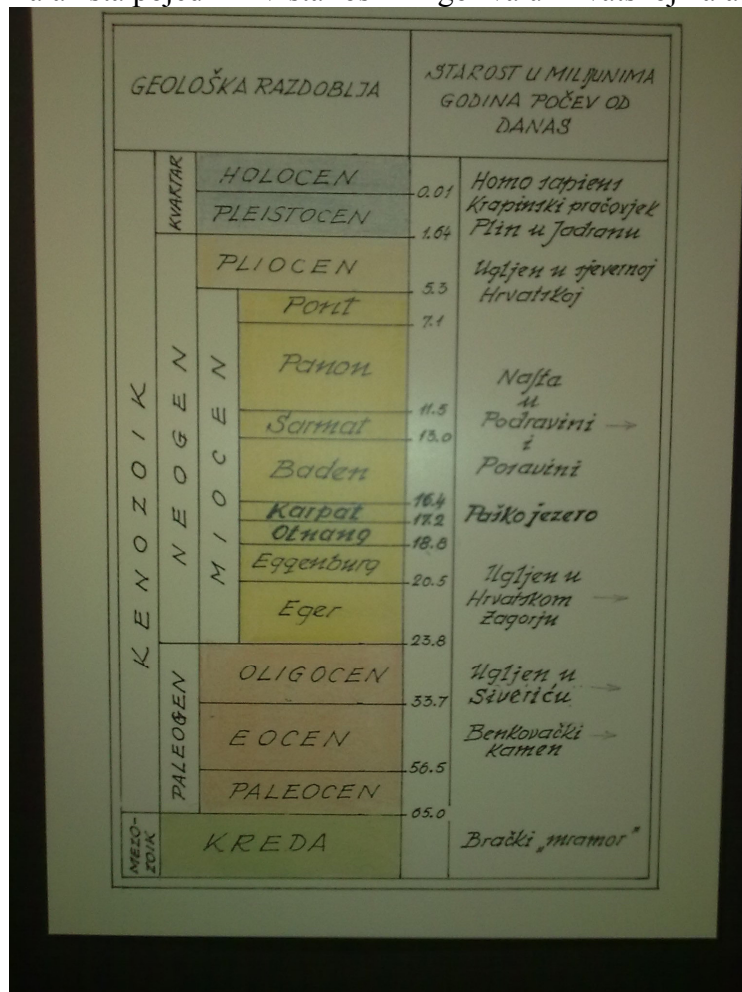


## Fosilna goriva

U fosilna goriva spadaju kao što je već rečeno u prethodnim poglavljima nafta, prirodni plin i ugljen i predstavljaju jedan od primarnih oblika energije. Sva fosilna goriva nositelji su kemijske energije, pa je osnovna energetska transformacija kojom prelaze u druge oblike energije proces izgaranja o kojim će biti riječi u nastavku. Fosilnim ih nazivamo zbog njihovog porijekla, načina i vremena nastanka. Općenito, starost fosilnih goriva iznosi od nekoliko desetina milijuna godina (ugljen), pa do nekoliko milijuna godina (prirodni plin). Ilustracija starosti nalazišta pojedinih vrsta fosilnih goriva u Hrvatskoj nalazi se na slici 1.



Slika 1. Starost pojedinih oblika fosilnih goriva na području Hrvatske (fotografija plakata iz Hrvatskog prirodoslovnog muzeja u Zagrebu, Demetrova 1-3, Zagreb)

Fosilna goriva okosnica su energetike posebno u periodu koji nazivamo industrijsko doba odn. od izuma parnog stroja pa naovamo. Ona se ne koriste samo kao izvor energije, nego i u neenergetske svrhe tj. kao sirovina za razne kemijske proizvode. U novije vrijeme u nekim segmentima proizvodnje energije istiskuju ih obnovljivi izvori energije, ali bez obzira na tu činjenicu čovječanstvo će još jako dugo ovisiti o preostalim zalihama fosilnih goriva.

## Nafta

Nafta je fosilno gorivo čiji su prvi počeci korištenja zabilježeni još u staroj eri u obliku asfalta (vidjeti poglavlje o povijesti korištenja energije). Suvremena povijest nafte seže u 1859. godinu i Pensylvaniju gdje je započela eksploatacija nafte na moderan način.

## Zalihe nafte

Cjelokupna povijest eksploatacije nafte obilježena je prognozama kolike su njene zalihe. Po nekim prognozama s početka prošlog stoljeća nafte je već odavno trebalo nestati. Upravo suprotno, svjedoci smo otkrića novih zaliha nafte. Nafta je, uz prirodni plin i vodu, jedan o glavnih geostrateških čimbenika. Ovisnosti čovječanstva o nafti za sada se ne nazire kraj.

Kao što je vidljivo iz podjele oblika energije nafta se nalazi u među konvencionalnim i nekonvencionalnim oblicima primarne energije. Što znači za naftu (kasnije ćemo vidjeti i za prirodni plin) da je konvencionalna? To znači da se ona nalazi u drugim (nekonvencionalnim) formama ili isto takvim geološkim struktura, pa je nije moguće eksploatirati na uobičajeni (konvencionalni) način.

U nekonvencionalnu naftu spadaju teška nafta i bitumen, te naftni pijesci i nafta u škriljancima.

Zalihe konvencionalne nafta dijele se na:

- dokazane i
- potencijalne.

Potencijalne se zalihe konvencionalne nafte dijele na:

- otkrivene nedokazane (zaobiđena nafta u slabije propusnim dijelovima otkrivenih ležišta, a moguće ju je dobiti metodama poboljšanog iscrpka (Improved Oil Recovery) u koje spadaju i metode naprednog iscrpka (Enhanced Oil Recovery-EOR) i
- neotkrivene ali naslućene količine u dubokim i jako dubokim podmorjima i dubokim strukturno složenim ležištima te manjim zamkama u poznatim istražnim bazenima.

Već sam pregled ovih pojmova ukazuje na veliku složenost i stalni razvoj tehnologija za dobivanje nafte - „... Međutim, stručnjaci uključeni u procese istraživanja i proizvodnje nafte svjesni su da se nikada u 150 godišnjem razdoblju nije lako dolazilo do nafte. Naftna je industrija morala, a mora i dalje neprekidno razvijati tehnologije i tehnike kako doći do nafte i plina u sve složenijim geografskim i geološkim uvjetima...“ – citat prof. dr. sc. Josip Sečen s RGN fakulteta u zborniku radova sa 17. foruma „Dan energije u Hrvatskoj (2008.)“. Iz istog izvora preuzete su i prethodne definicije i objašnjenja vezana uz zalihe nafte. Kolike su onda stvarne zalihe nafte?

Tablica 1. Svjetske zalihe konvencionalne nafte za odabrane godine (izvor: BP (British Petroleum) Statistical Review of World Energy 2013.)

	At end 1992 Thousand million barrels	At end 2002 Thousand million barrels	At end 2011 Thousand million barrels	At end 2012			
				Thousand million tonnes	Thousand million barrels	Share of total	R/P ratio
US	31.2	30.7	35.0	4.2	35.0	2.1%	10.7
Canada	39.6	180.4	174.6	28.0	173.9	10.4%	*
Mexico	51.2	17.2	11.4	1.6	11.4	0.7%	10.7
<b>Total North America</b>	<b>122.1</b>	<b>228.3</b>	<b>221.0</b>	<b>33.8</b>	<b>220.2</b>	<b>13.2%</b>	<b>38.7</b>
Argentina	2.0	2.8	2.5	0.3	2.5	0.1%	10.2
Brazil	5.0	9.8	15.0	2.2	15.3	0.9%	19.5
Colombia	3.2	1.6	2.0	0.3	2.2	0.1%	6.4
Ecuador	3.2	5.1	7.2	1.2	8.2	0.5%	44.6
Peru	0.8	1.0	1.2	0.2	1.2	0.1%	31.5
Trinidad & Tobago	0.5	1.1	0.8	0.1	0.8	*	18.8
Venezuela	63.3	77.3	297.6	46.5	297.6	17.8%	*
Other S. & Cent. America	0.6	1.6	0.5	0.1	0.5	*	9.7
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>78.8</b>	<b>100.3</b>	<b>326.9</b>	<b>50.9</b>	<b>328.4</b>	<b>19.7%</b>	<b>*</b>
Azerbaijan	n/a	7.0	7.0	1.0	7.0	0.4%	21.9
Denmark	0.7	1.3	0.8	0.1	0.7	*	9.7
Italy	0.6	0.8	1.4	0.2	1.4	0.1%	33.7
Kazakhstan	n/a	5.4	30.0	3.9	30.0	1.8%	47.4
Norway	9.7	10.4	6.9	0.9	7.5	0.4%	10.7
Romania	1.2	0.5	0.6	0.1	0.6	*	19.1
Russian Federation	n/a	76.1	87.1	11.9	87.2	5.2%	22.4
Turkmenistan	n/a	0.5	0.6	0.1	0.6	*	7.4
United Kingdom	4.6	4.5	3.1	0.4	3.1	0.2%	8.8
Uzbekistan	n/a	0.6	0.6	0.1	0.6	*	24.0
Other Europe & Eurasia	61.3	2.2	2.2	0.3	2.1	0.1%	14.8
<b>Total Europe &amp; Eurasia</b>	<b>78.3</b>	<b>109.3</b>	<b>140.3</b>	<b>19.0</b>	<b>140.8</b>	<b>8.4%</b>	<b>22.4</b>

