

OPTIMIZACIJA ALOKACIJE RESURSA U NAFTNOJ PRIVREDI JUGOSLAVIJE

*Nikica GRUBIŠIĆ**

1. UVOD

Sistem jugoslavenske naftne privrede sastoji se iz republičkih i pokrajinskih podsistema. Dok su republike i pokrajine gradile svoje, međusobno slabo ili nikako povezane, sisteme, na saveznom nivou su, uglavnom (ekonomski) neadekvatno: propisivane cijene nafte i derivata; reguliran uvoz nafte, njene raspodjele i načina prerade po rafinerijama.

Takav način razvoja sistema naftne privrede zemlje, koji se odvijao u stalnom sukobu interesa republika i pokrajina, nužno je implicirao neracionalnost njegove egzistencije, kako na saveznom, tako i na republičko-pokrajinskim nivoima.

U Jugoslaviji ne postoji izrađena ekonomika suvremene naftne privrede zemlje, pa ni strategija njena razvoja, a nisu rađene ni kompleksne matematičko-ekonometrijske analize. Stoga je u ovom radu, matematičkim programiranjem (metodama linearnog programiranja), izvršena optimizacija postojećeg, kao i dograđenog sistema naftne privrede zemlje (proizvodnja i uvoz nafte, transport nafte, prerada nafte, transport naftnih derivata).

2. MODEL JUGOSLAVENSKE NAFTNE PRIVREDE

2.1. Polazne pretpostavke

Model jugoslavenske naftne privrede sastoji se iz tri dijela: transporta nafte do rafinerija, prerade nafte, te transporta tako proizvedenih derivata do potrošačkih centara.

Zbog svoje jednostavnosti problem transporta nafte ne mora biti nužno izdvojen, već ga se može promatrati kao sastavni dio problema prerade (preko cijena sirovina). Na taj način će neka sirovina, dopremljena do neke rafinerije jednim prometnim putem, biti

* INA — Razvoj i istraživanje.

iskazana kao različita od te iste sirovine dopremljene nekim drugim (alternativnim) putem, po osnovi međusobno različitih cijena, uvjetovanih različitim transportnim troškovima.

Problem prerade za svaku od rafinerija može biti opisan na jednostavniji ili složeniji način, ovisno o raspoloživim podacima ili tehnološkoj složenosti svakog pojedinog rafinerijskog sistema.

Problem transporta naftnih derivata, ovisno o potrebi, može biti manje ili više detaljno razrađen. S obzirom na obuhvat modela, prerade i transporta na nivou zemlje, suviše velikom detaljizacijom problema transporta naftnih derivata, puno se više komplicira rad na samom modelu, nego što se dobiva na vrijednosti rezultata.

U svakom slučaju, neophodno je uključiti mogućnost dvofaznog transporta, radi ostvarivanja pretpostavke korišćenja kombiniranog transporta, npr. morem i željeznicom ili rijekom i željeznicom.

Tako sastavljen model prerade i transporta omogućava postizanje kvalitetnih rezultata (neophodnih za donošenje poslovnih odluka) o: lokaciji rafinerija, investicijama u rafinerijske kapacitete, uvozu, raspodjeli i načinu prerade nafte, transportu nafte i derivata, itd.

2.2. Matematička formulacija modela

Strogu matematičku formulaciju modela prerade i transporta moguće je izvesti pošto pretpostavimo slijedeće:

Neka je u sistemu naftne privrede zemlje prisutno R rafinerija R_1, R_2, \dots, R_R . Svaka od rafinerija se sastoji od P različitih tehnoloških procesa, odnosno postrojenja za preradu P_1, P_2, \dots, P_P .

Nadalje, neka se u svakoj rafineriji može prerađivati S različitih sirovina S_1, S_2, \dots, S_S , iz kojih se tokom prerade dobiva F produkata prerade (frakcija) F_1, F_2, \dots, F_F .

Na nivou svake od rafinerija, produkti prerade mogu biti raspoređeni na ukupno N različitih poluproizvoda N_1, N_2, \dots, N_N .

