

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

Zavod za tehnologiju nafte i petrokemiju

Zagreb, Savska cesta 16 / II



PROCESI PRERADE NAFTE

Prof. Katica Sertić - Bionda

MOTORNI BENZINI

- Složena smjesa tekućih ugljikovodika (C_5 do C_{10}) i dodataka s područjem destilacije $T_v = 30$ do 200 C
- Služi kao pogonsko gorivo za motore s unutarnjim izgaranjem u kojima se goriva smjesa inicijalno pali električnom iskrom (Otto 1878.).
- Ugljikovodici: n-parafini, granati-parafini, alkilirani ciklopentani i cikloheksani, alkilbenzeni
- Dobiva se namješavanjem frakcija primarne i sekundarne prerade nafte (procesi krekiranja, reformiranja, alkilacije, izomerizacije itd.) i dodataka (aditiva)

| Komponenta | Volumni udjel/ % | OB |
|----------------------|------------------|-----------|
| 1.Primarni benzin | 3 | 55...75 |
| 2.FCC-benzin | 36 | 85...90 |
| 3.Reformat-benzin | 34 | 95...100 |
| 4.Alkilat-benzin | 12 | 95...100 |
| 5.Izomerizat-benzin | 5 | 85...90 |
| 6.Polimerizat-benzin | 5 | 95...100 |
| 7.Oksigenti | 2...15 | 110...120 |

MOTORNI BENZINI

PRIMJENSKA SVOJSTVA:

1. OKTANSKI BROJ (OB)

- Određuje kakvoću benzina s obzirom na izgaranje (antidetonska vrijednost). Izgaranje nejednolikom brzinom, ranijim paljenjem komponenata izaziva lupanje, “udar” na blok motora.
 - granati ugljikovodici - ravnomjerno izgaranje,
 - ravnolančani ugljikovodici - lupajuće izgaranje
- 1927.g. E.D.Graham predložio referentna goriva i “oktanski broj”:
 - n-heptan: OB = 0
 - 2,2,4-trimetilpentan (izo-oktan): OB = 100

MOTORNI BENZINI

OB čistih ugljikovodika:

| | | | |
|-------------|-----|-----------------------|-----|
| n-pentan | 61 | 2-metil pentan | 75 |
| n-heksan | 25 | 2,2-dimetil butan | 96 |
| n-heptan | 0 | 2,3,3-trimetil butan | 101 |
| n-oktan | -17 | 1,2,3-trimetil benzen | 118 |
| cikloheksan | 77 | 1,3,5-trimetil benzen | 170 |
| benzen | 108 | toluen | 104 |

- ***OB*** smjesa je aditivno svojstvo komponenata (vol. %).

MOTORNI BENZINI

- Američki odbor za suradnju i istraživanje goriva (CFR) uveo metode za određivanje OB:
 1. Research Method (RON) = istraživačka metoda (IOB)
 2. Motor Method (MON) = motorna metoda (MOB)
- Vrijednosti **OB** dobivaju se u standardiziranim jednocilindričnim motorima s promjenljivim omjerom kompresije.
- Za IOB - manji (600 o/min), a MOB - veći broj okretaja (900 o/min) i viša usisna temperatura smjese (150°C).
- **IOB** - bolji pokazatelj izgaranja goriva u blažim uvjetima vožnje.
- **MOB** - duge, forsirane vožnje
- Uobičajeno $IOB > MOB$

Osjetljivost goriva = $IOB - MOB$

MOTORNI BENZINI

- Za motorne benzine koji imaju $OB > 62$, vrijednost OB može se izračunati prema:

$$OB = 1020.7 - 64.86 [4 \log (141.5/d_{15} - 131.5) + 2 \log [0.56 (T_{10} - 32)] + 1.3 \log [0.56 (T_{90} - 32)]]$$

T_{10} i T_{90} su T.v. za 10 i 90 % volumena destilata goriva

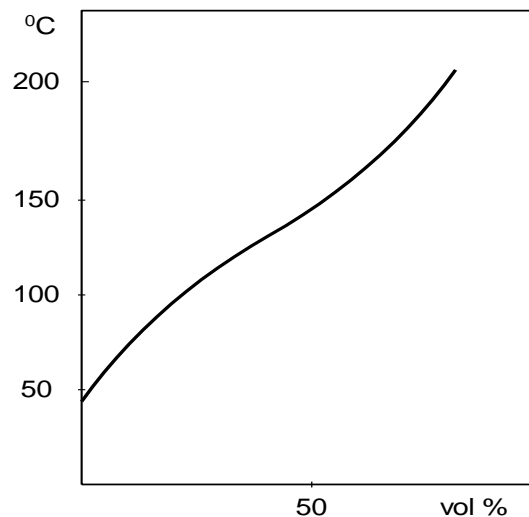
2. HLAPIVOST (ISPARLJIVOST) BENZINA

- Određuje se:
 - a) standardnom destilacijom
 - b) tlakom para po Reidu

MOTORNI BENZINI

a. Standardna destilacija

- Krivulja destilacije benzina ima “S” oblik s karakterističnim točkama:
- Temp. početka destilacije $T_{\text{poč.}}$ ($\sim 40^{\circ}\text{C}$)
- Temp. 10 % predestiliranog T_{10}
- Temp. 50 % predistiliranog T_{50}
- Temp. 90 % predestiliranog T_{90}
- Kraj T_{kraj} ($\sim 200^{\circ}\text{C}$)



b. Tlak para po Reid-u (R_{np})

