

Radoslav D. Mićić

TEHNIKA I TEHNOLOGIJA PRERADE NAFTE

Industrijsko inženjerstvo u eksploataciji nafte i gasa

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“
Zrenjanin
2020

Tehnika i tehnologija prerade nafte

Autor:

Docent dr Radoslav D. Mičić

Recenzenti:

Prof. dr Zvonimir Bošković

Prof. dr Sanel Nuhanović

Izdavač:

Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

Za izdavača:

Prof. dr Dragica Radosav, dekan Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

665.633(075.8)

МИЋИЋ, Радослав, 1955-

Tehnika i tehnologija prerade nafte : industrijsko inženjerstvo u eksploataciji nafte i gasa / Radoslav D. Mičić. - Zrenjanin : Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", 2020 (Novi Sad : NS digiprint). - 333 str. : ilustr. ; 24 cm. - (Biblioteka Udžbenici ; 240)

Tiraž 30. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7672-336-2

a) Нафта -- Производња

COBISS.SR-ID 17249545

Napomena autora

U ovom udžbeniku sam obuhvatio postupke kojima se podvrgava nafta nakon završetka eksploatacije i pre transporta u rafinerijska postrojenja na sabirno otpremnim stanicama.

Nije obuhvaćena rafinerijska prerada, koja će biti obrađena u sledećem udžbeniku koji će imati naslov "Rafinerijska prerada".

Radoslav D. Mičić

Skraćenice:

%CA, procenat ugljenika u aromatskim strukturama;

%CN, procenat ugljenika u naftenskim strukturama;

%CP, procenat ugljenika u parafinskim strukturama.;

α , koeficient Joule-Thomson (zavisi od prirode gasa, pritiska, temperature);

β , koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine), GPa^{-1} ;

α , koeficient rastvorljivosti gasa;

β_n , koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine) nafte, GPa^{-1} ;

Ξ_i , ekvivalent i jona;

β_w , faktor kompresibilnosti. Pa^{-1} , promena zapremine kada se pritisak promeni za jedinicu;

Δt_x , vremenski interval između emitovanog i primljenog signala, s;

μ , dinamički viskozitet, Pa s , Nsm^{-2} , $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$;

μ_o , viskoznost nafte - disperzione sredine jer se radi o emulziji vode u nafti, $\text{Pa}\cdot\text{s}$;

μ_e , viskoznost emulzije, $\text{Pa}\cdot\text{s}$;

μ_g , viskoznost gasa, $\text{Pa}\cdot\text{s}$;

A, efektivna površina provodnika (površina preklapanja ploča = $a \times b$);

A, efektivna površina provodnika, m^2 ;

A, površina kontakta sloja tečnosti (gasa), koji se kreću, m^2 ;

A, površina kontakta sloja tečnosti (gasa), koji se kreću, m^2 ;

A, površina poprečnog preseka;

A_{LLL} , površina poprečnog preseka za najniži nivo tečnosti unutar separatora, m^2 ;

A_p , površina poprečnog preseka kapljice = $Dd^2\cdot\pi/4$, m^2 ;

A_T površina poprečnog preseka separatora, m^2 ;

A_T , površina poprečnog preseka posude separatora, m^2 ;

A_v - površina poprečnog preseka separatora potrebnog za odvajanje kapljica iz struje gasa, m^2 ;

c, brzina prostiranja svetlosti u vakuumu, m/s ;

C, kapacitet u Pico faradima, pF ;

c, konstanta: za neredovno servisiranje $c=125$, za redovno servisiranje $c=100$;

C_D - koeficijent zaostajanja ;

C_d , koeficijent zaostajanja, -;

CFPP, tačka zagušenja hladnog filtera, filtrabilnost, $^{\circ}\text{C}$;

C_{H+} , koncentracija vodonikovih jona, mmol/l ;

CP, tačka zamućenja, $^{\circ}\text{C}$;

C_{H+} , koncentracija vodonikovih jona, mmol/l ;

C_s , je konstanta za Seebeckov napon;

C_T , je konstanta za Thomson-ov napon;

d - unutrašnji prečnik separatora, m;
 d , prečnik;
 d , rastojanje između senzora i tela čija se temperatura meri, μ ;
 d , relativna gustina;
 d , udaljenost između dve ploče, m;
 d , udaljenost između provodnikama, m;
 D_d , prečnik kapljice, m;
 d_m - prečnik kapljice, m;
 d_N , prečnik ulazne mlaznice separatora, m;
 d_N , prečnik ulazne mlaznice separatora, m;
 D_T , prečnik separatora, m;
 D_u - unutrašnji prečnik separatora, m;
 d_u , unutrašnji prečnik separatora, m;
 dv , razlika između brzine koja se kreće sloj tečnosti (gasa) ;
 D_v , unutrašnji prečnik posude separatora, m;
 dy , rastojanje između pokretnih sloj tečnosti (gasa), m;
 E , koeficijent toplotne ekspanzije, promen zapremine kada promeni temperatura za 1°C ;
 E , konstanta poznata kao apsolutna propusnost slobodnog prostora;
 E , ukupni napon preko termoelementa, V;
 E_n , potencijalna energija ($= F_g \cdot h = m \cdot g \cdot h (=) \text{J}$);
 F , sila sa kojom se deluje na ploče, $N = 1 \text{ kgm/s}^2$;
 F_d - sila povlačenja kapljica, N;
 F_g - sila teže koja deluje na kapljicu, N;
 f_l - odnos visine tečnosti i prečnika separatora, -;
 FP , tačka smrzavanja, $^\circ\text{C}$;
 F_{tr} , sila trenja, N;
 g , gravitaciona sila, m/s^2 ;
 g , gravitaciono ubrzanje, m/s^2 ;
 g , konstanta gravitacije, m/s^2 ;
 GCV , ukupna toplotna vrednost, MJ/kg, kJ/kg;
 g_i , maseni udeli komponenata;
 g_i , maseni udeo frakcije, težinski udeo;
 h - visina stuba tečnosti unutar separatora, m;
 H , dubina, m;
 h , visina stuba tečnosti unutar separatora, m;
 H_D - visina separatora namenjena primarnom razdvajanju faza, m;
 H_D , visina razdvajanja faza, m;
 H_H , visina zadržavanja tečne faze, m;
 H_l , visina tečne faze u separatoru, m; ($h_D=H_l/d_u$);
 H_{LIN} , visina između maksimalne visine tečnosti i ulazne mlaznice separatora, m;