Tablica 1.-nastavak

	At end 1992 Thousand million barrels	At end 2002 Thousand million barrels	At end 2011 Thousand million barrels	At end 2012			
				Thousand million tonnes	Thousand million barrels	Share of total	R/P ratio
Iran	92.9	130.7	154.6	21.6	157.0	9.4%	*
Iraq	100.0	115.0	143.1	20.2	150.0	9.0%	*
Kuwait	96.5	96.5	101.5	14.0	101.5	6.1%	88.7
Oman	4.7	5.7	5.5	0.7	5.5	0.3%	16.3
Qatar	3.1	27.6	23.9	2.5	23.9	1.4%	33.2
Saudi Arabia	261.2	262.8	265.4	36.5	265.9	15.9%	63.0
Syria	3.0	2.3	2.5	0.3	2.5	0.1%	41.7
United Arab Emirates	98.1	97.8	97.8	13.0	97.8	5.9%	79.1
Yemen	2.0	2.9	3.0	0.4	3.0	0.2%	45.4
Other Middle East	0.1	0.1	0.7	0.1	0.6	*	8.4
<b>Total Middle East</b>	<b>661.6</b>	<b>741.3</b>	<b>797.9</b>	<b>109.3</b>	<b>807.7</b>	<b>48.4%</b>	<b>78.1</b>
Algeria	9.2	11.3	12.2	1.5	12.2	0.7%	20.0
Angola	1.3	8.9	10.5	1.7	12.7	0.8%	19.4
Chad	-	0.9	1.5	0.2	1.5	0.1%	40.7
Republic of Congo (Brazzaville)	0.7	1.5	1.6	0.2	1.6	0.1%	14.8
Egypt	3.4	3.5	4.3	0.6	4.3	0.3%	16.1
Equatorial Guinea	0.3	1.1	1.7	0.2	1.7	0.1%	16.5
Gabon	0.8	2.4	2.0	0.3	2.0	0.1%	22.3
Libya	22.8	36.0	48.0	6.3	48.0	2.9%	86.9
Nigeria	21.0	34.3	37.2	5.0	37.2	2.2%	42.1
South Sudan	-	-	-	0.5	3.5	0.2%	*
Sudan	0.3	0.6	5.0	0.2	1.5	0.1%	50.0
Tunisia	0.5	0.5	0.4	0.1	0.4	*	17.9
Other Africa	0.8	0.6	2.2	0.5	3.7	0.2%	43.0
<b>Total Africa</b>	<b>61.1</b>	<b>101.6</b>	<b>126.6</b>	<b>17.3</b>	<b>130.3</b>	<b>7.8%</b>	<b>37.7</b>
Australia	3.2	4.6	3.9	0.4	3.9	0.2%	23.4
Brunei	1.1	1.1	1.1	0.1	1.1	0.1%	19.0
China	15.2	15.5	17.3	2.4	17.3	1.0%	11.4
India	5.9	5.6	5.7	0.8	5.7	0.3%	17.5
Indonesia	5.6	4.7	3.7	0.5	3.7	0.2%	11.1
Malaysia	5.1	4.5	3.7	0.5	3.7	0.2%	15.6
Thailand	0.2	0.7	0.4	0.1	0.4	*	2.7
Vietnam	0.3	2.8	4.4	0.6	4.4	0.3%	34.5
Other Asia Pacific	0.9	1.1	1.1	0.1	1.1	0.1%	10.5
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>37.5</b>	<b>40.6</b>	<b>41.4</b>	<b>5.5</b>	<b>41.5</b>	<b>2.5%</b>	<b>13.6</b>
<b>Total World</b>	<b>1039.3</b>	<b>1321.5</b>	<b>1654.1</b>	<b>235.8</b>	<b>1668.9</b>	<b>100.0%</b>	<b>52.9</b>
of which: OECD	142.7	251.2	238.5	36.0	238.3	14.3%	33.4
Non-OECD	896.6	1070.3	1415.6	199.7	1430.7	85.7%	58.6
OPEC	772.7	903.3	1199.0	169.9	1211.9	72.6%	88.5
Non-OPEC+	207.1	327.9	329.4	48.8	331.0	19.8%	25.8
European Union#	8.3	8.0	6.9	0.9	6.8	0.4%	12.1
Former Soviet Union	59.6	90.3	125.8	17.1	126.0	7.5%	25.2
Canadian oil sands: Total	32.4	174.4	168.6	27.3	167.8		
of which: Under active development	3.0	11.6	25.5	4.2	25.9		
Venezuela: Orinoco Belt	-	-	220.0	35.3	220.0		

\*More than 100 years.

\*Less than 0.05%.

#Excludes Former Soviet Union.

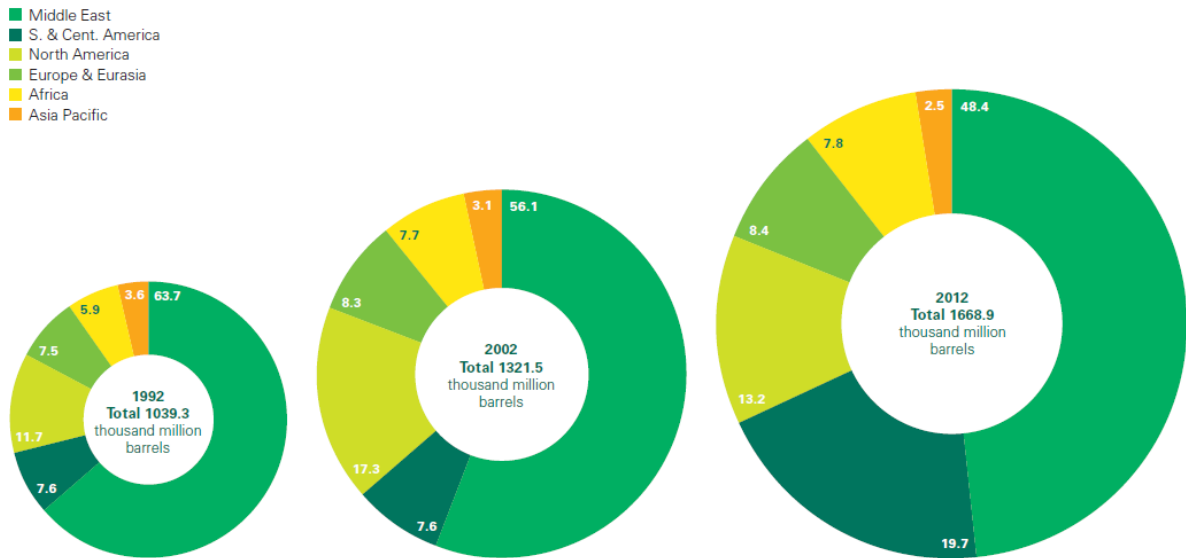
#Excludes Estonia, Latvia and Lithuania in 1992.

**Notes: Proved reserves of oil** – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions.**Reserves-to-production (R/P) ratio** – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.**Source of data** – The estimates in this table have been compiled using a combination of primary official sources, third-party data from the OPEC Secretariat, *World Oil, Oil & Gas Journal* and an independent estimate of Russian and Chinese reserves based on information in the public domain.

Canadian oil sands 'under active development' are an official estimate. Venezuelan Orinoco Belt reserves are based on the OPEC Secretariat and government announcements.

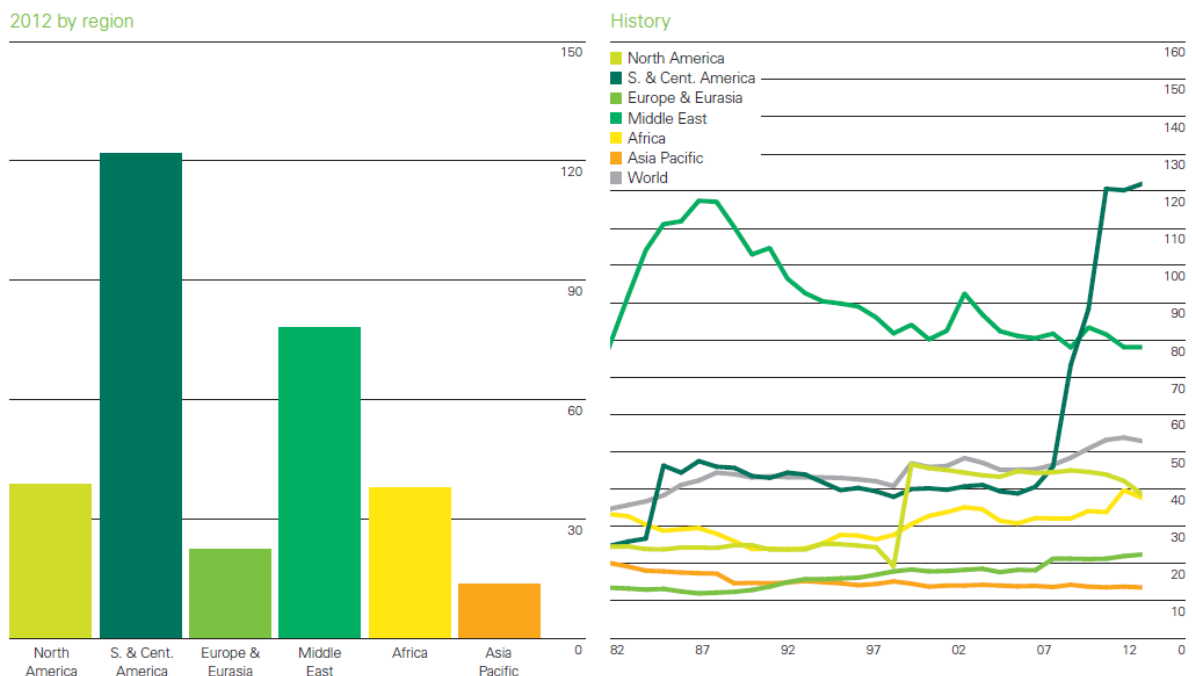
**Reserves include gas condensate and natural gas liquids (NGLs) as well as crude oil.****Shares of total and R/P ratios are calculated using thousand million barrels figures.**