- Određuje se standardiziranom metodom pri temperaturi od 38°C - izabrana jer je R_{np} jako utjecan niskovrijućim komponentama. R_{np} se može izračunati iz dest. krivulje empirijskim formulama, kao i nomogramima.

MOTORNI BENZINI

ADITIVI

Kemijski spojevi ili smjese koje u malim količinama poboljšavaju određeno svojstvo temeljnom proizvodu.

Vrste aditiva za motorne benzine:

1. Poboljšivači oktanskog broja:

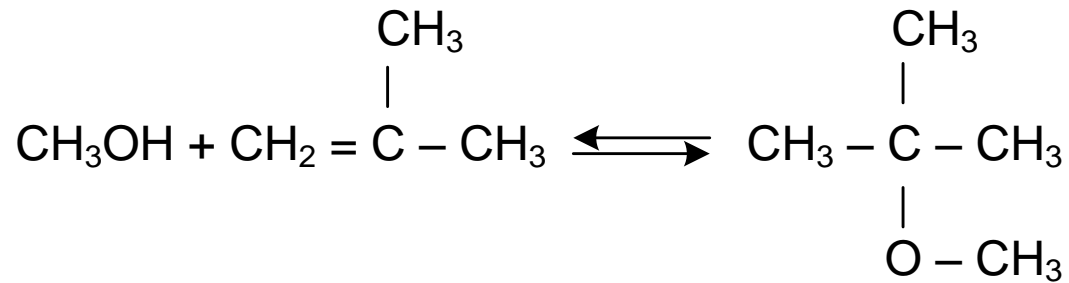
- a. **Olovni alkili** (tetrametil-olovo ($\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$) i tetraetil-olovo ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$), TEO, i metil-ciklopentadienil-mangantrikarbonil (MMT)
 - Već i mali udio Pb-alkila, do 0,8g Pb/L, povećava OB za 10 jedinica.
 - Ekološki neprihvatljivi, katalitički otrovi.

- b. **Oksigenati** (određeni alifatski alkoholi i eteri, najpoznatiji su metil-terc-butil (MTBE), etil-terc-butil (ETBE), metanol i etanol)
 - Neškodljivi kisikovi spojevi, povećavaju OB i smanjuju sadržaj ugljikovog dioksida i dušikovih oksida u ispušnim plinovima.

MOTORNİ BENZINI

Metil-terc-butil-eter (MTBE): najviše primjenjivan oksigenat.

Dobiva se reakcijom isobutena i metanola:



- 2. Antioksidanti:** spriječavaju oksidacijske kemijske reakcije, koje dovode do nastajanja visokomolekularnih smolastih tvari.
- 3. Inhibitori korozije:** pokrivaju metalnu površinu u motoru ili uređajima i tako spriječavaju njen kontakt s tvarima koje uzrokuju koroziju (voda, zrak).
- 4. Deemulgatori:** spriječavaju nastanak leda u cijevima za gorivo – olakšavaju pokretanje motora.
- 5. Detergenti (aditivi kontrole taloga):** aditivi koji održavaju čistoću čitavog sustava za gorivo, te smanjuju nastajanje taloga u komori za izgaranje.

MOTORNI BENZINI

| Značajka kvalitete | Jedinica | | EUROSUPER BS 95 |
|---|-------------------|---------|---|
| Istraživački oktanski broj, IOB | | najniže | 95,0 |
| Motorni oktanski broj, MOB | | najniže | 85,0 |
| Količina olova | mg/L | najviše | 5,0 |
| Gustoća kod 15 °C | kg/m ³ | najniže | 720,0 |
| | | najviše | 775,0 |
| Količina ukupnog sumpora | mg/kg | najviše | 10,0 |
| Oksidacijska stabilnost | minuta | najniže | 360 |
| Količina postojeće smole | mg/100 mL | najviše | 5 |
| Korozivnost na bakru (3 sata kod 50 °C) | | | razred 1 |
| Izgled | | | bistar, proziran, bez vode i mehaničkih nečistoća |
| Količina ugljikovodika: | | | |
| količina olefina | % v/v | najviše | 18,0 |
| količina aromata | | najviše | 35,0 |
| Količina benzena | % v/v | najviše | 1,00 |
| Destilacija: | | | |
| postotak predestiliranog do 70 °C | % v/v | | |
| ljeti | | najniže | 20,0 |
| | | najviše | 48,0 |
| zimi | | najniže | 22,0 |
| | | najviše | 50,0 |
| postotak predestiliranog do 100 °C | % v/v | | |
| ljeti | | najniže | 46,0 |
| | | najviše | 71,0 |
| zimi | | najniže | 46,0 |
| | | najviše | 71,0 |
| postotak predestiliranog do 150 °C | % v/v | najniže | 75,0 |
| kraj | °C | najviše | 210 |
| ostatak | % v/v | najviše | 2,0 |
| Tlak para: | kPa | | |
| ljeti | | najniže | 45,0 |
| | | najviše | 60,0 |
| zimi | | najniže | 60,0 |
| | | najviše | 90,0 |
| VLI: prijelazno razdoblje | | najviše | 1150 |
| 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 |
| Izo-butilni alkohol | % v/v | najviše | 10,0 |
| Terc-butilni alkohol | % v/v | najviše | 7,0 |
| Eteri s 5 ili više C-atoma | % v/v | najviše | 15,0 |
| Drugi oksigenati | % v/v | najviše | 10,0 |