Označimo s a_{sf}^{rp} udio f -te frakcije (produkta prerade) u s -toj sirovini koja se prerađuje u p -tom postrojenju r -te rafinerije, a s v_s^{rp} nepoznatu količinu s -te sirovine koju je neophodno preraditi u p -tom postrojenju r -te rafinerije pri optimalnoj preradi (samo prvih S' sirovina koje se prerađuje u atmosferskoj destilaciji su sirove nafte). Na-

dalje, označimo s w_{fn}^{rp} nepoznatu količinu f -te frakcije n -te namjene iz p -tog postrojenja r -te rafinerije pri optimalnoj preradi (i predstavlja ju, uz ostalo, i preostalih $S' + 1, \dots, S$ sirovina za preradu u narednim postrojenjima, što slijede nakon atmosferske destilacije).

Svaka rafinerija može proizvesti sve ili samo dio od G različitih derivata (gotovih proizvoda) G_1, G_2, \dots, G_G , mješanjem ukupno M različitih komponenti (poluproizvoda date namjene) M_1, M_2, \dots, M_M . Komponente se miješaju, za svaki od G proizvoda, po osnovi K različitih kvalitativnih svojstava (karakteristika) K_1, K_2, \dots, K_K .

Sad, označimo s y_m^{rs} neophodnu proizvodnju m -te komponente, dijela g -tog derivata nafte (kao gotovog proizvoda) u r -toj rafineriji, a s d_{km}^{rs} diferenciju stvarne i potrebne vrijednosti k -tog svojstva m -te

komponente da bi svojom kvalitetom odgovarala g -tom derivatu nafte kao gotovom proizvodu.

Radi normalnog odvijanja procesa prerade, svaka će rafinerija za vlastite energetske potrebe utrošiti H komponenti (poluproizvoda) H_1, H_2, \dots, H_H .

Označimo sa z_h^r količinu h -te komponente neophodne za vlastitu potrošnju r -te rafinerije, a sa e_h^r (uvjetnu) energetska vrijednost te iste h -te komponente za vlastitu potrošnju r -te rafinerije, odnosno sa e^{rp} (uvjetnu) energetska vrijednost neophodnu za normalno odvijanje prerade jedinice (bilo koje) sirovine u p -tom postrojenju r -te rafinerije.

Nadalje, označimo sa q^{rp} maksimalni kapacitet prerade za p -to postrojenje r -te rafinerije.

Nasuprot R rafinerija, kao ishodišnih centara za svaki od G derivata nafte, nalaze se J odredišta, odnosno mikroregionalnih potrošačkih centara J_1, J_2, \dots, J_J , odnosno I skladišnih, pretovarnih instalacija I_1, I_2, \dots, I_I . Transport se može obaviti sa T različitih transportnih sredstava T_1, T_2, \dots, T_T .

Također, nasuprot $\sum_{m=1}^M y_m^{rg}$, odnosno minimalno potrebnoj pro-

izvodnji g -tog derivata nafte u r -toj rafineriji, tj. ponudi g -tog derivata od strane r -tog proizvodnog centra, javlja se iskazana potražnja, b_j^g , za tim istim g -tim derivatom nafte, od strane j -tog potrošačkog centra.

Označimo sa x_{rj}^{gt} količinu g -tog derivata nafte koju je neophodno transportirati t -tom vrstom transporta (direktno) od r -te rafinerije do j -tog mikroregionalnog potrošačkog centra, odnosno sa x_{ri}^{gt} količinu g -tog derivata koju je potrebno prevesti t -tom vrstom transporta od r -te rafinerije (samo) do i -tog skladišta, da bi potom, x_{ij}^{gt} predstavljalo količinu g -tog derivata, naknadno (dakle posredno) transportiranu t -tom vrstom transporta od i -tog skladišta do j -tog potrošačkog centra.

Nadalje, označimo sa $q'_i{}^g$ maksimalni kapacitet i -tog skladišta, koji se odnosi na g -ti derivat nafte, odnosno sa $q'_{rj}{}^{gt}$, $q'_{ri}{}^{gt}$, $q'_{ij}{}^{gt}$, kapacitete za svaku rutu (r, j) , (r, i) , (i, j) , za g -ti derivat i t -tu vrstu transporta.

Potrebno je zadovoljiti potrebe u zemlji za naftnim derivatima, i to tako da pri tome bude ostvarena minimalna vrijednost: utroška nafte, troškova njihova transporta do rafinerija i troškova transporta derivata nafte od rafinerija do potrošača u zemlji.