U tablici 1. dan je pregled dokazanih zaliha nafte za pojedine zemlje Svijeta za četiri različite godine. Kod nekih zemalja uočava se „povećanje“ zaliha u novijim godinama. Naravno da se zalihe ne mogu povećati, ali se mogu otkriti nove kako je to opisano u podjeli zaliha konvencionalne nafte. Navedeni brojevi mogu se iščitavati na razne načine. Najvažnija činjenica je da se gotovo polovina svjetskih rezervi nafte nalazi na srednjem istoku pri čemu gotovo 16% ukupnih svjetskih zaliha otpada na Saudijsku Arabiju, a po oko 9% na Iran i Irak. U Europi najviše zaliha posjeduje Rusija, u Južnoj Americi daleko prednjači Venezuela s gotovo 18% dok u Africi prvo mjesto zauzima Nigerija s nešto manje od 3% svjetskih zaliha nafte. Iako su za mnoge zemlje postoci mali to nikako ne znači da su apsolutni brojevi mali. Grafički prikaz udjela pojedinih svjetskih regija u ukupnim zalihama konvencionalne nafte prikazan je slikom 1. Ono što je najvažnija činjenica jest to da se najveće zalihe nafte nalaze u politički nestabilnom okruženju: Posebno se to ističe na Srednjem Istoku gdje su stalno prisutna krizna žarišta povezana s ratni zbivanjima. U Južnoj Americi Venezuela je također stalno prisutna u medijima kao „problematična“ zemlja. Nigerija koja raspolaže velikim naftnim bogatstvom s vremena na vrijeme puni novinske stupce žrtvama nesreća nastalih krađom nafte iz naftovoda.



Slika 1. Udio pojedinih svjetskih regija u zaliham konvencionalne nafte s pregledom ukupnih zaliha (izvor: BP Statistical Review of World Energy 2013.)

Važan podatak koji se nalazi u tablici 1. je R(Reserves)/P(Production) omjer (hrvatski Z(Zalihe)/P(Proizvodnja) to je podatak koji govori o trajanju raspoloživih zaliha uz sadašnji intenzitet proizvodnje (eksploatacije). Eksploatacija nafte i prirodnog plina kontinuirani je proces, te ga nije moguće, osim u slučaju nepredviđenih okolnosti, u potpunost zaustavljati. Stoga ovaj podatak ima veliki značaj, a jedino što ga može promijeniti je otkriće novih zaliha. Slika 2. Prikazuje R/P omjer za pojedine svjetske regije za 2012. godinu (stupići) te grafički prikaz za razdoblje od 1982. godine pa naovamo.



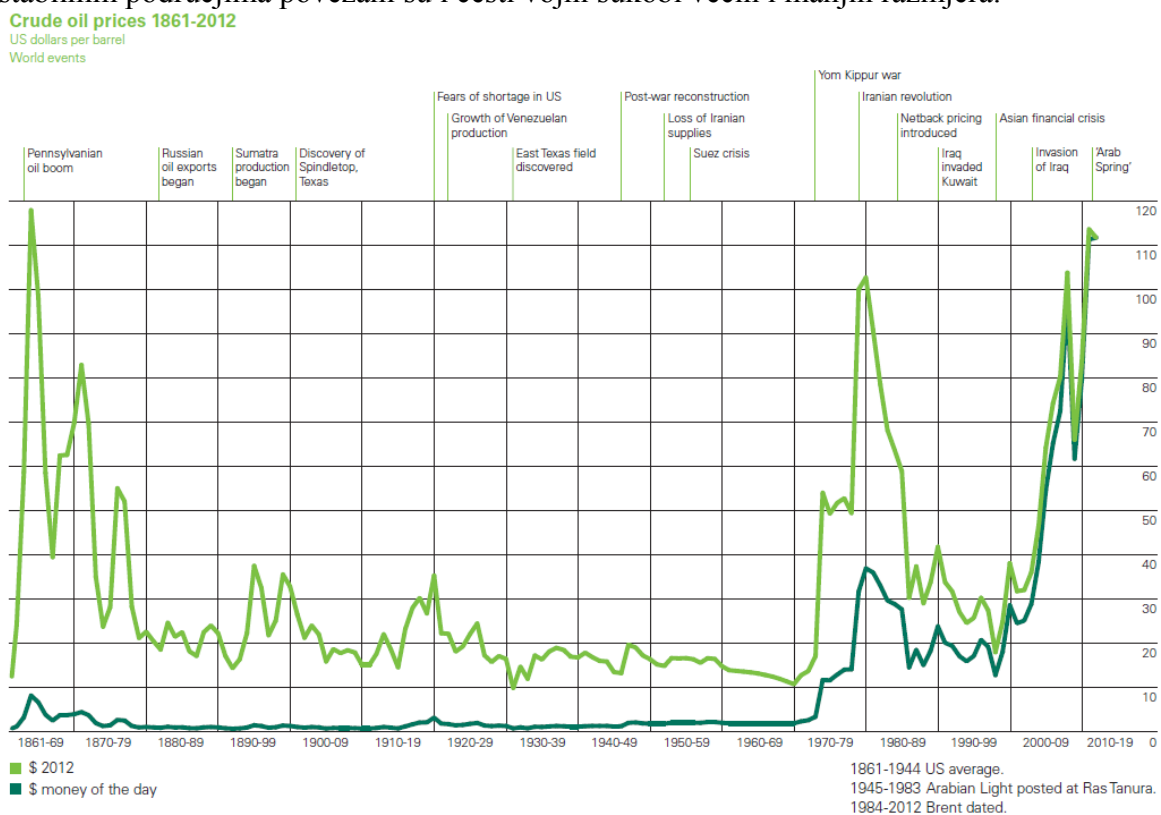
Slika 2. R/P omjer pojedinih svjetskih regija (izvor: BP Statistical Review of World Energy 2013.)

Uočava se značajno odskakanje Srednje i južne Amerike gdje bi zalihe trebale potrajati preko 120 godina. U vremenskom prikazu vidljive su skokovite promjene prema većim vrijednostima R/P omjera za Sj. i J. Ameriku 1985. i 2007., za Sj. Ameriku 1998. dok Bliski

Istok nakon maksimuma 1987. u petogodišnjem razdoblju bilježi znatan pad. Jedini razlog takvim trendovima može biti otkriće novih zaliha odn. iscrpljenje pojedinih ležišta ili kombinacija jednog i drugog. Važno je naglasiti da je uvjet opstanka svake naftne kompanije uz proizvodnju, otkrivanje novih ležišta koja uvijek moraju nadomjestiti prestanak rada tj. iscrpljivanje starih ležišta.

### Cijene sirove nafte

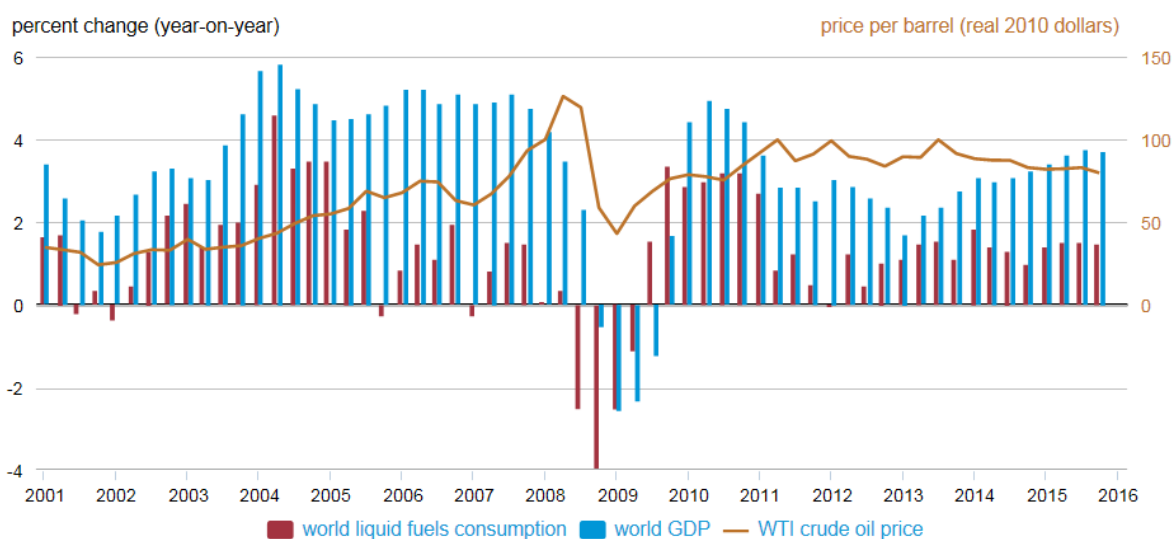
Na cijene sirove nafte utječe mnogo čimbenika: tehničko-tehnološki, ekonomski, politički, spekulativni, a možda bi ih se još našlo. Nafta se eksploatira iz različitih ležišta na moru i kopnu, transportira se naftovodima, pomorskim i kopnenim sredstvima transporta. Njena cijena ovisi o ponudi i potražnji na tržištu, o spekulacijama na tržištu, ali možda ponajviše o političkim okolnostima. S već spomenutom činjenicom da su nalazišta nafte većinom u nestabilnim područjima povezani su i česti vojni sukobi većih i manjih razmjera.



Slika 3. Utjecaj raznih čimbenika na cijenu nafte kroz modernu povijest eksploatacije nafte (izvor: BP Statistical Review of World Energy 2013.)