HLL- maksimalna visina tečnosti unutar separatora, m;
 H_{LLL}, najniži nivo tečne faze unutar vertikalnog separatora, m;
 H_{ME}- debljina hvatača kapljica, m;
 h_o - željena debljina sloja nafte [m];
 H_S- visina punjenja separatora, m;
 H_S, visina punjenja, m;
 H_T- ukupna visina uspravnog separatora, m;
 H_{tot}, ukupna tvrdoća vode, (= H_{carb} + H_{nocarb}, $\left(\frac{mg_{\text{ekv}}}{l}\right)$), sadržaj soli u miligramima
 ekvivalenta po litri;
 H_V , minimalna visina prostora potrebna za odvajanje kapljica iz struje gasa, m;
 H_v- visina prostora unutar separatora potrebna za odvajanje kapljica iz struje
 gasa, m;
 I_k, indeks korelacije;
 j*, gustina spektralnog zračenja;
 K- separatorski koeficijent, m/s;
 K, Karakterizacioni broj;
 K, relativna dielektrična konstanta izolacionog materijala;
 K, Souders Brownov koeficijent, m/s;
 K, Henrijeva konstanta Genri (K=f(α));
 k_{dry}, koeficijent suvoće;
 K_i - ravnotežni odnos komponente: $K_i = \frac{y_i}{x_i}$;
 k_{wet}, koeficijent vlažnosti;
 L, dužina separatora, m;
 L, dužina posude separatora, m;
 L, latentna toplota isparavanja skladištene tečnosti;
 L/d- odnos dužine i prečnika separatora, -;
 L_{eff}, dužina separatora raspoloživa za odvijanje separacije, m;
 L_{eff}, efektivna dužina separatora, m;
 LLL, najniži nivo tečnosti unutar separatora, m;
 L_{MIN}, minimalna dužina separatora potrebna za odvajanje tečnosti od gasa, m;
 L_{ss}- stvarna dužina/visina separatora, m;
 M, deo separatora ispunjen tečnom fazom;
 m, masa, kg;
 M, molekularna težina skladištena tečnosti;
 M, molekulska masa, kg/kmol;
 M_g- maseni protok gasa, kg/s;
 M_g- molarna masa gasa, kg/mol;
 m_{v,i}, koncentracija jona u vodi (mg/l);
 n - broj međustepeni;
 N, količina supstance, kmol;
 n, indeks refrakcije;

$N_A = 6,023 \times 10^{23}$ molekula, Avogadrov broj;

NCV, neto toplotna vrednost, MJ/kg, kJ/kg;

n_g - molarni udeo gasne faze;

n_i , kmol, broj molova;

N_i , broj molekula (čestica) ;

n_i , kmol, broj molova;

n_L - molarni udeo tečne faze;

NLL- normalan nivo tečnosti unutar separatora, m;

Q_v - protok vode, m^3/s ;

P- radni pritisak separatora, bar;

P, apsolutni pritisak, Pa;

P, radni pritisak separatora, bar;

P. pritisak gasa iznad površine tečnosti, Pa;

P_i , parcijalni pritisak i-te komponente u smeši;

PP. tačka stinjavanja, °C;

P_S - pritisak koji vlada u rezervoaru, [Pa];

P_s , standardni pritisak, Pa;

$P_{s.c.}$, standardna vrednost atmosferskog pritiska (1.01325 bar);

Q, naboj na kondenzatoru, F;

Q_g - protok gasa, m^3/s ;

q_{gH} , propusna moć vodoravnog separatora za gas, m^3/s ;

q_{gV} , propusna moć uspravnog separatora za gas, pri pritisku i temperaturi separatora, m^3/s ;

Q_k - protok kondenzata, m^3/s ;

Q_L - protok tečnosti, m^3/s ;

q_L , protok tečne faze, m^3/s ;

Q_n , donja toplota sagorevanja, MJ/kg, kJ/kg;

Q_o - protok nafte, m^3/s ;

q_o , protok nafte, m^3/s ;

q_{oH} , propusna moć vodoravnog separatora za tečnost, m^3/s ;

Q_v , gornja toplota sagorevanja, MJ/kg, kJ/kg;

Q_v , zapreminski protok, m^3/s ;

q_w , protok vode, m^3/s ;

R - odnos pritiska između stepeni: $R = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_2}{p_3} = \dots = \frac{p_n}{p_s}$;

R, univerzalna gasna konstanta, $Pa \times m^3 / (kmol \times stepeni)$, u SI 8.3145 $\left[\frac{kPa \cdot m^3}{K \cdot kgmol} \right]$;

R_0 , otpornost na temperaturi $t = 0^\circ C$, Ω ;

r_c , poluprečnik mernog kruga, mm;

$Re = f(d, v, \rho, \mu)$, Rejnoldsov broj;

R_t , otpornost na temperaturi t , Ω ;

S_r , odnos dužine i prečnika ;
 T , apsolutna temperatura, K;
 T , radna temperatura separatora, K;
 T , radna temperature, K;
 t , vreme, s;
 T_C , je temperatura hladnog spoja, °C;
 t_d , vreme sedimentacije kapljice, s;
 T_H , je temperatura vrućeg spoja, °C;
 t_i , srednja temperatura ključanja, °C;
 t_{iz} , vreme koje je potrebno da se kapljice izdvoje iz struje gasa, s;
 t_k , srednja kubna temperatura ključanja, °C;
 t_M , molska srednja temperatura ključanja, °C;
 T_{obj} , temperatura tela koja se meri, °C;
 t_r , vreme zadržavanja tečne faze u separatoru, s;
 t_{rg} , vreme zadržavanja gasa, s;
 t_{ro} , vreme zadržavanja nafte, s;
 t_{rw} , vreme zadržavanja vode, s;
 T_s , standardna temperature, K;
 t_s , vreme punjenja separatora, s;
 $T_{s.c.}$, vrednost temperature pri standardnim uslovima (288.15K);
 T_{sen} , temperatura IR temperaturnog senzora, °C;
 t_z , zapreminska srednja temperatura ključanja, °C;
 V , brzina ploče, m/s;
 V , brzina smicanja, 1/s;
 V , napon kondenzatora, V;
 v , specifična zapremina, m³/kg;
 V , zapremina m³;
 v_d , brzina sedimentacije kapljice, m/s;
 V_{deg} , zapremina nafte pri atmosferskom pritisku i temperaturi od 20°C posle degazacije, m³;
 v_g , brzina gasa, m/s;
 V_g , zapremina gasa, rastvorenog na datoj temperaturi; m³;
 v_{gs} , stvarna brzina gasa, m/s;
 V_H , zapremina tečne faze unutar akumulacijske sekcije separatora, m³;
 V_H , zapremina tečnosti zadržana unutar separatora, m³;
 V_i , zapreminski udeo frakcija;
 V_l , zapremina tečnog rastvarača; m³;
 V_m , v. molarna zapremina, 22,4dm³/mol pri 0°C i 101,3 kPa, zapremina 1 mola gasa ili 23.645 m³/kgmol pri 15°C, 1.01325 bar;
 v_{max} , kritična brzina strujanja gasa, m/s;
 V_s , zapremina prepunjenja, m³;