DIZELSKA GORIVA

- Pogonsko gorivo za motore u kojima se goriva smjesa samostalno pali u atmosferi vrućeg stlačenog zraka. (R. Diesel 1897).
- Smjesa petrolejske frakcije i frakcije lakog plinskog ulja (C_{12} do C_{25}) s područjem destilacije $T_v = 160 - 360^{\circ}\text{C}$

PRIMJENSKA SVOJSTVA:

1. CETANSKI BROJ (CB) - sklonost samozapaljenju.

Standardi za CB: n - heksadekan (cetan), $C_{16}H_{34}$. CB = 100
 α - metil naftalen (α MN) CB = 0

- Mjerenja se provode na standardnom laboratorijskom motoru, a vrijednost CB = 35 - 50.

DIZELSKA GORIVA

- parafini: veća granatost, niži CB: 3-etildekan (53), 4,5-dietiloktan (26)
- nafteni: dulji pokrajnji lanci (ciklopentan i heksan) > CB
- aromati: benzen toluen n-heksilbenzen n-nonilbenzen
- CB: -18 5 26 50

2. CETANSKI INDEKS

- Određuje se prema standardu (metoda izračunavanja jednačbom s četiri nepoznanice):

$$CI = 45.2 + 0.0892 T_{10N} + (0.131 + 0.901 B)T_{50N} + (0.0523 - 0.42 B)T_{90N} + 0.00049 (T_{10N}^2 - T_{90N}^2) + 107 B + 60 B^2$$

gdje je:

$$T_{10N} = T_{10} - 215$$

$$T_{50N} = T_{50} - 260$$

$$T_{90N} = T_{90} - 310$$

$$B = [\exp (-0.0035 DN)] - 1$$

$$D_N = D - 850$$

$$D = \text{gustoća kod } 15^{\circ}\text{C, kgm}^{-3}$$

T10/50/90 temperatura za 10/50/90 % predestiliranog, °C

DIZELSKA GORIVA

4. **FILTRABILNOST:** određuje mogućnost primjene goriva pri niskim temperaturama
- Utvrđuje se u posebnom uređaju po metodi **CRA** (prema autorima) ili **CFPP** (*Cold Filter Plugging Point*).
 - Definira se kao temperatura kod koje pod standardiziranim uvjetima dolazi do zaustavljanja dotoka goriva uslijed začepljenja filtera u motoru talogom kristaliziranog parafina.
 - Također važna svojstva su: destilacijske karakteristike, gustoća, viskoznost, sadržaj poliaromatskih ugljikovodika.

ADITIVI:

- a. **Aditivi za povećanje cetanskog broja:** nitrati i peroksidi
amilnitrat $C_5H_{11}O \cdot NO_2$, u količini 0.13-0.18 vol. % povećava CB za 5 jedinica. Danas se koriste: izopropil-nitrat, butil-nitrat, amil-nitrat, heksil-nitrat, cikloheksil-nitrat, oktil-nitrat
- b. **Aditivi za poboljšanje izgaranja**
- c. **Detergenti**
- d. **Antioksidansi**

DIZELSKA GORIVA

| Značajka kvalitete | Jedinica | | EURODIZEL BS |
|---|--------------------|---------|---------------|
| Cetanski broj | | najniže | 51,0 |
| Cetanski indeks | | najniže | 46,0 |
| Gustoća kod 15 °C | kg/m ³ | | 820,0 – 845,0 |
| Količina policikličkih aromatskih ugljikovodika | % m/m | najviše | 8,0 |
| Količina ukupnog sumpora | mg/kg | najviše | 10,0 |
| Točka paljenja | °C | više od | 55 |
| Količina koksnog ostatka (od 10 %-tnog ostatka destilata) | % m/m | najviše | 0,30 |
| Količina pepela | % m/m | najviše | 0,01 |
| Količina vode | mg/kg | najviše | 200 |
| Količina sedimenta | mg/kg | najviše | 24 |
| Korozivnost na bakru (3 sata kod 50 °C) | | | razred 1 |
| Oksidacijska stabilnost | g/m ³ | najviše | 25 |
| | h | najniže | 20 |
| Mazivost (wsd 1,4) kod 60 °C | µm | najviše | 460 |
| Kinematička viskoznost kod 40 °C | mm ² /s | | 2,00 - 4,50 |
| Destilacija | % (v/v) | niže od | 65 |
| | | najniže | 85 |
| | | najviše | 360 |
| Točka zamućenja (za razred D i E točke filtrabilnosti) | °C | | iskazuje se |
| Točka filtrabilnosti (CFPP): | °C | | |
| | | najviše | 0 |
| | | najviše | -10 |
| | | najviše | -15 |

