6. Vakuum destilacija	338
7.19.1.7. Blagi hidrokreking	339
7.19.1.8. Fluid katalitički kreking (FCC)	339
7.19.1.9. Hidrokreking ostatka	339
<b>7.19.2. Materijalna bilanca postrojenja za proizvodnju sirovina za namiješavanje dizelskog goriva</b>	<b>341</b>
7.19.2.1. Atmosferska destilacija	341
7.19.2.2. Hidrodesulfurizacija	341
7.19.2.3. Vakuum destilacija	342
7.19.2.4. Blagi hidrokreking	342
7.19.2.5. Fluid katalitički kreking FCC)	342
7.19.2.6. Hidrokreking ostatka	342
<b>7.20. Kvaliteta i namiješavanje goriva</b>	<b>344</b>
<b>7.20.1. Tehnička pozadina kvalitete goriva</b>	<b>346</b>
7.20.1.1. Motorni benzini	346
7.20.1.1.1. Karakteristika benzina	346
7.20.1.1.2. Parametri performansi motora	347
7.20.1.1.3. Parametri emisije	348
7.20.1.2. Dizelsko gorivo	350
7.20.1.2.1. Gustoća	350
7.20.1.2.2. Sumpor	350
7.20.1.2.3. Aromati	352
7.20.1.2.4. Cetanski broj	352
7.20.1.2.5. Destilacijske karakteristike (T 95)	353
<b>7.20.2. Namiješavanje goriva</b>	<b>353</b>
7.20.2.1. Motorni benzin	354
7.20.2.2. Dizelsko gorivo	355
<b>8. MAZIVA</b>	<b>357</b>
<b>8.1. Procesi za proizvodnju baznih ulja</b>	<b>359</b>
<b>8.1.1. Klasična ili solventna tehnologija</b>	<b>360</b>
8.1.1.1. Vakumska destilacija	360
8.1.1.2. Deasfaltacija	361
8.1.1.3. Solventna ekstrakcija	361
8.1.1.4. Deparafinacija	361
8.1.1.5. Hidrobrada	362
<b>8.1.2. Hidrokreking tehnologija</b>	<b>363</b>
<b>8.1.3. Hibrid tehnologija</b>	<b>364</b>
<b>8.1.4. Opis procesa za proizvodnju baznih ulja</b>	<b>367</b>
8.1.4.1. Vakuumska destilacija	367
8.1.4.2. Deasfaltacija	367
8.1.4.3. Solventna ekstrakcija	367
8.1.4.3.1. Varijable procesa	370
8.1.4.3.2. Opis procesa	370
8.1.4.3.3. Usporedba procesa solventne ekstrakcije	372
8.1.4.4. Hidrokreking	375
8.1.4.5. Solventna deparafinacija i deoiling (uklanjanje ulja)	376
8.1.4.5.1. Varijable procesa	377
8.1.4.5.2. Opis procesa	377

8.1.4.6. Katalitička deparafinacija	380
8.1.4.6.1. Opis procesa	380
8.1.4.7. Usporedba procesa deparafinacije	381
8.1.4.8. Hidroobrada	384
<b>8.2. Svojstva baznih ulja</b>	<b>384</b>
8.2.1. Viskoznost	385
8.2.2. Indeks viskoznosti	386
8.2.3. Stinište	386
8.2.4. Isparljivost	387
8.2.5. Oksidacijska stabilnost	387
<b>8.3. Utjecaj pojedinih spojeva na kvalitetu baznih ulja</b>	<b>389</b>
<b>8.4. Aditivi</b>	<b>392</b>
<b>8.5. Klasifikacija maziva</b>	<b>392</b>
8.5.1. ISO klasifikacija	392
8.5.2. SAE motorna ulja	392
8.5.3. ISO industrijska ulja	394
<b>8.6. Motorna ulja</b>	<b>395</b>
8.6.1. ACEA 2010 Specifikacije motornih ulja	396
8.6.2. API specifikacije motornih ulja	398
8.6.3. Specifikacije proizvođača motora/vozila	401
<b>8.7. Industrijska ulja</b>	<b>402</b>
8.7.1. Ulja za mjenjače i zupčanike	402
8.7.2. Turbinska ulja	403
8.7.3. Cilindarska ulja	403
8.7.4. Ulja za ležaje	403
8.7.5. Kompresorska ulja	403
8.7.6. Hidraulička ulja	404
<b>9. POJMOVNIK</b>	<b>407</b>
<b>10. LITERATURA</b>	<b>415</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS</b>	<b>419</b>