U tu svrhu, definirajmo još i: $c_s{}^{r1}$ kao vrijednost (cijenu) nafte sa atmosforskoj destilaciji r -te rafinerije, $c_{rj}{}^{gt}$ kao trošak transporta g -tog derivata t -tom vrstom transporta od r -te rafinerije do j -tog potrošačkog centra, $c_{ri}{}^{gt}$ kao trošak transporta g -tog derivata t -tom vrstom transporta od r -te rafinerije do i -tog regionalnog (pretovarnog) skladišta, $c_{ij}{}^{gt}$ kao trošak transporta g -tog derivata t -tom vrstom transporta od i -tog skladišta do j -tog potrošačkog centra.

Dakle, traži se:

$$\text{Min} \sum_{s=1}^{S'} \sum_{r=1}^R c_s{}^{r1} v_s{}^{r1} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T c_{rj}{}^{gt} x_{rj}{}^{gt} + \quad (01)$$

$$+ \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^I \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T c_{rj}^{gt} x_{rj}^{gt} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T c_{ij}^{gt} x_{ij}^{gt}$$

gdje I označava atmosfersku destilaciju.
uz slijedeće uvjete:

— za preradu nafte i proizvodnju poluproizvoda;

$$\sum_{s=1}^S a_{sf}^{rp} v_s^{rp} \geq \sum_{n=1}^N w_{fn}^{rp}, \quad \begin{cases} r = 1, 2, \dots, R \\ p = 1, 2, \dots, P \\ f = 1, 2, \dots, F \end{cases} \quad (02)$$

— za mješanje poluproizvoda;

$$\sum_{m=1}^M d_{km}^{rg} y_m^{rg} \begin{cases} \geq 0, \\ \leq 0, \end{cases} \quad \begin{cases} r = 1, 2, \dots, R \\ g = 1, 2, \dots, G \\ \geq \text{za } k = 1, 2, \dots, k' \\ \leq \text{za } k = k' + 1, \dots, K \end{cases} \quad (03)$$

— za vlastitu potrošnju;

$$\sum_{p=1}^P (e^{rp} \sum_{s=1}^S v_s^{rp}) \leq \sum_{h=1}^H e_h^r z_h^r, \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (04)$$

— pri čemu svakako mora biti;

$$\sum_{p=2}^P \sum_{s=S'+1}^S v_s^{rp} + \sum_{g=1}^G \sum_{m=1}^M y_m^{rg} + \sum_{h=1}^H z_h^r = \sum_{p=1}^P \sum_{f=1}^F \sum_{n=1}^N w_{fn}^{rp}, \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (05)$$

— za kapacitete postrojenja;

$$\sum_{s=1}^S v_s^{rp} \leq q^{rp}, \quad \begin{matrix} r = 1, 2, \dots, R \\ p = 1, 2, \dots, P \end{matrix} \quad (06)$$

— za transport derivata od rafinerija (ponuda);

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T x_{rj}^{gt} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T x_{ri}^{gt} \leq \sum_{m=1}^M y_m^{rg}, \quad \begin{matrix} r = 1, 2, \dots, R \\ g = 1, 2, \dots, G \end{matrix} \quad (07)$$

— za transport derivata do potrošačkih centara (potražnja);

$$\sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T x_{rj}^{gt} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T x_{ij}^{gt} \geq b_j^g, \quad \begin{matrix} g = 1, 2, \dots, G \\ j = 1, 2, \dots, J \end{matrix} \quad (08)$$

— za pretovar (u skladištima);

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T x_{ij}^{gt} \leq \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T x_{ri}^{gt}, \quad g = 1, 2, \dots, G \\ i = 1, 2, \dots, I \quad (09)$$

— za kapacitete skladišta;

$$\sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T x_{ri}^{gt} \leq q'_{i^g} \quad i = 1, 2, \dots, I \\ g = 1, 2, \dots, G \quad (10)$$

— za kapacitete transportnih sredstava i ruta;

$$0 \leq x_{rj}^{gt} \leq q'_{rj}^{gt}, \quad \text{za svaki } (r, j, g, t) \\ 0 \leq x_{ri}^{gt} \leq q'_{ri}^{gt}, \quad \text{za svaki } (r, i, g, t) \\ 0 \leq x_{ij}^{gt} \leq q'_{ij}^{gt}, \quad \text{za svaki } (i, j, g, t) \quad (11)$$

Zbog izrazitog sezonskog karaktera potrošnje naftnih derivata često će, radi praktične upotrebljivosti rezultata linearnog programa (01)—(11), biti neophodno pridružiti vremensku komponentu varijabla i na taj način dinamizirati inače statičan program.