EUROPSKE NORME GORIVA ZA MOTORNA VOZILA

| Motorni benzin | 1996 | 2000 | 2005 | 2008 |
|-----------------------------------|---------|-------------|-------------|---------------|
| | EURO 2 | EURO 3 | EURO 4 | EURO 5 |
| Europske norme (Direktiva) | EN 228 | EN 228 | Dir 98/70 | Dir 98/70 |
| Istraživački OB, najmanji | - | 91/95/98 | 91/95/98 | 95 |
| Motorni OB, najmanji | - | 82, 5/85/88 | 82, 5/85/88 | 85 |
| Sumpor, ppm m/m | 350 | 150 | 50/10 | 10 |
| Kisik, % m/m | - | 2,7 | 2,7 | Razmatra se * |
| Benzen, % vol., najviši. | 5 | 1 | 1 | Razmatra se * |
| Aromati, % vol., najviši | - | 42 | 35 | Razmatra se * |
| Olefini, % vol., najviši | | 21(18) | 18 | Razmatra se * |
| Dieselsko gorivo | 1996 | 2000 | 2005 | 2008 |
| | EURO 2 | EURO 3 | EURO 4 | EURO 5 |
| Sumpor, ppm m/m | 500 | 350 | 50/10 | 10 |
| Cetanski broj, najmanji | 49 | 51 | 51 | Razmatra se * |
| Gustoća @ 15 C, kg/m ³ | 820-860 | 845 max. | 845 max. | Razmatra se * |

IZGARANJE GORIVA

- Izgaranje benzina u motoru s unutarnjim izgaranjem nije kontinuirani proces već se odvija s prekidima u složenim uvjetima koji se učestalo mijenjaju
- Potpuno izgaranje je egzotermna reakcija u prisutnosti kisika:
$$\text{C}_8\text{H}_{18} + 12,5\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = - 5\,500 \text{ kJ/mol}$$
- Velika reakcijska toplina dovodi do visoke tem. i tlaka u motoru, uz pretvorbu toplinske u mehaničku energiju.
- Za potpuno izgaranja jediničnog masenog dijela benzina potrebno je 15 masenih dijelova zraka – omjer 15.
- Omjer 7 – “prebogata smjesa” – ne dolazi do zapaljenja
- Omjer 20 – “presiromašna smjesa” – loše izgaranje
- O omjeru zrak/gorivo ovisi i količina nastalih štetnih sastojaka ispušnih plinova: ugljikov monoksid (CO), dušični oksidi (NO_x), nesagorivi, najviše aromatski ugljikovodici (HC; benzen) i čvrste čestice (čada).

EMISIJE

1. Emisija ugljikovog dioksida (CO₂)

- U motorima sa unutrašnjim izgaranjem CO₂ je uz vodenu paru nazočan u najvećem postotku
- U realnim uvjetima izgaranja konc. CO₂ u ispušnim plinovima ovisi o omjeru zrak/gorivo i o vrsti goriva.

2. Emisije ugljikovog monoksida (CO)

- Nastaje nepotpunim izgaranjem ugljikovodika
- Pripada skupini vrlo otrovnih plinova
- Danas se u konvertorima motora pomoću katalizatora prevodi u CO₂

EMISIJE

3. Emisije dušikovih oksida (NO_x)

- Na emisije NO_x najviše utječu sadržaj **sumpora i aromata**, te nešto manje sadržaj olefina.
- Sumpor uzrokuje smanjenje djelotvornosti katalizatora.
- Smanjenjem količine policikličkih aromata smanjuju se NO_x emisije.

4. Emisije ugljikovodika (CH)

- Ugljikovodici motornih benzina koji se komprimiraju u procjepima motora ili otapaju u mazivom ulju – **ne** sudjeluju u procesu izgaranja i sastavni su dio ispušnih plinova.
- Ove emisije se smanjuju promjenama u konstrukciji motora te sastava i fizikalnih svojstava katalizatora.

EMISIJE

5. Emisije čvrstih C-čestica

- Crni dim je glavni problem za neke dizelske motore i glavni pokazatelj prisutnosti čvrstih C-čestica u ispušnim plinovima.
- Dim sadrži čestice koje, iako nevidljive, mogu biti uzrok niza zdravstvenih poteškoća.

