



| STÁTNÍ TECHNICKÁ KNIHOVNA<br>Mariánské nám. 5, Praha 1 |          |
|--|----------|
| 4210/2000  | F 20 198 |
| 26.4.  |          |
| VŠB  |          |
| 109,-  |          |
| e  |          |

© prof. Ing. Václav Roubíček, CSc., VŠB - TU Ostrava, 2000  
doc. Ing. Vratislav Rábl, CSc., VŠCHT Praha, 2000

ISBN 80 - 7078 - 690 - 6

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| ÚVOD . . . . .   | 9         |
| <b>1. ROPA . . . . .</b>                                   | <b>11</b> |
| 1.1 VZNIK, TĚŽBA A DOPRAVA ROPY . . . . .                  | 11        |
| 1.1.1 Teorie o vzniku ropy . . . . .                       | 11        |
| 1.1.2 Naleziště ropy . . . . .                             | 12        |
| 1.1.3 Hledání ropných ložisek . . . . .                    | 12        |
| 1.1.4 Vrtání na ropu . . . . .                             | 14        |
| 1.1.4.1 Vliv vrtání na ropu na životní prostředí . . . . . | 17        |
| 1.1.5 Těžba ropy . . . . .                                 | 17        |
| 1.1.6 Zásoby ropy . . . . .                                | 18        |
| 1.1.7 Ropa v České republice . . . . .                     | 21        |
| 1.1.8 Spotřeba ropy ve světě a v ČR . . . . .              | 22        |
| 1.1.9 Zásoby ropy . . . . .                                | 22        |
| 1.1.10 Náhradní zdroje ropy . . . . .                      | 23        |
| 1.1.11 Cena ropy . . . . .                                 | 23        |
| 1.1.12 Doprava ropy . . . . .                              | 23        |
| 1.2 SLOŽENÍ ROPY . . . . .                                 | 26        |
| 1.2.1 Základní složení ropy . . . . .                      | 26        |
| 1.2.2 Sirné sloučeniny . . . . .                           | 27        |
| 1.2.3 Kyslíkaté sloučeniny . . . . .                       | 28        |
| 1.2.4 Dusíkaté sloučeniny . . . . .                        | 29        |
| 1.2.5 Vysokomolekulární sloučeniny . . . . .               | 29        |
| 1.2.6 Klasifikace rop . . . . .                            | 30        |
| 1.2.7 Úprava ropy . . . . .                                | 30        |
| 1.2.7.1 Odvodnění a odsolení ropy . . . . .                | 30        |
| <b>2. ZPRACOVÁNÍ ROPY . . . . .</b>                        | <b>31</b> |
| 2.1 VYPAŘOVÁNÍ KAPALIN . . . . .                           | 33        |
| 2.1.1 Diferenciální vypařování . . . . .                   | 33        |
| 2.1.2 Rovnovážné vypařování . . . . .                      | 34        |
| 2.1.3 Vliv tlaku na bod varu . . . . .                     | 34        |
| 2.2 ZAŘÍZENÍ PRO DESTILACI ROPY . . . . .                  | 35        |
| 2.2.1 Trubková pec . . . . .                               | 35        |
| 2.2.2 Destilační kolony . . . . .                          | 36        |
| 2.2.2.1 Zpětný tok (reflux) . . . . .                      | 37        |
| 2.2.2.2 Vařák (reboiler) . . . . .                         | 38        |
| 2.2.2.3 Boční kolonky . . . . .                            | 38        |
| 2.3 KOLONY PRO DESTILACI ROPY . . . . .                    | 40        |
| 2.3.1 Atmosférická kolona . . . . .                        | 40        |
| 2.3.2 Odpařovací kolona . . . . .                          | 40        |
| 2.3.3 Vakuová kolona . . . . .                             | 41        |
| 2.3.4 Stabilizační kolona . . . . .                        | 42        |
| 2.3.5 Redestilační kolona . . . . .                        | 42        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 2.3.6     | Speciální destilace . . . . .  | 42        |