V_{sl} , zapremina nafte na uslovima sloja; m^3 ;
 v_t , brzina sedimentacije kapljice, m/s ;
 x , dužina puta u pravcu brzine v , m ;
 x_i - molarni udeo komponente i u tečnoj fazi;
 x_w , zapreminska koncentracija disperzne faze (vode), %;
 y , rastojanje između ploča, m ;
 Y , rastojanje između ploča, m ;
 y_i - molarni udeo komponente i u gasovitoj fazi;
 y_i , molarni (molski) udeo frakcija;
 y_i , molarni (molski) udeo frakcija;
 y_i , molski udeli komponenata;
 Z , factor kompresibilnosti;
 Z , faktor kompresibilnosti gasa;
 z_i - molarni udeo komponente i u ukupnoj smješi;
 $\alpha_a = \phi_a / \phi$, koeficijent apsorpcije;
 $\alpha_p = \phi_p / \phi$; koeficijent propuštanja zračenja koje pada na telo;
 $\alpha_r = \phi_r / \phi$, koeficijent refleksije;
 γ ili ρ^0 , relativna gustina.;
 γ_g , relativna gustina gasa ;
 Δ , pogonska sila (razlika temperature, razlika koncentracije, razlika količine kretanja, ili razlika pritiska, itd.) između dva mesta na rastojanju između kojih se vrši transport;
 Δh - udaljenost između vodene i naftne pregrade $[m]$;
 ϵ , dielektrična konstanta nafte, F/m , As/Vm ;
 ϵ , koeficijent emisivnosti;
 ϵ_0 , provodljivost praznog prostora ($\epsilon_0 \approx 8.854 \times 10^{-12} F m^{-1}$);
 ϵ_R , relativna statička provodljivost;
 μ , viskozitet, koeficijent dinamičke viskoznosti, Pas ;
 μ_g , viskoznost gasa, $Pa \cdot s$; ;
 μ_o , viskoznost nafte, $Pa \cdot s$;
 μ_p , plastična viskoznost, $Pa s$, Nsm^{-2} , $kg \cdot m^{-1}s^{-1}$
 v , brzina prostiranja elektromagnetnih talasa ($\approx 3 \cdot 10^8 m/s$);
 ν , kinematski viskozitet, m^2/s , cSt ($1 mm^2 \cdot s^{-1} = 10^{-6} m^2 \cdot s^{-1}$) ;
 ν , molarna zapremina ($= 22.414 \left[\frac{dm^3}{1 g mol} \right] = 22.414 \left[\frac{m^3}{1 kg mol} \right]$ pri $T=273.15 K$ i $p=1.01325 bar$, zapremina 1 mola gasa);
 ν_c , eroziona brzina smeše, m/s ;
 ν_i , zapreminski udeli komponenata;
 ρ , gustina, g/cm^3 ; kg/m^3 . ;
 ρ_g , gustina gasa, kg/m^3 ;

ρ_k , gustina kondenzata, kg/m^3 ;

ρ_l , gustina tečnosti, kg/m^3 ;

ρ_{mix} , odnos gustine gasa i tečnosti pri uslovima separacije, kg/m^3 ;

ρ_o , gustina nafte, kg/m^3 ;

ρ_v , gustina vode, kg/m^3 ;

ρ_w - gustina vode [kg/m^3];

$\sigma = 5,6696 \cdot 10^{-8} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$ Stefan- Boltzmann-ova konstanta;

σ , provodljivost, S/m , $\mu\text{S/cm}$;

τ , smicajno napezanje, N/m^2 ;

τ , smicajno naprezanje, Pa , $\frac{\text{F (N)}}{\text{A (m}^2\text{)}} = \frac{\text{lb}}{100\text{ft}^2}$;

τ_o , granica tečenja (kritično naprezanje na smicanje), MPa ;

Φ , fluidnost, m^2/Ns ;

X , koeficient proporcionalnosti;

ϕ , fluks posmatrane veličine (toplote, mase, količine kretanja itd.), tj. količinu te veličine koja se prenese za jedinicu vremena u površinu kroz jediničnu površinu normalnu na pravac transporta;

Sadržaj:

1.	UVOD	1
1.1.	Svetske rezerve, potrošnja i eksploatacija nafte	3
2.	Hemijske i fizičke osobine nafte	16
2.1.	Kratak istorijski razvoj organske hemije	17
2.2.	Sastav	17
2.3.	Ugljovodonici	18
2.4.	Hemijski sastav nafte	24
2.4.1.	Alkani (zasićeni ugljovodonici, parafini)	24
2.4.2.	Alkeni (olefini)	28
2.4.3.	Cikloparafini	34
2.4.4.	Aromati (areni)	42
2.4.5.	Hibridni ugljovodonici	51
2.4.6.	Heteroatomska jedinjenja	52
2.4.7.	Metali	64
2.5.	Fizičke karakteristike nafte i naftnih frakcija	66
2.5.1.	Površinski napon	66
2.5.2.	Srednje temperature ključanja	66
2.5.3.	Gustina (ρ)	67
2.5.4.	Viskozitet	69
2.5.5.	Napon pare	76
2.5.6.	Molekulska masa	77
2.5.7.	Stišljivost nafte	78
2.5.8.	Toplotne karakteristike	79
2.5.9.	Anilinska tačka	81
2.5.10.	Dielektrična svojstva nafte	81
2.5.11.	Optička svojstva	82
2.5.12.	Oktanski broj (OB)	83
2.5.13.	Cetanski broj	83
2.5.14.	Sadržaj sumpora	83
2.6.	Randman nafte	84
2.6.1.	Podaci u randman analizi i laboratorijski testovi	84
3.	Određivanje fizičkih osobina i klasifikacija nafti	91
3.1.	Razlike u osobinama nafte u okviru naftnog sloja	91
3.2.	Klasifikacija i karakterizacija nafti	92
3.2.1.	Empirijska klasifikacija i karakterizacija nafte	92

3.2.2.	Strukturno-grupna analiza	95
3.2.3.	Podela savremenih metoda za karakterizaciju nafte.....	96
4.	Tehnologija pripreme nafte za transport	97
4.1.	Prikupljanje nafte	97
4.2.	Priprema nafte za transport.....	97
4.2.1.	Primeše u nafti	97
4.2.2.	Separacija nafte	99
4.2.3.	Dehidracija nafte.....	100
4.2.4.	Skladištenje nafte	101
5.	Transport nafte.....	102
5.1.	Cevovodi.....	102
5.1.1.	Vrste cevovoda	103
5.1.2.	Izgradnja cevovoda	104
5.1.3.	Operacije koje se obavljaju na cevovodima.....	105
5.1.4.	Šaržna isporuka.....	114
5.1.5.	Zaštita životne sredine prilikom transporta.....	115
5.1.6.	Održavanje cevovoda; zdravlje i sigurnost radnika	115
5.2.	Tankeri i barže.....	117
5.2.1.	Plovila za prevoz TNG i UNG (LPG i LNG).....	119
5.2.2.	Morski brodovi sirove nafte i naftnih derivata.....	119
5.2.3.	Utovar i istovar barži i brodova	120
5.2.4.	Mere sigurnosti i zdravlja vezane za morska plovila	121
5.3.	Kamionski i železnički prevoz naftnih derivata	123
5.3.1.	Zakonske odredbe	124
5.3.2.	Železničke cisterne	124
5.3.3.	Kamioni cisterne.....	125
6.	Separacija (odvajanje) tečnosti i gasa	132
6.1.	Jednostepena separacija.....	132
6.2.	Višestepena separacija.....	133
6.3.	Faktori koji utiču na proces separacije.....	133
6.4.	Separatori.....	137
6.4.1.	Unutrašnja oprema separatora	139
6.4.2.	Elementi primarne (osnovne) separacije	139
6.4.3.	Otpenjivači	140
6.4.4.	Pregrade za neutraliziranje udarnih talasa smese	141
6.4.5.	Razbijači vrtloga	141