UTJECAJ SUMPORA

- Sumpor je katalitički inhibitor koji postupno smanjuje djelotvornost katalizatora.
- Stupanj smanjenja djelotvornosti ovisi o: količini sumpora, sastavu katalizatora, produktima izgaranja smjese zrak/gorivo, temperaturi ispušnih plinova.
- Mehanizam: reakcijama kemisorpcije veže se na kat. aktivnu površinu. Izgaranjem nastaje uglavnom sumporov dioksid (SO_2), manje sumporov trioksid (SO_3). U prisutnosti vode nastaje sumporna kiselina (H_2SO_4).
- Sastav katalizatora: smjesa aktivnih rijetkih metala paladija (Pd), rodija (Rh) i platine (Pt).
- Djelovanje: smanjenje učinkovitosti katalitičkog sustava – povećanje emisija CO, NO_x i čvrstih C-čestica.

AVIONSKA GORIVA

- To su goriva za pogon klipnih avionskih motora.
- karakterizira ih uže područje vrelišta u odnosu na motorne benzine (45 do 160°C).
- u kemijskom sastavu prevladavaju izoparafinski ugljikovodici uz ograničene udjele aromata.

PRIMJENSKA SVOJSTVA:

- **Oktanski broj**
Visoki oktanski broj (do 145) – izo-oktanski ili performancijski broj - postiže se uz dodavanje aditiva.
- **Isparljivost**
 - preniska isparljivost – problem paljenja pri niskim temperaturama i nejednolika raspršenost goriva.
 - previsoka isparljivost – gorivo može ispariti u spremniku, što je posebno opasno pri velikim visinama.
- **Točka zamrzavanja, oksidacijska stabilnost**

AVIONSKA GORIVA

| Značajka kvalitete | Jedinica | | AVIONSKI BENZIN TIP 100 LL |
|--|-------------------|---------------------|---|
| Oktanske vrijednosti: | | | |
| Motorni oktanski broj, MOB | | | 99,6 |
| Radni oktanski broj | | najmanje | 130,0 |
| Korozivnost na Cu (2 sata na 100 °C) | razred | najviše | 1 |
| Gustoća kod 15 °C | kg/m ³ | | iskazuje se |
| Destilacija: početak | °C | | iskazuje se |
| 10 % v/v predestiliranoga | °C | najviše | 75 |
| 40 % v/v predestiliranoga | °C | najmanje | 75 |
| 50 % v/v predestiliranoga | °C | najviše | 105 |
| 90 % v/v predestiliranoga | °C | najviše | 135 |
| kraj | °C | najviše | 170 |
| Zbroj 10 % + 50 % v/v predestiliranoga | °C | najviše | 135 |
| ostatak | % v/v | najviše | 1,5 |
| gubitak | % v/v | najviše | 1,5 |
| Količina ukupnoga sumpora | % m/m | najviše | 0,05 |
| Postojeća smola | mg/100 mL | najviše | 3,0 |
| Točka zamrzavanja | °C | najviše | -58 |
| Ogrjevna vrijednost (donja) | MJ/kg | najmanje | 43,5 |
| Tlak para kod 37,8 °C (Reid) | kPa | najniže najviše | 38,0 49,0 |
| Oksidacijska stabilnost, 16 sati | | | |
| Potencijalna smola | mg/100 mL | najviše | 6 |
| Olovni talog | mg/100 mL | najviše | 2 |
| Količina tetraetil olova | gPb/L | najviše | 0,56 |
| Reakcija s vodom | | | |
| Promjena obujma | mL | najviše | 2 |
| Električna provodljivost | pS/m | | 50-600 |
| Antistatik: Stadis 450 (dogovor) | mg/L | najviše | 3,0 |
| Boja | | | plava |
| Lovibond | | najmanje najviše | 1,7 3,5 |
| Izgled | | | bistar, proziran bez slobodne vode i mehaničkih onečišćenja |

MLAZNA GORIVA

- Proizvodnja mlaznih goriva vezana je uz primjenu plinske turbine u avijaciji. Plinska turbina služi za pogon aviona na dva načina:
 - Iskorištavanje potiska nastalih plinova izgaranja (turbomlazni avion)
 - Pokretanje elise (turboelisni avion).