Slika 3. prikazuje kretanje cijene nafte od početka njene eksploatacije u Pennsylvaniji pa do danas. u periodu do 1920. uočljiv je utjecaj otkrića i ulaska u proizvodnju novih nalazišta, nakon Drugog svjetskog rata sve više do izražaja dolazi utjecaj događaja na Bliskom Istoku. Slika 4. Prikazuje ovisnost i međusobni utjecaj svjetskog bruto domaćeg proizvoda (GDP), potrošnje tekućih goriva i cijena nafte (WTI-West Texas Intermediate). podaci potvrđuju složene odnose na tržištu, uočljiv je pad GDP-a kad rastu cijene nafte, te porast cijene nafte kad raste potrošnja tekućih goriva.

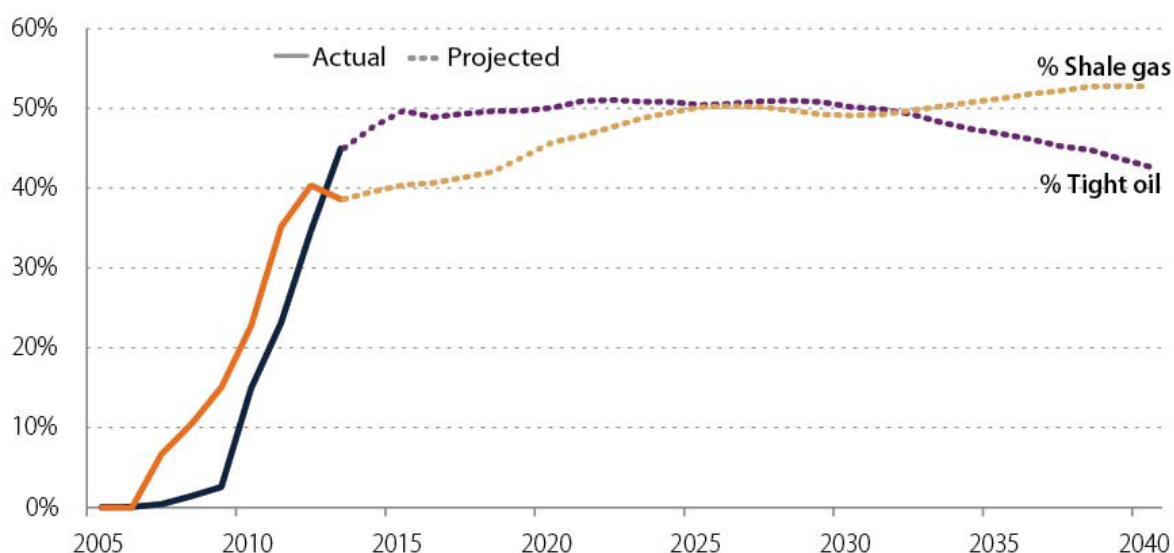
## World liquid fuels consumption, world GDP, and WTI crude oil prices



Source: U.S. Energy Information Administration, Thomson Reuters [↗](#)  
 Updated: Monthly | Last Updated: 2/11/2014

## Zalihe nekonvencionalne nafte

„Zalihe nekonvencionalne nafte nekoliko su puta veće od zaliha konvencionalne nafte koje su krajem 2004. iznosile 1,2 trilijuna barela.“ (Halliburton-Unconventional Reserves, 2005.) Isti izvor navodi „... između kanadskih naftnih pijesaka i venezuelske teške nafte nalazi se 434 trilijuna barela nafte“. BP navodi da se 15 milijardi teške nafte nalazi u Ungo formaciji na Aljasci. U već skorjoj budućnosti proizvodnja nekonvencionalne nafte će sve više rasti. Zahvaljujući tome SAD su treći proizvođač nafte u Svijetu i proizvođač s najvećim porastom proizvodnje (An Overview of Unconventional Oil and Natural Gas: Resources and Federal Actions, Congressional Research Service, 2014.)



Slika 4. Udio proizvedenih količina nekonvencionalne nafte (tight oil-slabopropusne formacije) i prirodnog plina (shale gas - plin iz šejlova - škrljevac) (Izvor: U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2014.)

Slika 4. pokazuje veliki potencijal nekonvencionalne nafte i prirodnog plina u SAD-u i dugoročnu stabilnost proizvodnje iz tih izvora.

### Zalihe nafte u Hrvatskoj

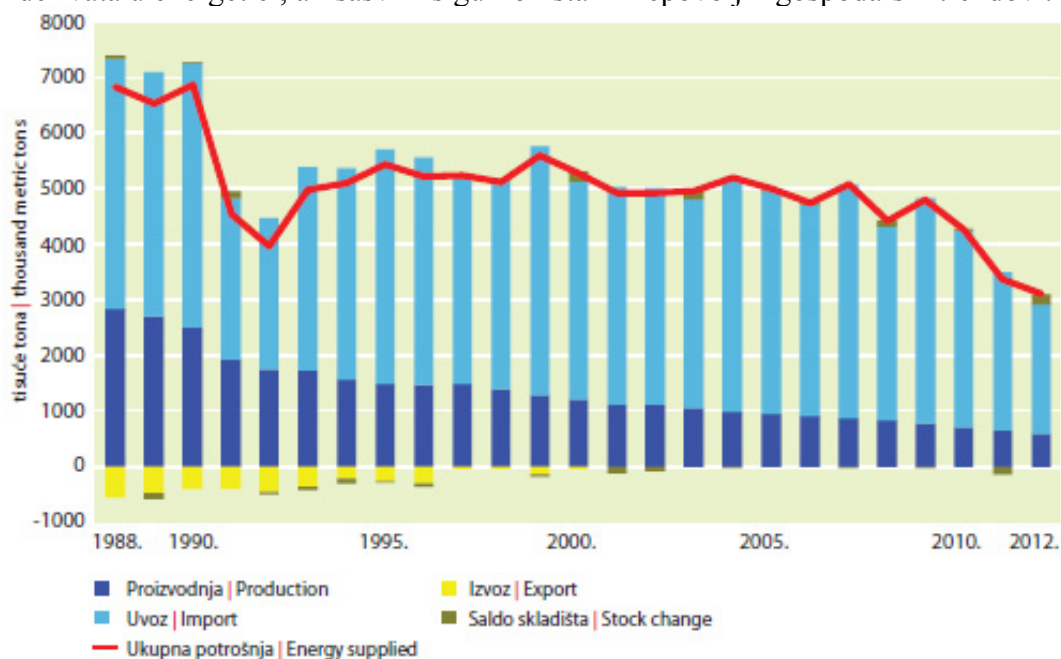
Zalihe konvencionalne nafte u Hrvatskoj prikazane su u tablici 2. preuzetoj iz godišnjaka „Energija u Hrvatskoj 2012.“ Hrvatska posjeduje određene zalihe nafte koje su se u zadnjih nekoliko godina čak i povećale, vjerojatno i zbog primjene EOR postupaka. Potpunu informaciju o pokrivenosti vlastitih potreba Republike Hrvatske za naftom daje slika 5.

Tablica 2. Zalihe nafte i kondenzata i njihova proizvodnja u Hrvatskoj od 2002.-2012.

Nafta i kondenzat Oil and Condensate	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
Rezerve (1 000 m <sup>3</sup> ) Reserves (1 000 m <sup>3</sup> )	10 152,7	10 356,1	11 794,0	9 330,9	9 690,1	11 719,1	11 472,5	10 823,6	10 481,6	11 554,0	11 531,6
Proizvodnja (1 000 t) Production (1 000 t)	1 108,5	1 052,1	1 001,0	946,0	917,4	879,1	835,4	776,2	720,4	664,4	599,9

Izvor | Source: Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva | Ministry of Economy, Labour and Entrepreneurship

Slika 5. pokazuje sve manju vlastitu proizvodnju sirove nafte, nekoliko puta manju u 2012. od one 1988. Uvoz se cijelo to vrijeme zadržavao u približno istom iznosu, osim u ratnim godinama. Posebno je uočljiv trend drastičnog smanjenja ukupne potrošnje nafte od 2009. godine, na iznose daleko ispod predratnih. tome je značajno pridonijela sve manja potrošnje naftnih derivata u energetici, ali sasvim sigurno i stalni nepovoljni gospodarski trendovi.



Slika 5. Raspoloživa sirova nafta u Hrvatskoj (Izvor: EIHP)

### Proizvodna postrojenja i transport nafte

Sirova nafta eksploatira se na naftnim poljima koja se mogu nalaziti na kopnu (onshore) ili moru (offshore). Tehnologija eksploatacije nafte na moru ograničena je dubinom mora, ali se te granice sve više pomiču prema sve većim dubinama. Kao i u slučaju nekonvencionalne nafte, tako će i u slučaju eksploatacije u složenim uvjetima, presudni utjecaj imati cijene

sirove nafte. Očito je da su one postigle dovoljno visoke iznose da razvoj takvih tehnologija već sada čine isplativim.

Uz svu složenost pridobivanja sirove nafte, drugo važno pitanje je transport nafte do potrošača odn. postrojenja za preradu koja se nazivaju rafinerije. Nafta se može transportirati kopnenim putem, naftovodima ili pomorskim putem, tankerima.