6.4.6. Koalesceri i hvatači kapljica	142
6.4.7. Hvatači kapljica u emulzijama	145
6.4.8. Sistem za ispiranje peska.....	146
6.4.9. Podela separatora	146
6.4.10. Vodoravni separatori.....	147
6.4.11. Uspravni separatori	151
6.4.12. Kuglasti separatori.....	155
6.4.13. Ciklonski separatori	155
6.4.14. Ostale vrste separatora	156
6.4.15. Problemi u radu separatora	165
7. Teorijska osnova separacije i izbor separatora	168
7.1. Izbor separatora (prema Ken Arnoldu i Maurice Stewartu).....	168
7.1.1. Vreme zadržavanja tečne faze	168
7.1.2. Separacija gas-tečnost	168
7.1.3. Separacija gas-nafta-voda.....	169
7.1.4. Gravitaciono odvajanje	169
7.2. Izbor separatora (William Svrcek i Wayne Monnery).....	183
7.2.1. Postupak odabira dimenzija dvofaznog uspravnog separatora	185
7.2.2. Postupak dimenzioniranja dvofaznog vodoravnog separatora	189
8. Dehidracija nafte	195
8.1. Emulzije.....	195
8.1.1. Tipovi emulzija	197
8.1.2. Stabilnost emulzija	198
8.2. Razbijanje emulzija	201
8.2.1. Razbijanje emulzija upotrebom hemijskih sredstava	201
8.2.2. Razbijanje emulzija primenom toplote	204
8.2.3. Razbijanje emulzija delovanjem električne struje	204
8.3. Uređaji za odvajanje vode iz nafte.....	205
8.3.1. Uređaji za odvajanje slobodne vode.....	205
8.3.2. Uređaji za razbijanje emulzija	207
8.3.3. Grejači	207
9. Skladištenje nafte	213
9.1. Tipovi rezervoara	213
9.1.1. Podela prema materijalu i načinu izrade rezervoara.....	213
9.1.2. Podela rezervoara prema tipu krova	216
9.1.3. Rezervoari bez krova.....	217

9.1.4. Rezervoari s fiksnim krovom	217
9.1.5. Rezervoari s plivajućim krovom	221
9.2. Fizički kriterijumi	227
9.2.1. Kapacitet rezervoara	227
9.2.2. Dimenzije rezervoara	228
9.2.3. Zahtevi za blanketiranje rezervoara, prepokrivanje inertnim gasom	228
9.2.4. Odzračivanje (ventiliranje) rezervoara, disajni ventili	229
9.3. Instrumentacija na rezervoarima	235
9.3.1. Nivo	235
9.3.2. Temperatura	257
9.4. Konstrukcija skladišnih rezervoara i izgradnja	288
9.4.1. Temelji	288
9.4.2. Čelična konstrukcija rezervoara	288
9.4.3. Kontrola propuštanja i zaštita rezervoara	290
9.4.4. Razmatranje mesta za smeštaj rezervoara	292
9.5. Kontrola gubitaka u rezervoaru	295
9.5.1. Merenje	295
9.5.2. Uzroci gubitaka	296
9.5.3. Prihvatljiv, ciljni nivo gubitaka	300
9.5.4. Aspekt sigurnosti i spoljnih uslova	301
9.5.5. Načini za sprečavanje nastajanja gubitaka	301
9.5.6. Sistem za povrat parne faze	303
9.5.7. Strategija suzbijanja gubitaka	303
10. Primer sabirno otpremne stanice	304
10.1. Opis tehnološkog toka i namene SOS	304
10.2. Prvi stepen separacije: Zbirni i merni separator (ZS, MS) i otkapljivač (OK)	304
10.3. Trofazni separator	305
10.4. Rezervoarski prostor za skladištenje, odstojevanje i otpremu nafte	307
10.5. Rezervoarski prostor za skladištenje i otpremu slojne vode	307
10.6. Pumpa P-CGA 50, međufazna pumpa za prepumpavanje	311
10.7. Pumpa za otpremu nafte, KVL P-28- 10/4 i VPL-101- 3NF	311
10.8. Kotlarnica	313
10.9. Baklja	313
10.10. Otprema slojne vode	313
10.11. Pretakalište za kamion cisterne	314
10.12. Tehnološki objekti	314

10.13. Prateći objekti.....	315
10.14. Zaštita od požara	315
10.15. Vodovod i kanalizacija	316

1. UVOD

Naziv nafta persijskog je porekla, nastao od glagola nafata, znojiti se (znoj zemlje), a petrolej, s istim značenjem, složenica je od grčke reči Petros (kamen) i latinske reči oleum (ulje), "kamenno ulje".

Postoje dva mišljenja o poreklu nafte i prirodnog gasa- prema prvom da su oni neorganskog, a prema drugom organskog porekla. Prema savremenim shvatanjima nafta i prirodni gas su organskog porekla.

Nastanak nafte i gasa prema ovom shvatanju tumači se na sledeći način: pre više miliona godina došlo je do raspadanja ostataka biljaka i životinja, pri čemu je nastao organski materijal. Pod dejstvom pritiska i temperature ovaj organski materijal, koji se nalazio ispod stena, pretvorio se u tzv. fosilna goriva (ugalj, naftu i prirodni gas). Uglavnom na dubinama od 1 do 6 km (na temperaturama od 60 do 150°C) formirala se nafta, a na većim dubinama i višoj temperaturi prirodni gas.

Pošto nafta i gas nastaju istim geološkim procesom (anaerobnim raspadanjem organskih materija duboko ispod zemljine površine) to se oni često nalaze zajedno. Kada se prirodni gas i nafta nalaze zajedno, takav prirodni gas se naziva prateći (prati nalazište nafte) i on može tada da bude ili rastvoren u nafti, ili slobodan.

Pored prirodnog gas koji se nalazi kao prateći gas u nalazištima nafte prirodni gas može da ima i sopstvena nalazišta. Postoji i treći izvor prirodnog gasa, a to su nalazišta gasnih kondenzata, u kojima su zajedno sa prirodnim gasom prisutni i tečni ugljovodonici male gustine.

Prerada nafte kao važan segment naftne industrije, ubrzano je pratila opšti porast potrošnje nafte i potrebu za naftnim proizvodima. Tehnologija prerade nafte postala je prva savremena industrijska tehnologija. Ono što se danas naziva tehnologija sabiranja, transporta i prerade nafte počinje još u dalekoj prošlosti. Prvi dokazi o tome potiču iz drevne Mesopotamije u kojoj su 3000 godina pr. Kr. upotrebljavali asfaltne bitumene kao sirovinu. Tehnika sabiranja odnosila se na sakupljanje ove sirovine u burad i posude da bi je se kasnije moglo koristiti u građevinskim i drugim radovima. Postoje naznake da se u to doba primijenjivala i destilacija, kao metoda za prečišćavanje bitumena. U počecima moderne naftne industrije skladištenje proizvedene nafte odvijalo se obično na mestima u neposrednoj blizini bušotina, i to u jamama ukopanim u zemlju, gde se nafta čuvala do transportovanja. Naravno, tada se još nije vodilo računa o gasu, pa je on otparavao i slobodno odlazio u atmosferu. Ovakav način skladištenja nije bio posebno praktičan pa se oko 1861. godine za skladištenje tečnosti koriste drvene posude. Nešto kasnije, oko 1867. godine posude postaju gvozdene i na njih se postavljaju drveni krovovi radi zaštite. Pri ulazu smese iz bušotine u posudu dolazilo je do separacije, odnosno odvajanja faza. Vrlo rano dolazi se do zaključka da bi se za pogon motora koji se koriste na radilištima mogao koristiti gas, pa se prvi separator javlja 1863. godine. Udaljenost izvora nafte od područja potrošnje rezultiralo je razvojem transporta.