PRIMJENSKA SVOJSTVA:

- **Točka dimljenja:** maksimalna visina plamena u milimetrima kod koje gorivo može izgarati bez čađenja u standardnoj svjetiljci.
- **Točka zamrzavanja:** važno svojstvo s obzirom da mlazno gorivo u eksploataciji može biti izvrgnuto utjecaju vrlo niskih temperatura.
- **Isparljivost, viskoznost**

ADITIVI:

- **Antistatici:** za sprječavanje pojave statičkog elektriciteta i sprječavanje iskrenja.
- **Inhibitori zamrzavanja:** imaju ulogu sprječavanja zamrzavanja otopljene vode u gorivu, kada se temperatura naglo spusti pri visokim nadmorskim visinama
- **Antioksidansi, inhibitori korozije**

MLAZNA GORIVA

| Značajka kvalitete | Jednica | | JET A-1 |
|--|---|--------------------------------------|---------|
| IZGLED | bistra, prozirna tekućina bez slobodne vode i vidljivih mehaničkih onečišćenja u gorivu pri temperaturi okoliša | | |
| Boja | iskazuje se | | |
| Količina mikroonečišćenja : | | | |
| Čestice, ukupan broj čestica, | mg/L | najviše | 1,0 |
| ISO broj i broj pojedinih čestica | | | |
| ≥ 4 µm | iskazuje se | | |
| ≥ 6 µm | iskazuje se | | |
| ≥ 14 µm | iskazuje se | | |
| ≥ 21 µm | iskazuje se | | |
| ≥ 25 µm | iskazuje se | | |
| ≥ 30 µm | iskazuje se | | |
| SASTAV | | | |
| Ukupna kiselost | mg KOH/g | najviše | 0,015 |
| Količina aromata | % v/v | najviše | 25,0 |
| ili Količina ukupnih aromata | % v/v | najviše | 26,5 |
| Ukupna količina sumpora | % m/m | najviše | 0,30 |
| Količina merkaptanskog sumpora | % m/m | najviše | 0,0030 |
| Ili Doktor test | negativan | | |
| Rafinerijske komponente na mjestu proizvodnje | | | |
| Količina hidroneobrađenih komponenata | % v/v | iskazuje se (uključujući 0 ili 100%) | |
| Količina hidroobrađenih komponenata | % v/v | iskazuje se (uključujući 0 ili 100%) | |
| Količina duboko hidroobrađenih komponenata | % v/v | iskazuje se (uključujući 0 ili 100%) | |
| Sintetičke komponente | % v/v | iskazuje se (uključujući 0 ili 100%) | |
| ISPARLJIVOST | | | |
| Destilacija: | | | |
| početak | °C | iskazuje se | |
| 10 % v/v predestiliranoga | °C | najviše | 205,0 |
| 50 % v/v predestiliranoga | °C | iskazuje se | |
| 90 % v/v predestiliranoga | °C | iskazuje se | |
| kraj | °C | najviše | 300,0 |
| ostatak | % v/v | najviše | 1,5 |
| gubitak | % v/v | najviše | 1,5 |

| Značajka kvalitete | Jednica | | JET |
|--|--------------------------|---------------|--------------|
| Gustoća na 15 °C | kg/m ³ | 775,0 - 840,0 | |
| SVOJSTVA TECIVOSTI | | | |
| Točka zamrzavanja | °C | najviše | -47,0 |
| Kinematička viskoznost na -20 °C | cSt (mm ² /s) | najviše | 8,000 |
| IZGARANJE | | | |
| Ogrjevna vrijednost (donja) | MJ/kg | najmanje | 42,80 |
| Točka dimljenja | mm | najmanje | 25,0 |
| ili Točka dimljenja | mm | najmanje | 19,0 |
| i Količina naftalena | % v/v | najmanje | 3,00 |
| KOROZIVNOST | | | |
| Cu (2 sata +/- 5 min. na 100 °C +/- 1 °C) | razred | najviše | 1 |
| STABILNOST | | | |
| Termička stabilnost (JFTOT) | | | |
| Kontrolna temperatura | °C | najniže | 260 |
| Razlika tlaka na filteru | mmHg | najviše | 25,0 |
| Ocjena taloga na cijevi grijača (vizualno) | razred | manje od | 3 |
| ONEČIŠĆENJA | | | |
| Postojeća smola | mg/100 mL | najviše | 7 |
| Mikroseparometar (MSEP) | | | |
| s aditivom za poboljšanje vodljivosti | | | najniže 70 |
| ili bez aditiva za poboljšanje vodljivosti | | | najniže 85 |
| VODLJIVOST | | | |
| Električna vodljivost | pS/m | 50 - 600 | |
| MAZIVOST | | | |
| BOCLE «wear scar diameter» | mm | najviše | 0,85 |
| ADITIVI (nazivi i kodovi sukladni DEF STAN 91-91/7 trebali bi se upisivati u Izvješčaju o ispitivanju): | | | |
| Antioksidansi | | | |
| u hidroobrađenom i sintetskom gorivu (obvezno) | mg/L | najviše | 17,0 do 24,0 |
| u hidroneobrađenom gorivu (neobvezno) | mg/L | najviše | 24,0 |
| Deaktivator kovina (neobvezno) | mg/L | najviše | |
| Prvo dodavanje | | | |
| Ukupna koncentracija nakon ponovnog dodavanja | 2,0 | | |
| Aditiv za poboljšanje vodljivosti (antistatik) | mg/L | najviše | 5,7 |
| Prvo dodavanje | | | |
| Ukupna koncentracija nakon ponovnog dodavanja | 3,0 | | |
| | 5,0 | | |

MAZIVA ULJA

- Maziva ulja služe za podmazivanje metalnih površina strojeva i uređaja jer smanjuju trenje i druge štetne posljedice, kao što su trošenje tavnih površina, nastajanje topline i gubitak energije pri radu i pokretanju strojeva ili uređaja
- Složena smjesa pretežito viših ugljikovodika dobivenih od naftnih preradevina i odgovarajućih dodataka (aditiva)
- Kemijski sastav i svojstva mazivih ulja se razlikuju, ovisno o vrsti baznog mineralnog ulja i aditiva, te namjeni.