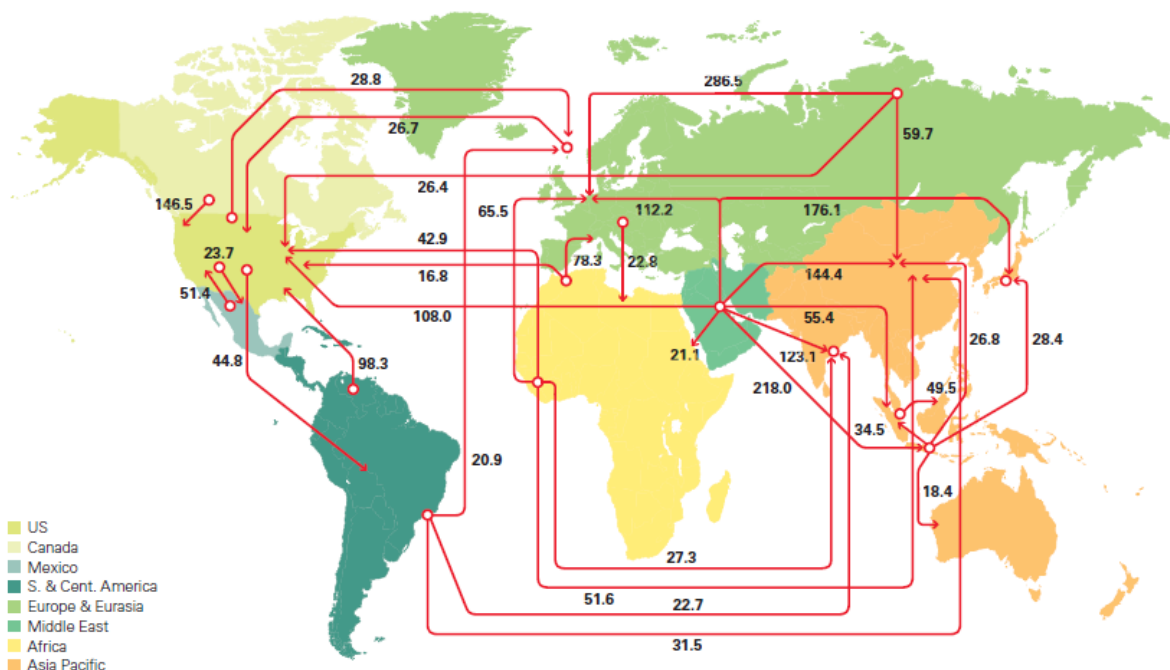


Slika 6. Europski naftovodi (crveno), produktovodi (zeleno) i rafinerije

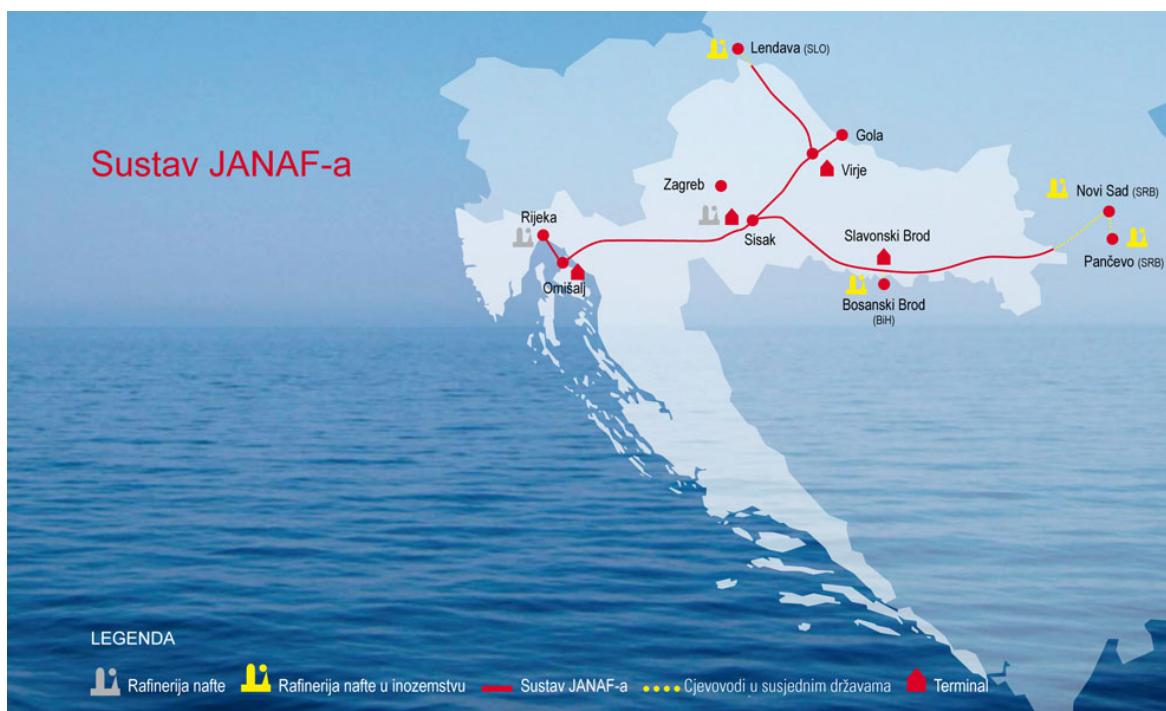
Slika 6. prikazuje trase europskih naftovoda koji često služe za transport sirove nafte iz terminala u koje dolaze tankeri koji dovoze naftu proizvedenu u zemljama izvoznicama. Nafta se dalje transportira do rafinerija gdje se prerađuje u razne proizvode koji se prema potrebi mogu transportirati produktovodima do odredišta gdje je to potrebno. Slika 7. pokazuje tokove svjetske trgovine sirovom naftom što ukazuje na globalnu dimenziju nafte. Naftom se trguje na burzama i svaki dio Svijeta orijentiran je na jedno tržište na kojem kupuje naftu i eventualno plasira proizvode svojih postrojenja za njenu preradu. Na istoj slici uočavaju se tipična mjesta izvoza kao i mjesta uvoza nafte. Hrvatska je također važan čimbenik regionalnog tržišta naftom zbog svog sustava naftovoda tvrtke „Janaf d.d.“ koja se nalazi u pretežito državnom vlasništvu. Sustav naftovoda prikazan je slikom 8. U sustavu se uz cjevovode nalaze i terminali za skladištenje sirove nafte, a sam sustav služi opskrbi rafinerija hrvatskih u Rijeci i Sisku, te onih u susjednim državama, BIH, Sloveniji, Srbiji, te dalje prema Mađarskoj i Slovačkoj. Ovaj naftovod ima veliki regionalni značaj na sigurnost opskrbe sirovom naftom ovog dijela Srednje i Jugoistočne Europe. Instalirani kapacitet sustava je 20 milijuna tona sirove nafte godišnje.



**Major trade movements 2012**  
Trade flows worldwide (million tonnes)



Slika 7. Glavni svjetski tokovi trgovine naftom (izvor: BP Statistical Review of World Energy 2013.)



Slika 8. Janaf d.d. – sustav naftovoda s pratećim objektima

Svojstva nafte

Što je zapravo nafta? „... kapljevita do polučvrsta prirodna tvar, nalazi se u zemljinoj kori, sastavljena je pretežito od smjese brojnih ugljikovodika, a uvijek sadrži i sumporove spojeve, dušikove i kisikove organske spojeve i u vrlo malim udjelima veći broj teških metala.

Najčešće je smeđe-zelene do smeđe-crne boje, a u reflektiranom svjetlu svi naftni proizvodi opalesciraju zelenim, odn. plavo-zelenim svjetlom.“ (citat iz: Zvonimir Janović: „Naftni i petrokemijski procesi i proizvodi“, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Zagreb, 2005.).  
 Prosječni elementarni sastav nafte prema masenom udjelu dan je u tablici 3. (isti izvor):

Tablica 3. Elementarni sastav nafte

Sastojak	% (maseni)	najveći udio, %
ugljik	84-87	
vodik	11,0-14,0	
sumpor	0,1-3,0	7
dušik	0,1-0,6	3
kisik	0,1-0,6	2
teški metali (oko 40 elemenata V, Ni, Cr, Fe, Al, Si, Ca, Mg, K...)	0,01-0,03	

Sastojci se u nafti ne pojavljuju u elementarnom obliku već u spojevima od kojih su najzastupljeniji:

- n-alkani i izoalkani (parafini),
- cikloalkani (nafteni),
- aromatski ugljikovodici (benzen, alkilbenzeni, naftalen, alkilnaftaleni),
- sumporni spojevi (merkaptani, disulfidi, tioeteri, tiofen),
- dušikovi spojevi (derivati piridina, porfirin),
- kisikovi spojevi (karboksilne kiseline, masne kiseline, naftenske kiseline),
- anorganske nečistoće (NaCl, MgCl<sub>2</sub>, teški metali).

Nafta sadrži npr. oko tri tisuće ugljikovodika od kojih se većina nalazi u malim količinama, a neki samo u tragovima. Kvaliteta nafte ovisi o udjelu ugljikovodika, povećanjem njihova udjela raste i njena kvaliteta, a taj udio vezan je uz porijeklo nafte. Udjeli se kreću od 50% u teškoj meksičkoj nafti do 98% u lakoj pensilvanijskoj nafti. Gustoća nafte se obično iskazuje relativno u odnosu na gustoću vode i što je ona veća to je manji udio lako vrijućih sastojaka. Sastav nafte se uobičajeno ne iskazuje prema sastojcima, već prema udjelu triju najvažnijih skupina spojeva:

- parafina (alkana),
- cikloparafina (naftena, cikloalkana),
- aromatskih ugljikovodika.

Poznavanje sastava kao i svojstava od ključne je važnosti za njenu preradu, obzirom da je sirova nafta nepodesna za izravno korištenje. Prvenstveno je razlog tome širok raspon vrelišta spojeva koji čine naftu, od 20°C pa do 700°C. Upravo na toj činjenici temelji se i prerada nafte, odnosno spojevi se različitim postupcima razdvajaju u intervalima njihovih vrelišta, npr. u postupcima atmosferske i vakuumske destilacije. Naftama s većim udjelom neugljikovodika, prije svega sumpora (više od 0,5%) prethodno se moraju ukloniti sumporovi spojevi. Nafta koje se sada prerađuju imaju veću gustoću i veći udio sumpora tj. prerađuje se sve nekvalitetnija nafta.

Postrojenja za preradu nafte nazivaju se rafinerije, a proizvodi nafte o kojima će biti riječi u nastavku, koriste se kao goriva u području kopnenog, zračnog i pomorskog transporta ili kao sirovine za petrokemijsku industriju (proizvodnja temeljena na naftnim i prerađevinama prirodnog plina koja se ne koriste kao goriva ili maziva).