Smeša nafte i gasa pridobijena iz bušotina sakuplja se na odgovarajućim mestima (mernim ili sabirnim stanicama) gde se vrši odvajanje tečne i gasne faze. Koliko će na naftnom polju biti odvodnih ili mernih stanica, će se odrediti, pre svega, rastojanje i broj bušotina, te količina davanja bušotina. Gas se nakon odvajanja i merenja otprema gasovodom niskog pritiska i podvrgava procesima pripreme za transport. Tečna faza preostala nakon separacije sadrži ne samo naftu kao željeni produkt separacije, nego i određenu količinu proizvedene vode.

U poslednje dve decenije, svetska se potražnja za sirovom naftom povećala za otprilike 38% - sa $9,55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ 1985. godine, na $13,13 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ u 2004. godini (Muris, Parker 2007.). Tu količinu proizvedene nafte prati jednaka ili veća količina slobodne vode i vezane vode, koja s naftom formira emulzije. Dok se slobodna voda tehnološki lako odvaja od nafte, emulzija predstavlja veliki problem već u ranom periodu proizvodnje nafte, jer su se pogonska postrojenja za razbijanje emulzija pokazala neefikasna, a troškovi transporta i skladištenja otpadnih emulzija previsoka. Razvoj procesa razbijanja emulzija datira s početka 20. veka kada je Cottrell u Kaliforniji uspešno primenio metodu izdvajanja vode iz nafte pomoću električne struje, a gotovo istovremeno, Barnickel je započeo s eksperimentalnom primenom hemikalija za razbijanje emulzija (Manning, Thompson 1995).

Nakon obrade smeše nafte i vode s ciljem izdvajanja vode, nafta se skladišti u za to posebno konstruisanim rezervoarima gde se odvija poslednji stepen separacije.

1.1. Svetske rezerve, potrošnja i eksploatacija nafte

Količina naftnih rezervi za 11 zemalja, sa najvećim naftnim rezervama data je u Tabeli 1.1:

Tabela 1.1. Količina naftnih rezervi

Zemlje	1997	2007	2016	2017	Na kraju 2017		odnos R/P
	Milijardi barela				Milijardi tona	Udeo%	
Venecuela	74.9	99.4	301.8	303.2	47.3	17.90%	393.6
Saudijska Arabija	261.5	264.2	266.2	266.2	36.6	15.70%	61
Kanada	48.8	178.8	170.6	168.9	27.2	10.00%	95.8
Iran	92.6	138.2	157.2	157.2	21.6	9.30%	86.5
Irak	112.5	115	148.8	148.8	20.1	8.80%	90.2
Rusija	113.1	106.4	106.2	106.2	14.5	6.30%	25.8
Kuvajt	96.5	101.5	101.5	101.5	14	6.00%	91.9
Ujedinjeni Arapski Emirati	97.8	97.8	97.8	97.8	13	5.80%	68.1
US	30.5	30.5	50	50	6	2.90%	10.5
Libija	29.5	43.7	48.4	48.4	6.3	2.90%	153.3
Nigerija	20.8	37.2	37.5	37.5	5.1	2.20%	51.6
Ukupno svet	1162.1	1427.1	1697.1	1696.6	239.3	100.00%	50.2
OECD	151.4	239.3	244	242.6	36.3	14.30%	27.8
Izvan OECD	1010.6	1187.8	1453.1	1454	203	85.70%	57.9
OPEC	820.7	956.1	1217.4	1218.8	171	71.80%	84.7
Van OPECA	341.4	471	479.6	477.8	68.3	28.20%	24.6
Evropska unija	8.7	6.4	4.8	4.8	0.6	0.30%	9

Zbirni prikaz prvih 11 zemalja koje imaju najveće procenjene zalihe nafte obuhvata sledeće zemlje: Venecuela, Saudi Arabija, Kanada, Iran, Irak, Rusija, Kuvajt, Ujedinjeni Arapski Emirati, US, Libija, Nigerija. U tabeli je data promena naftnih rezervi u periodu od 2007-2017. Pored toga u tabeli se nalazi pojedinačni udeo naftnih rezervi u odnosu na ukupne svetske rezerve i procena koliko godina mogu da traju naftne rezerve na osnovu proizvodnje u 2017 godini.

Ukupne svetske rezerve su razvrstane i na rezerve u zemljama OPEC-a, OECD-a i u Evropi.

Posmatrajući prema zemljama koje su najveći proizvođači nafte u svetu može se izdvojiti 8 zemalja koje danas raspolažu sa najvećim dokazanim rezervama nafte.

Venecuela raspolaže sa $303,2 \times 10^9$ barela dokazanih rezervi i ima najveću količinu dokazanih rezervi nafte u svetu. Nafta u ovoj Zemlji je relativno novo otkriće. Prethodno, Saudijska Arabija je uvek držala poziciju broj jedan. Pored

naslaga naftnog peska (sličnih onima u Kanadi) Venecuela ima i dosta konvencionalnih naftnih ležišta. Dokazane količine nafte u naslagama naftnog peska iznose oko 1200 biliona barela što bi odgovaralo ukupnim svetskim konvencionalnim rezervama nafte. Oko 267 biliona barela može biti isplativo proizvedeno uz sadašnje cene i tehnologiju kojom raspolažemo. Takve rezerve sadržane su u litostratigrafskoj formaciji koja sadrži katranske pešćare u oblasti Orinoko (engl. "*Orinoco tar sands*") koji su čak manje viskozni od kanadskih bitumenskih pešćara *Athabasca*, pa se može ekstrahovati konvencionalnim metodama ekstrakcije nafte. Ovo Venecueli daje značajnu prednost u odnosu na konkurente iz Severne Amerike u pogledu kapitalnih investicija i troškova ekstrakcije. Problem prilikom eksploatacije predstavlja velika dubina nalazišta koja se ne može dosegnuti površinskim kopovima poput velikih količina bitumena koji se nalazi u Kanadi.

Zahvaljujući velikim dokazanim rezervama, posebno teške nafte, neke međunarodne organizacije uvećale su procenu ukupnih Venecuelskih rezervi za gotovo 350 biliona barela, čime ta zemlja pretiče i Saudijsku Arabiju. S druge strane venecuelanski parlament prihvatio je povećanje od 100×10^9 barela, a nadležno je ministarstvo potvrdilo povećanje od 12.4×10^9 barela u području *Faja del Orinoco*.

Količina nafte koja se proizvede u Venecueli, u velikoj meri, zavisi od političkih prilika u u toj južnoameričkoj zemlji. Država propagira proizvodnju od 3 miliona barela na dan, no neki drugi strani analitičari smatraju tu proizvodnju znatno nižom. Takođe, veliki deo proizvodnje otpada na ekstra tešku naftu, koja se može i ne mora pribrojiti konvencionalnim pridobivim količinama, što ponovo zavisi o vrsti klasifikacije. Prema američkoj Agenciji za energentske informacije (engl. "*Energi Information Agenci*") Venezuelanska proizvodnja nafte je u stalnom padu u odnosu na maksimum postignut 1997decembru, tako da je 2006. godine iznosila je $3,2 \times 10^6$ barela na dan (oko $1,2 \times 10^9$ barela godišnje), što iznosi pad od 24%. Trend pada proizvodnje se nastavio i nakon 2006. godine, pa je 2017 godini je proizvodnja pala na $2,11 \times 10^6$ barela na dan. Venecuela je u 2007 godini delila 2. i 3. mesto najvećeg snabdevača SAD-a isporučujući oko $1,5 \times 10^6$ barela na dan u tu zemlju. Izvoz u SAD je u stalnom pada pa sada iznosi oko $1,01 \times 10^6$ barela na dan. SAD su i dalje najveće pojedinačno odredište za izvoz sirove nafte iz Venecuele, dok izvoz u Aziju (Kina i Indija) sve više rasta i ova tržišta postaju potencijalno primarna.