PRIMJENSKA SVOJSTVA:

- **Viskoznost**
- **Indeks viskoznosti:** zavisnost viskoznosti o temperaturi (0 do 100). Velike vrijednosti indeksa viskoznosti znače male temperaturne promjene viskoznosti i obrnuto. Određuje se standardnim postupkom izračunavanja na temelju kinematičkih viskoznosti pri temperaturama od 40 i 100 °C.
- **Oksidacijska stabilnost**

MAZIVA ULJA

Procesi dobivanja mazivih ulja

1. Vakuumska destilacija

- Procesom vakuumske destilacije dobivaju se uljni destilati i ostatak, kojima se kasnije poboljšavaju svojstva primjenom postupaka ekstrakcije i deparafinacije s ciljem dobivanja kvalitetnog baznog ulja

2. Procesi obrade (rafinacija otapalima)

- Koriste se radi uklanjanja pojedinih spojeva iz uljnih komponenata koji narušavaju kvalitetu proizvoda.
- Temelje se na razlici topljivosti pojedinih ugljikovodika u nekom otapalu (koje se samo djelomično miješa s derivatom namijenjenim rafinaciji)
 - a) **Deasfaltacija** : uklanjanje asfaltnih tvari iz ostatka vakuumske destilacije provodi se postupkom ekstrakcije propanom ili pentanom

MAZIVA ULJA

- b) **Dearomatizacija:** odvajanje aromata koji snizuju indeks viskoznosti (dearomatizacija) iz vakuum destilata i deasfaltiranog vakuum ostatka provodi se njihovom ekstrakcijom selektivnim otapalima (furfural, fenol, N-metil-2- pirolidon).
- c) **Deparafinacija:** rafinat nakon ekstrakcije furfuralom sadrži visokomolekulske parafine koji lako kristaliziraju (povisuju točku tečenja) i smetaju pri upotrebi mazivih ulja. Stoga se izdvajaju iz uljne frakcije postupkom deparafinacije. Otapala koja se najčešće primjenjuju su metiletilketon i toluen, te njihove smjese.

MAZIVA ULJA

ADITIVI

1. Poboljšivači indeksa viskoznosti

- S porastom temperature smanjuje se viskoznost ulju bez aditiva, dok prisutnost polimernog aditiva, radi povećanja isprepletenosti lanaca makromolekula s povećanjem temperature, uvjetuje porast viskoznosti ulja.
- Polimerni aditivi – poli (alkilstireni), polimetakrilati, kopolimer etilena i propilena i sl. mijenjaju konformaciju s temperaturom i utječu na promjenu viskoznosti.

2. Aditivi za sniženje točke tečenja

- Polimeri (polimetakrilati) – sprječavaju rast nastalih parafinskih kristala stvaranjem polimernog filma, pa tako dodatak od 0.1-1.0% aditiva može sniziti točku tečenja za 6-20 °C.

MAZIVA ULJA

3. Antioksidanti

- Antioksidanti smanjuju oksidacijsku razgradnju na povišenim temperaturama (utječu na viskoznost, koroziju, boju).
- Oksidacija ugljikovodika zbiva se mehanizmom radikalske lančane reakcije, a započinje (reakcija inicijacije) nastajanjem slobodnih radikala.

4. Detergenti – disperzanti

- Aditivi za održavanje čistoće motora, koji sprječavaju stvaranje ugljičnog sloja unutar motora ili utječu na raspršivanje već postojećeg.
- Različiti metalno-organski spojevi (R-COO-Me R-C₂₀ Me = Ca, Ba, Zn, Al) ili nemetalni spojevi (poliesteri, N-soli)

5. Aditivi za pojačanje uljnog filma

- Masne kiseline, esteri, S-spojevi.