| 2.3.6.1   | Azeotropická destilace . . . . .                                     | 42        |
| 2.3.6.2   | Extrakční destilace . . . . .  | 43        |
| 2.3.6.3   | Superfrakcionace . . . . .   | 44        |
| 2.3.6.4   | Katalytická destilace . . . . .                                      | 44        |
| 2.3.6.5   | Mžiková destilace . . . . .  | 44        |
| 2.3.6.6   | Molekulová destilace . . . . .                                       | 45        |
| <b>3.</b> | <b>ZÁKLADNÍ ZPRACOVÁNÍ FRAKČÍ Z ATMOSFÉRICKÉ DESTILACE . . . . .</b> | <b>46</b> |
| 3.1       | RAFINÉRSKÉ PLYNY . . . . .   | 46        |
| 3.1.1     | Dělení uhlovodíkových plynů: . . . . .                               | 47        |
| 3.1.2     | Rafinace uhlovodíkových plynů . . . . .                              | 48        |
| 3.1.3     | Použití uhlovodíkových plynů . . . . .                               | 48        |
| 3.2       | POHONNÉ HMOTY . . . . .  | 48        |
| 3.2.1     | Odsíření pohonných hmot . . . . .                                    | 48        |
| 3.2.1.1   | Extrakce do alkalických roztoků . . . . .                            | 48        |
| 3.2.1.2   | Přeměna merkaptanů na disulfidy - slazení . . . . .                  | 49        |
| 3.2.1.3   | Hydrogenační odsíření . . . . .                                      | 49        |
| 3.2.2     | Rafinace frakcí z atmosférické destilace . . . . .                   | 49        |
| <b>4.</b> | <b>ZÁKLADNÍ ZPRACOVÁNÍ FRAKČÍ Z VAKUOVÉ DESTILACE ROPY . . . . .</b> | <b>52</b> |
| 4.1       | RAFINACE VAKUOVÝCH DESTILÁTŮ . . . . .                               | 52        |
| 4.1.1     | Rafinace olejů . . . . .   | 53        |
| 4.1.1.1   | Rafinace kyselinou sírovou . . . . .                                 | 53        |
| 4.1.1.2   | Rafinace louhem (louhování) . . . . .                                | 55        |
| 4.1.1.3   | Rafinace selektivními rozpouštědly . . . . .                         | 55        |
| 4.1.1.4   | Hydrogenační rafinace . . . . .                                      | 57        |
| 4.1.1.5   | Adsorpční rafinace . . . . .   | 60        |
| <b>5.</b> | <b>ODPARAFÍNOVÁNÍ OLEJŮ . . . . .</b>                                | <b>63</b> |
| 5.1       | OCHLAZOVÁNÍ BEZ ROZPOUŠTĚDLA (lisová parafínka). . . . .             | 64        |
| 5.1.1     | Pocení gače . . . . .  | 65        |
| 5.2       | OCHLAZOVÁNÍ S ROZPOUŠTĚDLY (rozpouštědlová parafínka) . . . . .      | 65        |
| 5.2.1     | Odolejování gače . . . . .   | 66        |
| 5.2.2     | Tvorba aduktů s močovinou (thiomčovinou) . . . . .                   | 67        |
| 5.3       | ODPARAFÍNOVÁNÍ POMOCÍ MOLEKULOVÝCH SÍT . . . . .                     | 68        |
| 5.4       | ADSORPČNÍ SEPARACE PARAFÍNŮ . . . . .                                | 68        |
| 5.5       | BIOLOGICKÉ ODPARAFÍNOVÁNÍ . . . . .                                  | 68        |
| 5.6       | KATALYTICKÁ ISOMERACE N-ALKANŮ NA ISOALKANY . . . . .                | 69        |
| 5.7       | TERMICKÉ ODPARAFÍNOVÁNÍ (visbreaking) . . . . .                      | 70        |
| <b>6.</b> | <b>ZPRACOVÁNÍ VAKUOVÝCH ZBYTKŮ . . . . .</b>                         | <b>71</b> |
| 6.1       | ODASFALTOVÁNÍ OLEJŮ . . . . .  | 71        |
| <b>7.</b> | <b>KRAKOVÁNÍ A KOKSOVÁNÍ . . . . .</b>                               | <b>73</b> |
| 7.1       | TERMICKÉ KRAKOVÁNÍ . . . . .   | 73        |
| 7.1.1     | Koksování . . . . .  | 76        |
| 7.1.1.1   | Pozdržené koksování . . . . .  | 77        |