Saudijska Arabija se već više decenija posmatra kao moderna država koja je zbog velikih naftnih rezervi ima veliki uticaj u globalnoj svetskoj politici. Dugo vremena se smatralo da su naftne rezerve u ovoj zemlji, najveće svetske naftne rezerve. Međutim, Saudijska Arabija više nije svetski lider u naftnom potencijalu i sa $266,2 \times 10^9$ barela dokazanih naftnih rezervi ona ima neznatno manje naftnih rezervi u odnosu na Venezueli. Sva Saudijska nafta je u konvencionalno dostupnim naftnim bušotinama unutar velikih naftnih polja. Šta više, smatra se da rezerve Saudijske Arabije čine petinu konvencionalnih rezervi čitave planete. Mnogi vjeruju da će Saudijska Arabija, uz dalja istraživanja, nadmašiti Venecuelu na vrhu lestvice dokazanih naftnih fondova. Na primer, *US Geological Survey* procjenjuje da postoji mnogo više od 100×10^9 barela koji leže neotkriveni ispod saudijskih pustinja.

Saudijska Arabija je dugo godina bila najpoznatiji je svetski proizvođač nafte

sa približno četvrtinom svetskih rezervi i jednim od najnižih troškova proizvodnje po barelu. Proizvodi više od $3,7 \times 10^9$ barela (oko 600 miliona tona) svake godine (oko 17 tona svake sekunde) i još dugo vremena predstavljajući najvećeg svetskog izvoznika nafte. U 2017 godini je Saudijska Arabija proizvodila $4,36 \times 10^9$ barela po godini, pa će na osnovu dokazanih rezervi nafte, nafte biti dovoljno još za oko 61 godinu. Nafta i gas se u Saudijskoj Arabiji nalaze u oko 80 naftnih i gasnih polja, i ako se više od polovine rezervi nalazi u 8 džinovskih polja. Najveće takvo polje je *Ghavar*, koje daje više od četvrtine proizvodnje cele zemlje.

Problem sa povećavanjem ili čak održavanjem proizvodnje u Saudijskoj Arabiji je posledica smanjenja raspoloživih količina iz postojećih izvora koja se svake godine smanjuje, što upućuje na potrebu otkrivanja novih rezervi i poboljšanja proizvodnih kapaciteta. Ozbiljni problem se pojavljuju i u postupku eksploatacije iz najvećeg džinovskog polja *Ghawar*, iz koga je od 1948. godine do danas proizvedeno više od polovine količina nafte. Kod ovog polja počeli su se pojavljivati problemi kod valorizacije iscrpka, to jest količina proizvedene vode prema nekim informacijama veća je od količine pridobijene nafte.

Slična pojava zabeležena je i na drugim poljima, koja sadrže manje rezerve, ali složeniju geološku građu. Dosada je taj problem rešavan na način da je podizana proizvodnja na najvećem polju, ali u budućnosti to verovatno neće biti moguće. Saudijska Arabija, kao najveći proizvođač na svetu, dominantno utiče na procenu svetskih pridobih rezervi nafte (i gasa). Prema nekim predviđanjima proizvodnja te zemlje udvostručice se u sledećih 20 godina na približno 9×10^9 barela po godini, no s obzirom na predhodne tvrdnje o padu proizvodnje sa postojećim kapacitetima, verovatno će takvo povećanje zavisiti u prvom redu o političkih potreba, a ne od najracionalnijih naftno-geoloških mogućnosti ležišta. Upravo zato, neki drugi analitičari uopšte ne otvaraju mogućnost povećanja sadašnje proizvodnje koja iznosi $4,36 \times 10^9$ barela po godini, ponajprije zbog "ispranosti" ležišta do koje je došlo zbog nametnute previsoke proizvodnje koja je stimulirana utiskivanjem prevelikih količina slane vode u ležišta. Nadalje, broj bušotina na saudijskim poljima je utrostručen, no do znatnijeg povećanja ukupnog iscrpka nije došlo, što otprilike odgovara događaju koji se dogodio u Teksasu 1970-ih godina kada je počela da opada proizvodnja u SAD-u.

S druge strane, službeni izvori u Saudijskoj Arabiji tvrde da je smanjenje proizvodnje od 3,6% u 2017 godini samo odgovor na smanjenju tražnju nafte na svetskom tržištu. Za tačne podatke o proizvodnji i njenom predviđanju trebalo bi raspolagati s većim brojem merenih podataka koje državne agencije najčešće smatraju poslovnom tajnom.

Očekuje se da će rezerve zemlje premašiti onu u Venezueli u budućnosti, ako se povećaju njene istraživačke aktivnosti.

Kanada ima skoro 170×10^9 barela dokazanih rezervi nafte, od kojih je najznačajniji deo u obliku naftnih ležišta u provinciji Alberta. Najveći deo dokazanih naftnih rezervi nalazi se u nekonvencionalnim naftnim rezervoarima (škriljci i naftni pesak). Osim toga, većina konvencionalno dostupnih rezervi nafte u zemlji nalazi se u Alberti. Kako je vađenje nafte iz ogromne većine kanadskih rezervi nafte vrlo

skupo, proizvodnja zavisi od trenutnih cena nafte na Svetskom tržištu. Naftne kompanije, stoga, prvo eksploatišu nafte manje gustine, i veće cene, dok teže nafte i nafte iz škrljaca i naftnog peska eksploatišu samo u vreme visokih cena nafte na svetskom tržištu.

U daljem tekstu često se spominjati izrazi "šejlovi" i "laporac" kao nazivi za pojedinačne vrste stena. Iako se ponekad navode kao sinonimi, engleski izraz "šejl" se kod nas često prevodi s rečju "laporac" ti izrazi opisuju dve različite vrste stena. Laporac je sedimentna stena sastavljena od čestica gline i kalcita u razmeri 25-75% do 75-25%. Šejl je sitnozrnasta stena s tankom laminacijom i lisnatom teksturom, sastavljena od siliciklastičnog materijala dimenzija zrna gline i praha.

Konvencionalna proizvođača "crnog zlata", imala maksimum davne 1973. No, proizvodnja nafte iz specifičnih peščara još raste, i očekuje se takav trend najmanje do 2020. godine. Prema dokazanim naftnim rezervama, koje su procenjene na $178,8 \times 10^9$ u januaru 2007, nalazila se na drugom mestu u svetu, odmah posle Saudijske Arabije. Više od 95% tih rezervi nalazi se u naftnim pescima otkrivenim u pokrajini Alberti. Izraz naftni peščari ili pesci (engl. "*oil sands*") ispravno je prevesti i kao bitumen peščari ili pesci, jer je reč o izuzetno velikim ležištima teške nafte i bitumena, koje je posebnim postupcima moguće privesti proizvodnji „uobičajene“ sirove nafte. Veće količine nafte otkrivene su i proizvode se još u pokrajini Saskatchewan te u priobalju (engl. *offshore*) Newfoundlanda.