MAZIVA ULJA

Klasifikacija mazivih ulja: SAE (Society of American Automobile Engineers)

| Oznaka ulja | $T / ^\circ\text{C}$ | η^a | $\nu^b(100 ^\circ\text{C})$ | Oznaka ulja | $\nu(100 ^\circ\text{C})^c$ | | $\nu^d(150 ^\circ\text{C})$ |
|-------------|----------------------|----------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| | | | | | od | do | |
| 0 W | -35 | 6 200 | 3,8 | 20 | 5,6 | 9,3 | 2,6 |
| 5 W | -30 | 6 600 | 3,8 | 30 | 9,3 | 12,5 | 2,9 |
| 10 W | -25 | 7 000 | 4,1 | 40 | 12,5 | 16,3 | 2,9 |
| 15 W | -20 | 7 000 | 5,6 | 50 | 16,3 | 21,9 | 3,7 |
| 20 W | -15 | 9 500 | 5,6 | 60 | 21,9 | 26,1 | 3,7 |
| 25 W | -10 | 13 000 | 9,3 | | | | |

- a Najveće vrijednosti dinamičke viskoznosti pri označenoj temperaturi, u mPa s (CCS metoda, ASTM D5293)
 - b Najmanja vrijednost kinematičke viskoznosti ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$) pri $100 ^\circ\text{C}$ (ASTM D445)
 - c Raspon vrijednosti kinematičke viskoznosti ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$) pri $100 ^\circ\text{C}$
 - d Najmanje vrijednosti kinematičke viskoznosti ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$) pri $150 ^\circ\text{C}$.
- Motorno ulje označeno s više gradacijskih brojeva je višegradacijsko ili multi-gradno, kao npr. 20W/40 koje označuje ulje s vrijednostima viskoznosti prema normama za oba ulja

BITUMEN

- Bitumen je vezivni materijal tamnosmeđe do crne boje čija svojstva ovise o svojstvima nafte iz koje je proizveden i namjeni.
- Po sastavu je smjesa različitih ugljikovodika s molekulama kisika, sumpora i dušika (C: 75-85 mas.%; H: 9-10 mas.%; O: 2-8mas.%; N: 0,1-0,5 mas.%), te vrelištem do $T_v=525^{\circ}\text{C}$.
- Ugljikovodici su većinom kondenzirani naftenski i aromatski prstenovi, s malim brojem bočnih parafinskih lanaca.
- Potpuno ili djelomično topiv u organskim otapalima – otopljeni dijelovi bitumena u otapalu zovu se **malteni**, a neotopljeni **asfalteni**.
- Fizikalna svojstva ovise o stupnju disperzije asfaltena u maltenima.

DOBIVANJE BITUMENA:

- Bitumen se dobiva direktno iz vakuum ostataka ili procesom oksidacije vakuum ostataka i visokoaromatskih komponenti (ekstrakt, teško cikličko ulje)

BITUMEN

PRIMJENSKA SVOJSTVA

1. **Penetracija, mm:** dubina prodiranja igle u bitumen pri standardiziranim uvjetima.
2. **Točka razmekšanja, C :** mjera plastičnosti, određuje se metodom prstena i kuglice.
3. **Točka loma po Fraassu, C :** najvažnije svojstvo koje govori o izdržljivosti bitumena na niskim temp. pri vibracijama (točka pucanja).
4. **Rastezljivost (duktilitet), mm:** duljina do koje se može razvući uzorak bitumena pod standardnim uvjetima, a da se nit bitumena ne prekine.
5. **Indeks penetracije:** mjera toplinske osjetljivosti. Niže vrijednosti znače veću osjetljivost na temperaturne promjene (vrijednosti od -2,6 do +8)

BITUMEN

Podjela bitumena :

- 1. Cestograđevni:** za izgradnju cesta i autoputeva
 - Smjesa vakuum ostataka (60%), asfalta (20%) i ekstrakata (20%).
 - To su uglavnom mekani bitumeni s visokom točkom penetracije i niskom točkom omekšanja PK.
 - Dobivaju se procesom oksidacije vakuumskih ostataka, a najpogodnije su nafte naftenske i miješane baze.
- 2. Industrijski:** za sve vrste izolacija i pokrivanja, elektroindustrija, industrija gume, izrada premaza, lakova, itd.
 - Smjese vakuumskih ostataka (60-70%) i uljnih komponenti (30-40%).
 - Otporani su na vodu i kemijske reakcije i uglavnom su tvrdi (niska točka penetracije, visoka točka razmekšanja).

BITUMEN

3. **Modificirani** (polimerni):

- Bitumenu se dodaju polimeri u svrhu poboljšanja određenih svojstava – otpornosti na mehanički udar, trajnu deformaciju, pucanje i habanje.
- Polimeri djeluju na bazi reakcija s kisikom i na taj način inhibiraju oksidaciju bitumena i usporavaju njegovo starenje.
- Najviše upotrebljavan polimer je stiren-butadien-stiren (SBS).

4. **Bitumenske emulzije:**

- Smjese bitumena (50-70%), vode i emulzijskog sredstva (0,5-1%).
- Koriste se kod izgradnje ceste i u industrijske svrhe.
- Bitumenske emulzije za izgradnju cesta rade se iz bitumena koji ima točku penetracije 200-300 i sadrže 70% veziva.
- Industrijske bitumenske emulzije, uz bitumen, sadrže i smjese glina. Koriste se za izradu izolacija i podova, te u industriji papira (vrlo tvrdi bitumen s vrlo visokom točkom razmekšanja).