## Temeljni naftni proizvodi

### Motorni benzin

Motorni benzin je smjesa ugljikovodika, a dobiva se miješanjem primarnog benzina i benzina dobivenih katalitičkim krekiranjem, reformacijom i alkilacijom i dr.

Potpunim izgaranjem benzina oslobađa se velika količina topline (egzotermna reakcija) oko 43700 kJ/kg.

Nepotpunim izgaranjem nastaju CO i zaostali ugljikovodici, najviše aromatski ugljikovodici, te NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub>. Mjerenje i kontrola koncentracije ovih spojeva predmet su ekotesta prilikom tehničkog pregleda motornih vozila.

Važnu karakteristiku motornih benzina čini oktanski broj (OB). Ta veličina govori o kvaliteti benzina obzirom na jednolikost izgaranja, a ne odnosi se na toplinsku vrijednost benzina. Uobičajene vrijednosti oktanskog broja su od 90 do 105. Njegova vrijednost postiže se kombiniranjem karakteristika komponenti odn. spojeva koji se nalaze u samom gorivu, te dodavanjem određenih spojeva.

Aromatski ugljikovodici imaju visoke vrijednosti OB, ali su otrovni, pa je propisano da udio benzena smije biti do 0,1%, a ukupnih aromatskih ugljikovodika do 35% (nakon 2005.).

Kako bi se postigla tražena vrijednost oktanskog broja benzinu se dodaju odgovarajući spojevi. U prošlosti su to bili olovni alkili. Kako je olovo otrovno, ti su spojevi zamijenjeni metil-*terc*-butil eterom (skraćeno MTBE)

Sumporovi spojevi su nepoželjni u gorivu jer stvaraju sumporove okside koji nepovoljno utječu na okoliš, a smanjuju i djelotvornost katalitičkog konvertera (kolokvijalno katalizatora) koji pospješuje pretvorbu CO u CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> u NO<sub>2</sub>. Udio sumpora u gorivu nakon 2005. smije iznositi najviše 50ppm. U gorivima koja nose oznaku BS-bez sumpora (na benzinskim postajama u hrvatskoj) sadržaj sumpora je do 10ppm (mg/kg).

### Zrakoplovni (avionski) benzin

Zrakoplovni (avionski) benzin služi kao gorivo za zrakoplove i helikoptere s klipnim benzinskim motorima. Osnovni zahtjevi za to gorivo su niža vrijednost stiništa (-60°C) (stinište-smanjenje tečljivosti pri nižim temperaturama prilikom čega dolazi do izlučivanja i kristalizacije parafinskih ugljikovodika i prestanka tečenja) i velika kalorična vrijednost.

### Zrakoplovno mlazno gorivo (jet fuel)

Zrakoplovno (avionsko) mlazno gorivo (jet fuel) koristi se kao gorivo za mlazne motore, a frakcija je benzina i petroleja iz primarne (atmosferske) destilacije nafte. Uz nisku temperaturu stiništa mora imati veliku kaloričnu vrijednost.

### Dieselsko gorivo

Dieselsko gorivo služi za pogon dieselskih motora i smjesa je petrolejske frakcije i frakcije lakog plinskog ulja.

Cetanski broj ukazuje na sklonost zapaljenju, veća vrijednost veća sklonost zapaljenju, a vrijednost mu mora biti veća od 51. Propisan je i sadržaj sumpora ispod 50ppm, a dieselsko gorivo s oznakom BS, poput motornog benzina, sadrži ispod 10ppm sumpora.

## Loživo ulje

Loživa ulja su skupina visokokaloričnih goriva koja čini smjesa ugljikovodika visokoga vrelišta. Dobivaju se nakon odvajanja benzina i drugih "lakih" sastojaka ili su izravan ostatak pri atmosferskoj ili vakumskoj destilaciji. Razlikujemo dvije vrste loživih ulja:

- *destilacijska loživa ulja odn. plinska loživa ulja (lako i teško)*- manje gustoće i viskoziteta i manje udjela S spojeva za grijanje domaćinstava, škola i sl.,
- *ostatna loživa ulja- lako, srednje i teško*-nastaju frakcioniranjem naftnih destilacijskih ostataka-viskozna su , gusta i tamno obojena. Najpoznatije je teško loživo ulje - mazut ili bunker ulje za pogon velikih brodskih motora i termoenergetskih objekata. Sve više ili čak u potpunosti izlaze iz upotrebe zbog nepovoljnog utjecaja na okoliš.

## Maziva mineralna ulja

Maziva mineralna ulja su kapljevita maziva dobivena miješanjem baznih ulja i odgovarajućih dodataka (5 do 20%) radi poboljšanja određenih svojstava.

Bazna mineralna ulja smjesa su viših ugljikovodika dobivenih višestrukim postupcima prerade nafte.

## Parafinski vosak

Parafinski vosak je zajednički naziv za:

- čvrsti parafin,
- cerezin,
- vazelin (medicinski i kozmetički)

## Bitumen

Bitumen je smolasta, viskozna, tamno obojena tvar, smjesa je pretežito aromatskih heterocikličkih ugljikovodika, nalazi se i u prirodi, a najviše se dobiva obradom rafinerijskih ostataka nafte.

U širem smislu bitumeni su većina organskih tvari u zemljinoj kori; nafta, prirodni plin, bit. ugljen, škriljavci i prirodni asfalt

Postoji više vrsta bitumena koji se razlikuju u svojstvima, a najpoznatiji je *asfaltni bitumen* za proizvodnju asfalta u kombinaciji s agregatima kamena i služi u građevinarstvu.

## Motorna goriva i utjecaj na okoliš

Pri nabranju i opisu motornih goriva, posebice motornog benzina i dieselskog goriva navedena su neka ograničenja vezana uz udjele pojedinih sastojaka u tim gorivima, posebice s aspekta njihovog utjecaja na okoliš. Taj utjecaj ispoljava se kroz utjecaj dimnih plinova koji nastaju u procesu izgaranja, temeljnoj energetske pretvorbi u kojoj goriva kao nositelji kemijske energije kroz različite termodinamičke promjene u odgovarajućim uređajima proizvode prvenstveno mehanički rad. Euro norme govore o dopuštenim emisijama pojedinih sastojaka dimnih plinova. Te norme imaju svoju evoluciju i postupno su dovele do vrlo strogih ograničenja u emisiji. Ispočetka je u Europi u ispušnim plinovima automobilskih motora bila ograničena samo emisija CO, a od 1970. godine ograničena je i emisija HC.

Od 1977. ograničena je emisija NO<sub>x</sub> samo za Otto motore, a od 1988. ograničena je i količina krutih čestica (PM) kod Diesel motora.

Od 1992. godine pojedine razine dopuštenih emisija štetnih tvari nose naziv Euro.

Aktualnim propisima (prvenstveno misleći na Europsku Uniju) određene su dopuštene granice emisija štetnih tvari i propisane metode ispitivanja sljedećih štetnih sastojaka:

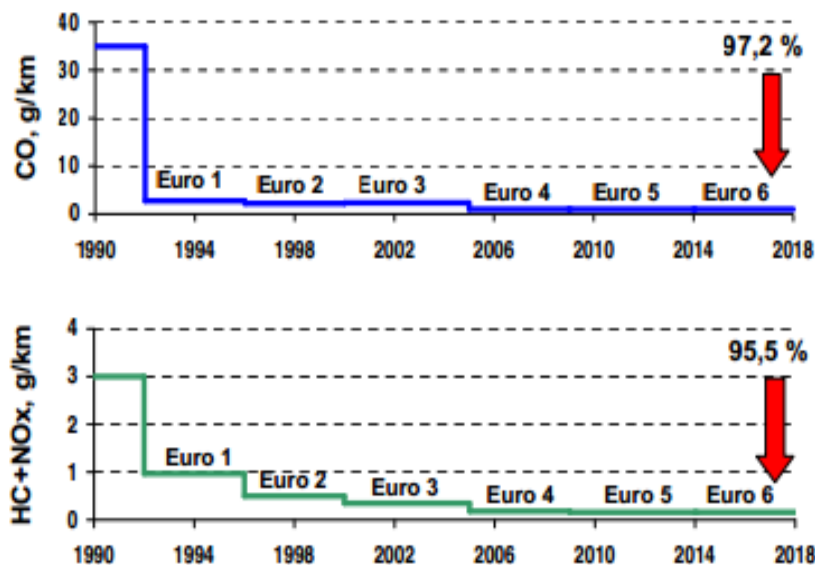
- ugljikovog monoksida (CO),
- ugljikovodika (HC) i
- dušikovih oksida ( $\text{NO}_x$ ).