| 7.1.1.2   | Fluidní koksování . . . . .  | 77        |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 7.2      | KATALYTICKÉ KRAKOVÁNÍ  | 78  |
| 7.2.1    | Fluidní katalytické krakování (FCC) (Fluid Catalytic Cracking)         | 80  |
| 7.2.2    | Termoforové katalytické krakování (TCC) (Thermofor Catalytic Cracking) | 81  |
| 7.3      | HYDROGENAČNÍ KRAKOVÁNÍ (HYDROKRAKOVÁNÍ)                                | 83  |
| 7.4      | HLUBOKÉ ZPRACOVÁNÍ ROPY  | 86  |
| 7.4.1    | Kombinace odasfaltování-hydrogenace-FCC-alkylace                       | 86  |
| 7.4.2    | Kombinace hydrokrakování - koksování                                   | 87  |
| 7.4.3    | Kombinace FCC - visbreaking - alkylace                                 | 87  |
| 8.       | SYNTÉZA PALIV  | 88  |
| 8.1      | POLYMERACE   | 88  |
| 8.1.1    | Katalytická polymerace   | 89  |
| 8.1.1.1  | Kationtová polymerace  | 89  |
| 8.1.1.2  | Aniontová polymerace   | 90  |
| 8.2      | ALKYLACE   | 90  |
| 8.2.1    | Termická alkylace: Výroba neohexanu                                    | 90  |
| 8.2.2    | Kationtová alkylace  | 91  |
| 8.2.2.1  | Alkylace isoalkanu   | 91  |
| 8.2.2.2  | Alkylace aromátů   | 92  |
| 8.3      | ISOMERACE  | 93  |
| 8.3.1    | Kationtová isomerace   | 93  |
| 9.       | VÝROBA POHONNÝCH HMOT  | 95  |
| 9.1      | BENZINY  | 95  |
| 9.1.1    | Automobilní benziny  | 95  |
| 9.1.1.1  | Oktanové číslo   | 98  |
| 9.1.1.2  | Reformování benzinů  | 99  |
| 9.1.1.3  | Antidetonátory   | 101 |
| 9.1.1.4  | Alkoholy a ethery  | 103 |
| 9.1.1.5  | Vlastnosti benzinů   | 107 |
| 9.1.1.6  | Aditivace benzinů  | 108 |
| 9.1.2    | Letecké benziny  | 108 |
| 9.1.3    | Technické benziny  | 109 |
| 9.2      | PETROLEJ   | 110 |
| 9.2.1    | Petrolej na svícení  | 110 |
| 9.2.2    | Petrolej letecký   | 110 |
| 9.3      | MOTOROVÁ NAFTA   | 112 |
| 9.3.1    | Cetanové číslo   | 113 |
| 9.3.2    | Dieselův index   | 115 |
| 9.3.3    | Složení výfukových plynů   | 117 |
| 10.      | VÝROBA MAZACÍCH PROSTŘEDKŮ   | 119 |
| 10.1     | MAZÁNÍ   | 119 |
| 10.2     | MAZACÍ OLEJE   | 122 |
| 10.2.1   | Důležité vlastnosti olejů  | 122 |
| 10.2.1.2 | Viskozitní index   | 123 |
| 10.2.2   | Aditivace mazacích olejů   | 125 |
| 10.2.3   | Motorové zkoušky olejů   | 127 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 10.2.4   | Syntetické oleje . . . . .                                      | 127 |
| 10.2.5   | Použití mazacích olejů . . . . .                                | 128 |
| 10.3     | PLASTICKÁ MAZIVA . . . . .                                      | 130 |
| 10.3.1   | Vlastnosti složek plastických maziv . . . . .                   | 130 |
| 10.3.1.1 | Mazací oleje . . . . .  | 130 |
| 10.3.1.2 | Zpevňovadla . . . . .   | 130 |
| 10.3.1.3 | Příspěvky do plastických maziv . . . . .                        | 131 |
| 10.3.2   | Výroba plastických maziv . . . . .                              | 131 |
| 10.3.2.1 | Biodegradabilní maziva . . . . .                                | 131 |
| 10.3.3   | Mazání plastickými mazivy . . . . .                             | 132 |
| 11.      | REGENERACE A LIKVIDACE UPOTŘEBENÝCH<br>MAZACÍCH OLEJŮ . . . . . | 133 |
| 11.1     | REGENERACE UMO . . . . .  | 134 |
| 11.2     | LIKVIDACE UMO . . . . .   | 137 |
| 12.      | ASFALTY . . . . .   | 139 |
| 12.1     | OXIDACE (FOUKÁNÍ) ASFALTU . . . . .                             | 140 |
| 12.2     | ASFALTY V SILNIČNÍM STAVITELSTVÍ . . . . .                      | 140 |
| 13.      | PETROCHEMIE . . . . .   | 142 |