Ukupna proizvodnja nafte u Kanadi iznosila je $1,76 \times 10^9$ barela po godini (zabeleženo u 2017.) što osigurava još oko 95,8 godina eksploatacije postojećih rezervi. Više od 99% izvezena nafte iz Kanade odlazi u SAD, i time ta zemlja postaje najveći snabdevač Amerike tim energentom. S druge strane Kanada i uvozi naftu. Na primer u 2017. godini proizvedeno je $1,76 \times 10^9$ barela po godini, a izvezeno je $0,88 \times 10^9$ barela po godini.

Postoje još i dodatne velike količine od 174×10^9 barela otkrivene u pokrajini Alberti, uglavnom u litostratigrafskoj formaciji koja sadrži naftni pesak *Athabasca*, što je potvrdila i državna agencija. No, te se rezerve još uzimaju s oprezom jer je nafta uglavnom sadržana unutar bitumena (čvrsti oblik), a manjim delom u slobodnom tečnom stanju kao sirova nafta. Ta, bitumenska ležišta su pre, upravo zbog svojih svojstava, nazvana i katranski pesci (engl. *tar sands*), a otkrivena su još davno unutar rečnih korita koja su erodirala naslage sve do delova bogatih bitumenom, izlučivši ga na površinu. Iskorištavanje takvih ležišta, relativno loših rezervoarskih karakteristika, postaje isplativo tek uz primenu novih tehnologija i visokih cena nafte na svetskom tržištu. Zahvaljujući novim metodama razrade ležišta, u Alberti proizvodnja nafte iz tih nekonvencionalnih izvora sirovog bitumena nadmašila je količine nafte pridobive iz konvencionalnih naftnih izvora sirove nafte. Prema procenama državnih agencija do 2016. godine proizvodnja iz naftnih peščara/pesaka trebala je da dostigne 86% ukupne proizvodnje, a Alberta da postane jedan od najvećih svetskih proizvođača „crnoga zlata“. Granica između sirovog bitumena i sirove nafte svakako nije čvrsta i pomera se razvojem tehnologije. Postupak se svodi na zagrevanje i otapanje bitumena koji otpušta tečne

ugljovodonike. Kada je cena nafte oko 100 dolara po barelu čini razradu bitumenskih peščara i proizvodnju iz istih isplativom. Uz tu cenu, vrednost takvih ležišta svakako je velika, te je *Royal Dutch Shell* u godišnjem izveštaju 2006. potvrdio da dobit nakon oporezivanja, gotovo, dvostruko prelazi dobit od prodaje sirove nafte iz konvencionalnih ležišta. Od 2006. godine Kanada je postala jedina velika članica OECD-a (engl. "*Organisation for Economic Co-operation and Development*") čija je proizvodnja povećana (i to za 5-10%, a sličan rast se očekivao sve do 2020, ali do toga porasta nije došlo. To bi se dogodilo, da nije došlo do pada cene nafte u 2015 godini kada je cena nafte ispod 60 dolara po barelu, pa se počelo postavljati pitanje isplativosti ove eksploatacije i proizvodnje.

Iran ima blizu 160×10^9 barela dokazanih rezervi nafte, što ga čini znatno bogatijim u smislu globalnih naftnih resursa. Kada se posmatraju najlakše dostupne rezerve (izuzimajući mnoge nekonvencionalne rezerve u Kanadi), Iran pada odmah iza Venecuele i Kraljevine Saudijske Arabije. Nafta u Iranu prvi put je proizvedena 1908. godine, a sadašnja stopa eksploatacije iranske nafte će trajati skoro 100 godina više. Za razliku od saudijske nafte, koja se prostire na nekoliko ogromnih i veoma bogatih naftnih polja, iranska nafta se nalazi u gotovo 150 polja, od kojih mnoga imaju i naftu i prirodni gas.

U odnosu na druge zemlje 2007 godine Iran je bio druga zemlja po redu s obzirom na potvrđene konvencionalne rezerve sirove nafte od $138,2 \times 10^9$ (oko 10% svetskih rezervi). Ako se u zalihe uključe i nekonvencionalne rezerve, poput bitumena, tada i Kanada i Venezuela nadmašuju Iran. Prosečna proizvodnja iznosi oko $1,82 \times 10^9$ barela na godinu i takvom bi se mogla održati sledećih 86,5 godina. SAD održava embargo na uvoz nafte iz Irana, štiteći se time od promena na tržištu koje može uzrokovati državna regulacija iranske proizvodnje. S druge strane manjak te nafte na svetskom tržištu svakako uzrokuje povećanje njene cene. SAD održava i politički pritisak na iranski nuklearni program, što budućnost Irana kao svetskog snabdevača nafte čini vrlo nesigurnom.

Irak je uprkos nestabilnoj političkoj situaciji u svojoj novijoj istoriji, zemlja sa jednom od najvećih svetskih dokazanih rezervi nafte. Zapravo, zahvaljujući građanskim nemirima i vojnim okupacijama koje su karakterisale nacionalnu scenu tokom proteklih nekoliko decenija, nije bilo moguće napraviti nikakvo smisleno istraživanje iračkih naftnih rezervi. Kao rezultat toga, čak i podaci koji se koriste za određivanje rangiranja globalnih naftnih polja u Iraku su stari najmanje tri decenije i zasnovani su na 2D seizmičkim istraživanjima. Ipak, period relativne smirenosti tokom proteklih nekoliko godina dao je veću nadu za razvoj naftne infrastrukture u zemlji.

Irak je zemlja sa četvrtim po redu konvencionalnim rezervama nafte, koje su procenjene na 148×10^9 barela. Uprkos izuzetnim rezervama i niskim troškovima proizvodnja je vrlo mala, zahvaljujući problemima nastalim zbog savezničke invazije te zemlje provedene 2003. godine. U stvari proizvodnja je ograničena u najboljem slučaju na $0,5 \times 10^9$ barela na godinu. Budući da je politička nestabilnost zemlje izuzetna, u bliskoj budućnosti se ne očekuju znatnije promene te količine.

Rusija je zemlja bogata prirodnim energetskim resursima, od kojih su pored

gasa, najznačajniji dokazani naftni resursi. Najveće naftne rezerve u količini od $106,2 \times 10^9$ barela nalaze se ispod zemlje u ogromnim sibirskim ravnicama. Proizvodnja ruske nafte znatno je opala nakon raspada bivšeg Sovjetskog Saveza, ali je zemlja obnovila proizvodnju u posljednjih nekoliko godina. Mogla bi dodatno povećati svoje rezerve nafte i gasa, u budućnosti, jer se intenzivno nastavljaju istraživanja mogućih resursa ispod arktičkih voda i leda.