Kod Diesel motora dodatno je još ograničena i:

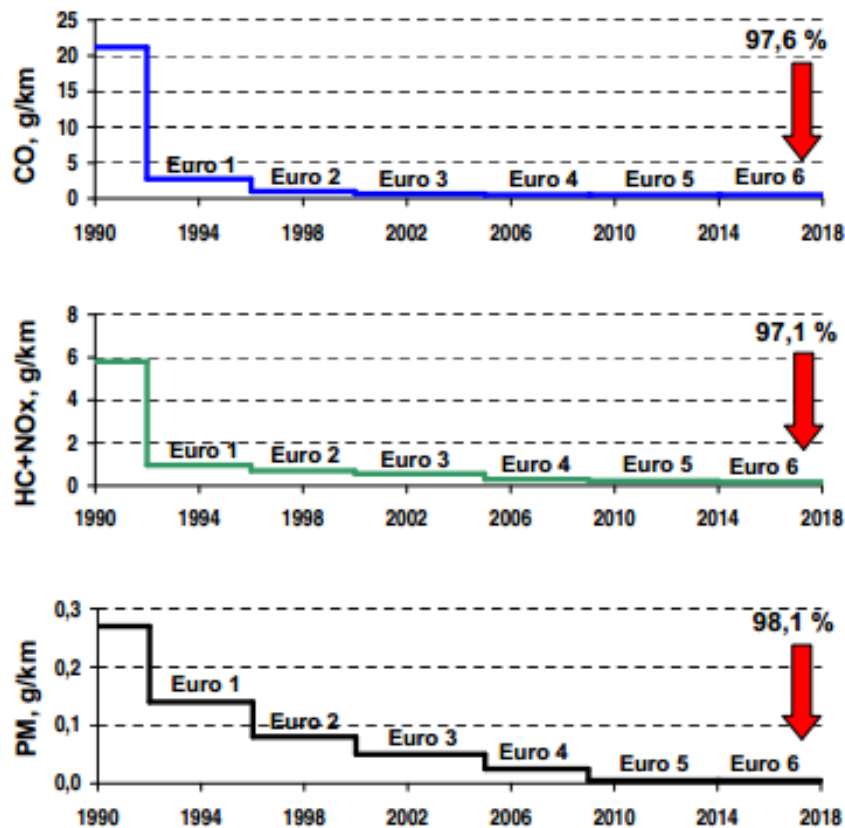
- količina čestica PM (engl. Particulate Matter; najveći dio njih čini čađa),
- neprozirnost ispušnih plinova i nemetanski ugljikovodici (NMHC).

Kod vozila na pogon stlačenim prirodnim plinom ograničena je i količina metana ( $\text{CH}_4$ ) u ispušnim plinovima. Također je ograničena i količina hlapljivih tvari koje vozilo ispušta u okoliš iz spremnika i sustava za gorivo.

Smanjivanje emisija štetnih tvari provodi se kontinuiranim poboljšanjima procesa izgaranja u cilindru motora, pročišćavanjem dimnih plinova nakon što izađu iz motora, poboljšavanjem kvalitete goriva (prvenstveno smanjivanjem sadržaja sumpora), smanjivanjem otpora vožnje i optimiranjem upravljanja radom motora i vozila u cjelini. Slike 9. i 10. grafički prikazuju razvoj normi Euro 1 do Euro 6 za osobna vozila s Otto ili Diesel motorom. Uočljivo je drastično smanjenje dopuštenih emisija svih sastojaka dimnih (ispušnih) plinova. Treba napomenuti da je ograničena i emisija nemetanskih ugljikovodika (NMHC) ali to nije prikazano u ovom grafičkom prikazu.



Slika 9. Emisije pojedinih sastojaka za kategoriju osobnih vozila s Otto motorima od 1990. nadalje (CO-ugljični monoksid, HC-ugljikovodici,  $\text{NO}_x$ -dušični oksidi)

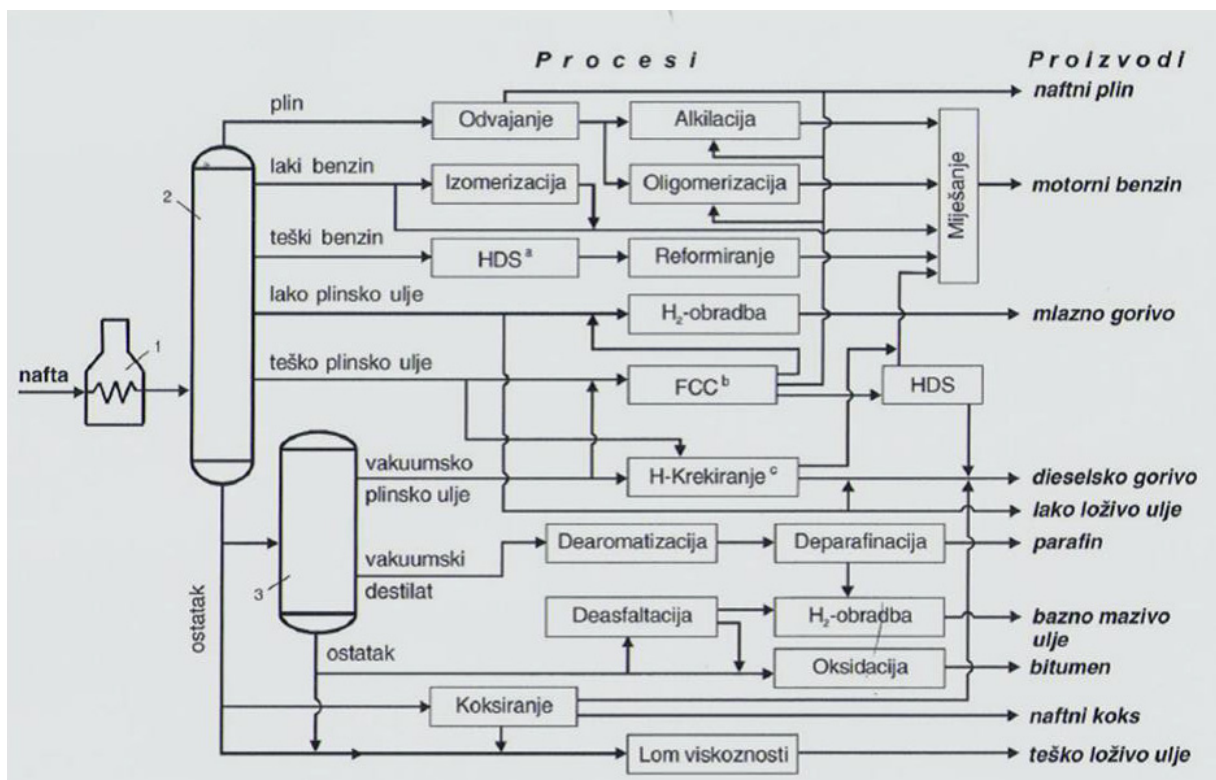


Slika 10. Emisije pojedinih sastojaka za kategoriju osobnih vozila s Diesel motorima od 1990. nadalje (CO-ugljični monoksid, HC-ugljikovodici, NO<sub>x</sub>-dušični oksidi, PM-krute čestice (particulate matter) - većinom čađa)

Kao što je to prikazano za kategoriju osobnih vozila, postoje podaci i za sve ostale kategorije vozila. Također su propisani i načini ispitivanja i mjerenja emisija navedenih sastojaka.

### Prerada nafte

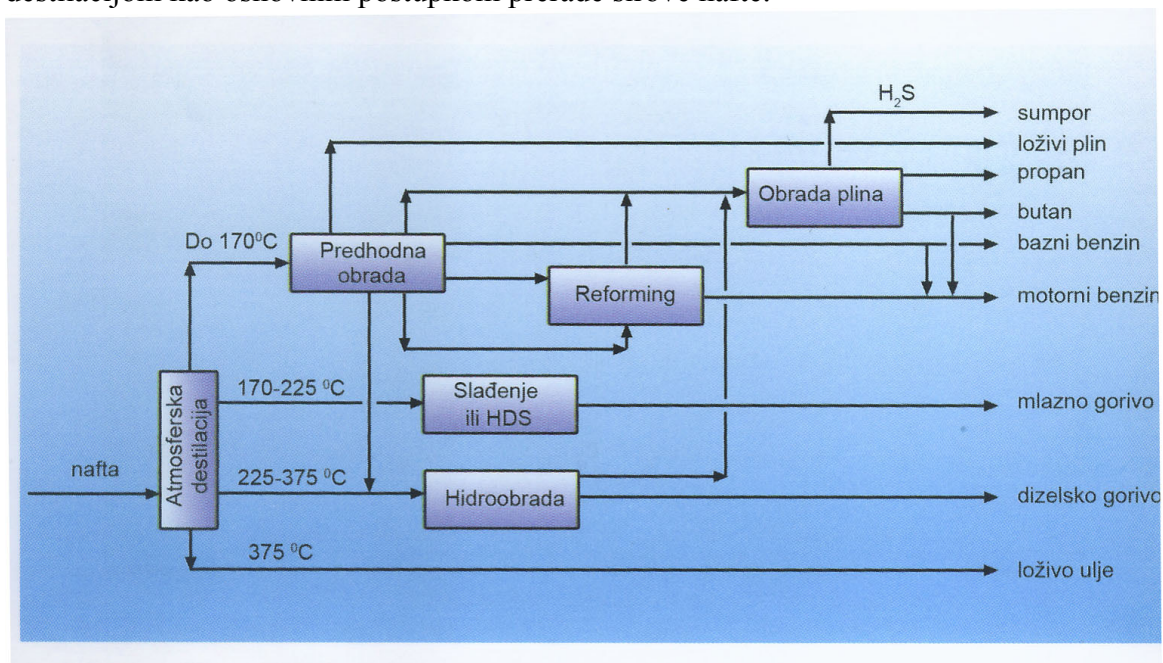
Sirova nafta prerađuje se u rafinerijama. Zbog svojeg složenog sastava nafta se u rafinerijama prerađuje u nizu tehnoloških operacija (slika 11.). Prerada nafte bazira se na principu destilacije odn. razdvajanja frakcije na temelju različitih vrelišta te na ostalim postupcima kojima je cilj što bolje iskorištenje sirovine. Rafinerije se razlikuju po svojoj složenosti tj. kompleksnosti. U svojoj povijesti, a posebno u zadnjih četrdesetak godina rafinerije su snažno modernizirale jer je to bio jedini način opstanka na tržištu. Naime, do početka 70-tih i vremena jeftine i lako dostupne nafte rafinerije su bile razmjerno jednostavne što je imalo za posljedicu veliku količinu neiskorištene sirovine jer se prerada temeljila na atmosferskoj destilaciji (tzv. hydroskiming rafinerije). Prvi korak prema boljem iskorištenju „atmosferskog ostatka“ je uvođenje vakuumske destilacije kojom se prerađuju frakcije s višim vrelištem koje se ne mogu preraditi u postupku atmosferske destilacije. No, ni vakuumska destilacija nije u mogućnosti u potpunost preraditi „atmosferski ostatka.“ Razvija se niz postupaka koji povećavaju iskorištenje sirovine i/ili povisuje kvalitetu proizvoda posebno u pogledu utjecaja motornih goriva na okoliš što je već prethodno objašnjeno.