| 13.1     | VÝROBA VODÍKU . . . . .   | 142 |
| 13.2     | VÝROBA NENASYCENÝCH UHLOVODÍKŮ . . . . .                        | 147 |
| 13.2.1   | Dehydrogenace alkanů . . . . .                                  | 148 |
| 13.2.1.1 | Výroba ethylenu: . . . . .                                      | 149 |
| 13.2.2   | Reakce alkenů: . . . . .  | 154 |
| 13.3     | AROMATICKÉ UHLOVODÍKY . . . . .                                 | 161 |
| 13.3.1   | Separace aromátů . . . . .                                      | 162 |
| 13.3.2   | Rozdělení aromátů C <sub>8</sub> . . . . .                      | 162 |
| 13.3.3   | Reakce aromátů: . . . . .                                       | 163 |
| 14.      | NÁHRADNÍ ZDROJE ROPY . . . . .                                  | 165 |
| 14.1     | OLEJOVÉ BŘIDLICE . . . . .                                      | 165 |
| 14.1.1   | Zpracování olejů z břidlic: . . . . .                           | 167 |
| 14.2     | BITUMENÓZNÍ (ROPNÉ) PÍSKY . . . . .                             | 168 |
| 15.      | OBNOVITELNÉ ZDROJE PALIV . . . . .                              | 171 |
| 15.1     | PEVNÁ PALIVA Z BIOMASY . . . . .                                | 172 |
| 15.2     | KAPALNÁ PALIVA Z BIOMASY . . . . .                              | 174 |
| 15.2.1   | Ethanol . . . . .   | 174 |
| 15.2.2   | Rostlinné oleje . . . . .                                       | 177 |
| 15.2.2.1 | Výroba řepkového oleje . . . . .                                | 177 |
| 15.2.2.2 | Methylestery rostlinných olejů . . . . .                        | 178 |
| 15.2.2.3 | Výroba methylesterů řepkového oleje (MEŘO) . . . . .            | 180 |
| 15.3     | PLYNNÁ PALIVA Z BIOMASY . . . . .                               | 183 |
| 15.3.1   | Bioplyn . . . . .   | 183 |
| 15.3.2   | Skládkový plyn . . . . .  | 186 |
| 15.3.3   | Dřevoplyn . . . . .   | 186 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>16. ALTERNATIVNÍ PALIVA</b> .....                                  | <b>188</b> |
| 16.1 ALKOHOLY ( A ETHERY) .....                                       | 188        |
| 16.1.1 Výroba a použití alkoholů .....                                | 192        |
| 16.1.1.1 Methanol .....   | 192        |
| 16.1.1.2 Ethylalkohol .....   | 195        |
| 16.1.1.3 Isopropylalkohol (IPA) .....                                 | 196        |
| 16.1.1.4 Terc.butanol (TBA) .....                                     | 196        |
| 16.2 ETHERY .....   | 196        |
| 16.2.1 Methyl-terc.butylether (MTBE) (2-methoxy-2-methylpropan) ..... | 197        |
| 16.2.2 Ethyl-terc.butylether (ETBE) (2-ethoxy-2-methylpropan) .....   | 198        |
| 16.2.3 Terc.amylmethylether (TAME) .....                              | 198        |
| 16.2.4 Diisopropylether (DIPE) (2,2' -oxybispropan) .....             | 199        |
| 16.3 POHONNÉ HMOTY NA BÁZI PLYNŮ .....                                | 200        |
| 16.3.1 Svítiplyn .....  | 201        |
| 16.3.2 Zemní plyn .....   | 201        |
| 16.3.3 Propan-butan (PB, LPG): .....                                  | 204        |
| <b>17. BIOLOGICKÉ ODBOURÁVÁNÍ UHLOVODÍKŮ</b> .....                    | <b>207</b> |
| 17.1 MECHANISMUS BIOLOGICKÉHO ODBOURÁVÁNÍ UHLOVODÍKŮ .....            | 207        |
| 17.2 BIOLOGICKÉ ODBOURÁVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ UHLOVODÍKŮ .....        | 209        |
| 17.3 VYUŽITÍ MIKROORGANISMŮ PRO ZVÝŠENÍ TĚŽBY ROPY .....              | 211        |
| 17.4 BIOLOGICKÁ ROZLOŽITELNOST PALIV A MAZIV .....                    | 212        |