Postoje brojne procene dokazanih rezervi nafte u Rusiji. Većina procena obuhvatila je samo zapadne sibirske rezerve, koje su eksploatisane još od sedamdesetih godina i snabdevaju dve trećine ruske nafte. Međutim, postoje potencijalno velike rezerve na drugim mjestima. Rusko ministarstvo prirodnih resursa je 2005. godine procenilo da u istočnom Sibiru postoji još $4,7 \times 10^9$ barela ($0,75 \times 10^9 \text{ m}^3$) nafte. U julu 2013. godine, Ministarstvo prirodnih resursa Rusije je po prvi put objavilo zvanične procene rezervi. Po kojim su od 1. januara 2012. godine, rezerve nafte u Rusiji pod kategorijom ABC₁ (ekvivalentne dokazanim rezervama) iznosile su $17,8 \times 10^9$ tona, a rezerve kategorije C₂ (ekvivalentne verovatno i moguće) $10,9 \times 10^9$ tona.

Ujedinjeni Arapski Emirati i Kuvajt Ujedinjeni Arapski Emirati imaju $97,8 \times 10^9$ barela, a veći deo ove nafte eksploatiše se iz polja Zakum, koji ima procenjenu zalihi od 66×10^6 barela, što ga čini trećim po veličini naftnim poljem u regiji, iza polja Ghavar (Saudijska Arabija) i Burgan Field (Kuvajt). Otprilike 40% BDP-a zemlje se zasniva na proizvodnji nafte i gasa i od otkrića tamo 1958. godine omogućilo je UAE da postane moderna država sa visokim životnim standardom.

Kuvajt, koji je mala zemlja po površini, ima dokazane zalihe od $101,5 \times 10^9$ barela. Jedan deo ovih naftnih rezervi leži u Saudijsko-Kuvajtskoj neutralnoj zoni koju Kuvajt deli sa Saudijskom Arabijom, dok je više od 70×10^6 barela nafte u Kuvajtu u polju Burgan, drugom po veličini naftnom polju na svetu.

Zajedno predstavljaju treće svetsko područje najvećih konvencionalnih rezervi nafte sa 97,8 (UAE) te $101,5 \times 10^9$ barela nafte. Zajednička proizvodnja iznosi oko $2,54 \times 10^6$ barela nafte na godinu. Tim tempom proizvodnja se može održati sledećih 100 godina. Područje Abu Dabija sadržava oko 94 posto rezervi u UAE. S druge strane u Kuvajtu je većina rezervi smeštena u polju Burgana (drugo najveće polje na svetu, nakon saudijskog polja *Ghawar*).

Kuvajt teži ka proizvodnji od 4×10^9 barela nafte na dan (do 2020. godine), ali polje Burgan koje je otkriveno još 1938. i svrstava se u vrlo „zrela“ polja što će svakako biti otežavajuća okolnost u tom cilju. Takođe, prema nekim podacima koji su nezvanično dostupni iz kuvajtske naftne kompanije, dokazane i nedokazane rezerve predstavljaju samo polovinu prikazanih, te iznose 48×10^9 barela, što je dovoljno za još manje od 50 godina proizvodnje sadašnjih količina.

Sjedinjenje Američke Države imaju u 2017 godini procenjene zalihe od 50×10^9 barela. Dokazane i ekonomski isplative naftne rezerve Sjedinjenih Američkih Država (SAD) narasle su poslednjih godina zbog ekonomske isplativosti i poboljšanja efikasnosti nekonvencionalnih metoda bušenja, što omogućava vađenje više nafte i gasa iz škrljaca nego što je to bilo ranije moguće. Kao rezultat ovih, posebno fracking i horizontalnih bušenja, u 2012. godini američke rezerve su premašile

36×10^9 barela u po prvi put od 1975. godine. Ipak, dokazane rezerve nafte u SAD su samo deo rezervi globalnih lidera nafte, poput Venecuele, Saudijske Arabije i Kanade.

U prošlosti su SAD imali maksimum proizvodnje 1970. godine. Od 2005. godine uvoz je dvostruko veći od domaće proizvodnje. Dokazane rezerve su iznosile nešto više od 21×10^9 barela na kraju 2004. godine, što je pad od 46% u odnosu prema 1970. godini kada je „knjiženo“ 39×10^9 barela zahvaljujući istraživanju Severne padine Aljaske (engl. *Alaska North Slope*) te otkriću nekoliko novih naftnih polja. Smatra se kako su najvažnije rezerve nafte u SAD-u otkrivene, te kako proizvodnja na brojnim poljima ide prema kraju procena preostalih količina sve je tačnija.

U skladu sa time proizvodnja nafte iznosila je 4×10^9 barela na godinu, no smanjila se na $2,5 \times 10^9$ barela početkom 2007. S druge strane potrebe SAD-a iznosile su e $7,5 \times 10^9$ barela na godinu u 2007 godini. U 2017. godini potrebe SAD su iznosile $7,26 \times 10^9$ barela na godinu Razlika se pokriva uvozom prvenstveno iz Kanade, te drugih velikih proizvođača.

SAD ima najveću koncentraciju naftnih škriljaca u svetu, čije rezerve su procenjene na 800×10^9 barela Pridobive nafte (prema sadašnjoj potrošnji zadovoljavaju potrebe u sledećih 110 godina). Nažalost, proizvodnja nafte iz takvih stena znatno je teža i komplikovanija u odnosu na eksploataciju nafte iz konvencionalnih ležišta. Često se podrazumeva rudarenje, a takve stene pored teške nafte, sadrže i veliku količinu kerogena, koji treba termički obraditi, da bi se od njega formirala nafta. Ipak, porastom cene nafte i takva proizvodnja postaje isplativa, a tehnologija prerade naftnih šejlova u naftu poznata je još i srednjega veka.

Proizvodnja iz naftnih škriljaca i naftnog peska u prvome će se redu događati u područjima Venecuele i Kanade. Proizvodnja u Kanadi posebno je atraktivna za SAD, jer postoji ugovor o slobodnoj trgovini NAFTA (engl. *North American Free Trade Agreement*).

Libija sa $48,4 \times 10^9$ barela ima najveće rezerve nafte u Africi i desete u Svetu. Ona ima potencijalno, veću rezervu fosilnih goriva, od trenutno poznatih, jer je njena teritorija uglavnom neistražena, što je rezultat sankcija protiv stranih naftnih kompanija, koji se odvijao u prošlosti. Libijska nafta činila je 98% vladinih prihoda u 2012. godini, ali zbog nedavne političke nestabilnosti, moć Libije kao proizvođača nafte znatno je ometena. Na kraju, očekuje se da će neiskorišćene rezerve nafte podstaći više ekonomskih investicija, nakon što se politička situacija stabilizuje.

Proizvodnja nafte je 2010. godine. iznosila je $1,65 \times 10^6$ barela dnevno (262×10^3 m³/d). Ove rezerve su 2010. godine, po tadašnjim stopama proizvodnje omogućavale Libiji 77 godina eksploatacije. Danas se na osnovu novo pronađenih rezervi nafte i trenutne proizvodnje procenjuje da su raspoložive rezerve dovoljne za 153,3 godine eksploatacije. Libija se smatra veoma atraktivnim naftnim područjem zbog veoma niskih troškova eksploatacije (od samo 1 USD po barelu na nekim poljima, podatak iz 2002. godine), niskog sadržaja sumpora u nafti (nafta je klasifikovana kao „slatka nafta“) i blizine evropskih tržišta.

Izazov Libije je održavanje proizvodnje na zrelim poljima, uz pronalaženje i