Slika 11. Temeljni procesi i proizvodi prerade nafte (izvor: Z. Janović: Naftni i petrokemijski procesi i proizvodi, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, 2005.). Tumačenje oznaka 1-peć, 2-atmosferska destilacija, 3-vakuumska destilacija, <sup>a</sup>hidrodesulfurizacija, <sup>b</sup>katalitičko krekiranje, <sup>c</sup>hidrokrekiranje.

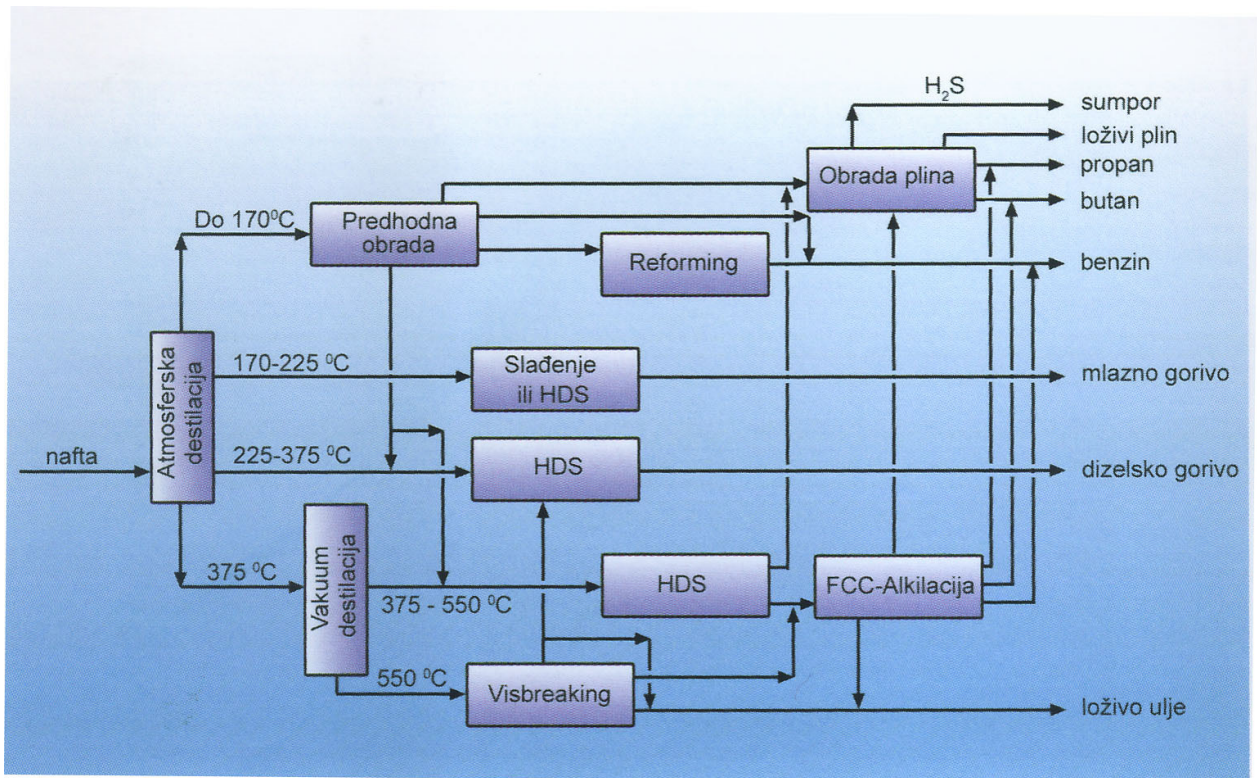
Svaka rafinerija neće imati zastupljene sve navedene postupke. U nastavku je dan primjer nekoliko tipova rafinerija koje se razlikuju po svojoj kompleksnosti. Sheme su preuzete iz knjige E. Cerića: Nafta, procesi i proizvodi, INA Industrija nafte d.d. i Kigen d.o.o., 2006.

Slika 12. prikazuje shemu jednostavne (hydroskimming) rafinerije s atmosferskom destilacijom kao osnovnim postupkom prerade sirove nafte.



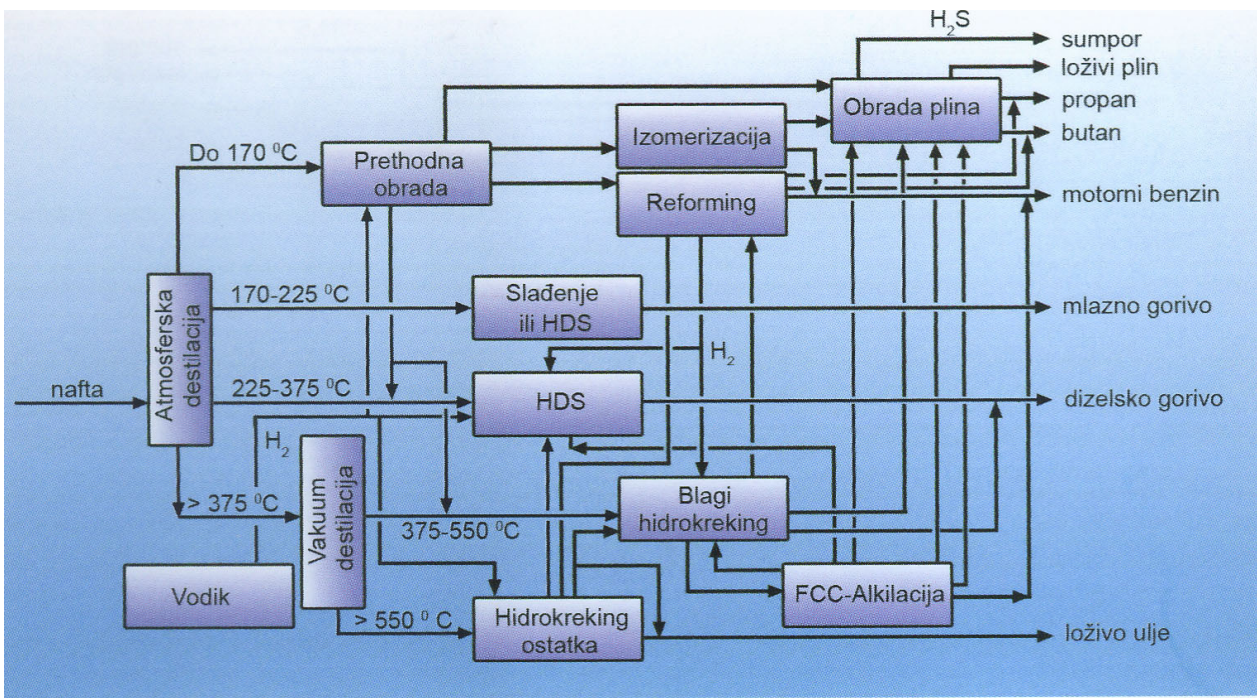
Slika 12. Shema jednostavne (hydroskimming) rafinerije

Slika 13 prikazuje složenije postrojenje prošireno vakuumskom destilacijom i katalitičkim krekingom (FCC). Kreking je postupak cijepanja velikih molekula u male.



Slika13. Kompleksna rafinerija s katalitičkim krekingom

Slika 14. prikazuje rafineriju duboke konverzije s hidrokrekingom „vakuumskog ostatka“. Uz ove navedeni postoje i drugi tipovi rafinerija



Slika 14. Rafinerija duboke konverzije s hidrokrekingom vakuum ostatka



Tablica 4. Usporedba udjela pojedinih vrsta proizvoda za tipove rafinerija prikazane slikama 12., 13. i 14.

Proizvodi, % maseni	Tip rafinerije		
	jednostavna	kompleksna	duboke konverzije
loživi plin	1,8	4,4	4,1
propan/butan/UNP	1,6	2,9	3,4
bazni benzin	2,0		
motorni benzin	15,9	36,2	30,3
mlazno gorivo	9,8	9,6	9,5
dizelsko gorivo	25,3	27,2	46,1
<b>ulje za loženje</b>	<b>43,3</b>	<b>18,8</b>	<b>5,2</b>
sumpor		0,9	1,4

U tablici 4. dana je usporedba Uočljiv je veliki „atmosferski ostatak“ u vidu ulja za loženje od preko 40% kod rafinerije jednostavnog tipa. Upravo to ukazuje na potrebu uvođenja novih postupaka koji će dovesti do smanjenja tog postotka jer tržišna vrijednost ulja „atmosferskog ostatka“ niža je od tržišne vrijednosti sirovine. Zbog toga je rentabilnost i opstanak takve rafinerije vrlo upitna. Modernizacijom rafinerija i uvođenjem novih postupaka postotak ulja za loženje se bitno smanjuje, pa tako kod rafinerije duboke konverzije pada na 5,2% s time da ga je moguće svesti i na nulu. Modernizacijom rafinerija raste udio proizvedenog propana i butana koji zajedno čine ukapljeni naftni plin (UNP) i bijelih derivata, motornog benzina i dizelskog goriva kojipostizu visoku cijenu na tržištu.

Modernizacija rafinerija zahtijeva velike investicije, ali je uvjet opstanka na tržištu. Istovremeno, potrošnja energije s porastom kompleksnosti odn. složenosti rafinerije raste zbog uvođenja novih postupaka obrade.