| <b>18. ROPA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ</b> .....                             | <b>214</b> |
| 18.1 TĚŽBA ROPY .....   | 214        |
| 18.2 ROPNÉ HAVÁRIE .....  | 214        |
| 18.2.1 Likvidace ropných havárií .....                                | 216        |
| 18.2.1.1 Materiály pro likvidaci ropných havárií .....                | 216        |
| 18.3 TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ .....                           | 218        |
| 18.3.1 Emisní faktory .....   | 219        |
| 18.3.1.1 Zdroje emisí při zpracování ropy .....                       | 219        |
| 18.3.2 Plnění nádrží aut a skladovacích nádrží: .....                 | 221        |
| 18.3.3 Rekuperace uhlovodíkových par (RUP) .....                      | 223        |
| 18.3.4 Emise methanu .....  | 224        |
| 18.3.5 Složení výfukových plynů .....                                 | 224        |
| <b>19. SKLADOVÁNÍ ROPY A ROPNÝCH PRODUKTŮ</b> .....                   | <b>228</b> |
| 19.1 SKLADOVACÍ NÁDRŽE .....  | 228        |
| 19.1.1 Nadzemní nádrže .....  | 228        |
| <b>20. KLASIFIKACE OLEJŮ</b> .....                                    | <b>232</b> |
| 20.1 KLASIFIKACE PODLE VISKOZITY .....                                | 232        |
| 20.1.1 Viskozitní třídy SAE pro motorové oleje .....                  | 232        |
| 20.1.2 Viskozitní třídy SAE pro převodové oleje .....                 | 233        |
| 20.2 KLASIFIKACE MOTOROVÝCH OLEJŮ PODLE VÝKONOSTI .....               | 233        |
| 20.2.1 Klasifikace API (API = American Petroleum Institute) .....     | 233        |
| 20.2.2 Nová klasifikace API .....                                     | 234        |

|  |            |
|--|------------|
| 20.2.3 Společná klasifikace API, ASTM a SAE<br>(ASTM = American Society for Testing Materials) . . . . . | 234        |
| 20.2.4 Výkonnostní třídy převodových olejů . . . . .   | 236        |
| 20.2.5 Klasifikace CCMC . . . . .  | 236        |
| 20.2.6 Klasifikace ACEA . . . . .  | 237        |
| 20.2.7 KLASIFIKACE DIN . . . . .   | 238        |
| 20.2.8 Klasifikace ISO (International Standards Organization) . . . . .                                  | 238        |
| <b>21. KLASIFIKACE PLASTICKÝCH MAZIV . . . . .</b>   | <b>239</b> |
| 21.1 KLASIFIKACE ISO 6743/9 . . . . .  | 239        |
| 21.2 KLASIFIKACE PLASTICKÝCH MAZIV DLE DIN . . . . .   | 241        |
| <b>22. PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ V OBLASTI PALIV,<br/>MAZACÍCH A TOPNÝCH OLEJŮ. . . . .</b>                    | <b>243</b> |
| 22.1 BENZINY . . . . .   | 243        |
| 22.2 MOTOROVÉ NAFTY . . . . .  | 245        |
| 22.3 ZPŮSOB ŘEŠENÍ UVEDNÝCH POŽADAVKŮ . . . . .  | 247        |
| 22.4 MAZACÍ OLEJE . . . . .  | 250        |
| 22.4.1 Motorové oleje . . . . .  | 250        |
| 22.5 TOPNÉ OLEJE (TO) . . . . .  | 251        |
| 22.6 Prodej pohonných hmot v České republice . . . . .   | 253        |
| 22.7 SPOTŘEBA MAZACÍCH OLEJŮ . . . . .   | 254        |
| 22.8 SPOTŘEBA TOPNÝCH OLEJŮ . . . . .  | 254        |
| 22.9 PRODUKCE ASFALTŮ V ČESKÉ REPUBLICE . . . . .  | 254        |
| <b>23. PŘÍLOHY . . . . .</b>   | <b>255</b> |
| 23.1 PŘÍLOHA 1 - Tabulky . . . . .   | 255        |
| 23.2 PŘÍLOHA 2 - Různé způsoby extrakce . . . . .  | 259        |
| 23.3 PŘÍLOHA 3 - Alkoholy na bázi neopentanu . . . . .   | 260        |
| 23.4 PŘÍLOHA 4 - Přehled VOC (podle abecedy) . . . . .   | 261        |
| 23.5 PŘÍLOHA 5 - VOC uhlovodíky . . . . .  | 265        |
| <b>POUŽITÁ LITERATURA . . . . .</b>  | <b>267</b> |