Tehnološki koeficijent a_{sf}^{rp} , iz tehnološko-ekonomskih razloga nisu podložni stalnoj promjeni i za određeno vrijeme su stabilni. Uključivanjem pretpostavke o mogućnosti promjene rezova pojedinih frakcija, pa dakle i koeficijenta a_{sf}^{rp} , postiže se dodatna fleksibilnost modela.

Kako izdaci za naftu nisu i jedini varijabilni troškovi pri preradi nafte, to je u funkciju kriterija moguće uključiti i ostale troškove, za additive, energiju i sl.

Zbog visokog stupnja dezagregiranosti procesa prerade nafte i proizvodnje naftnih derivata prisutna je minimalna determiniranost.

Pretpostavka linearnosti je najugroženija kod mješanja komponenti prerade i proizvodnje gotovih proizvoda, budući ti procesi u svim svojim segmentima (npr. oktanski broj benzina) nisu linearni, ali se dadu zadovoljavajuće dobro linearno aproksimirati.

Tek bitnija odstupanja od programiranih kapaciteta mogu također prouzročiti odstupanja od pretpostavljene linearnosti u fazi prerade, ali i u potrošnji energije, odnosno kod troškova u funkciji kriterija.

Preostalo je da se sagledaju negativni efekti pretpostavljene linearnosti i na transportni dio modela.

Ograničenja se uglavnom mogu dobro opisati u linearnoj formi, što ne vrijedi i za funkciju kriterija. Jedinični troškovi transporta ovise i o količini transportirane nafte i njenih derivata, a ne samo o udaljenosti na koju se transportira naftu i njene derivate.

Prije samog rješavanja modela neophodno je, a radi matematičke korektnosti zapisa, urediti nejednadžbe, tj. prilagoditi znakove nejednakosti.

3. OPIS RIJEŠENIH MODELA

Riješeno je više modela. U nastavku će biti prezentirana samo dva. Prvim modelom se optimizira: uvoz i transport raspoložive nafte (1985. godine) do postojećih rafinerija, prerada nafte i transport naftnih derivata postojećim transportnim putovima. Drugim modelom se optimizira: neuvjetovani uvoz i transport nafte do rafinerija (uz postojeće uključene su i pretpostavljene lokacije rafinerija), prerada nafte i transport naftnih derivata (uz postojeće i pretpostavljenim prometnim putovima).

Dakle, dok se prvim modelom optimizira funkcioniranje postojećeg sistema naftne privrede zemlje u 1985. godini, drugim modelom se pokušava sagledati optimalna lokacija rafinerija i prometnih putova u sistemu naftne privrede Jugoslavije.

Prvim modelom je obuhvaćena mogućnost prerade nafte u postojećim rafinerijama na šest lokacija. To su lokacije rafinerija: Rijeka, Lendava, Sisak, Bosanski Brod, Pančevo i Skopje. Lokacija Novi Sad je isključena iz promatranja po pretpostavci o ekonomskoj neopravdanosti egzistencije dviju rafinerija na području Vojvodine (mala proizvodnja nafte na okolnom području).

Granični potrošači dviju susjednih rafinerija su oni kod kojih su izjednačene vrijednosti derivata proizvedenih u tim rafinerijama. Kako su ukupni marginalni troškovi proizvodnje za rafineriju Novi Sad neznatno niži u odnosu na rafineriju Pančevo, to je, uključivanjem u model rafinerije Novi Sad, jedino moguće da ove dvije rafinerije, međusobno podijele potrošačko područje, bez bitnih implikacija po preostale dijelove sistema.

Drugim modelom je obuhvaćena mogućnost prerade nafte u rafinerijama na sedam lokacija. To su lokacije postojećih rafinerija: Rijeka, Lendava, Sisak, Bosanski Brod, Pančevo i Skopje. U model nije uključena lokacija postojeće rafinerije Novi Sad (iz već navedenih razloga), a uključena je lokacija nepostojeće rafinerije Bar.

Premda se još od '50-tih godina u znanstvenim krugovima (vidi npr. [6;13] barska lokacija rafinerije uzima kao vrlo zanimljiva, ovo je prilika da se egzaktno utvrdi njen značaj za sistem naftne industrije Jugoslavije.

Radi prerade i proizvodnje derivata nafte, rafinerijama je dostupno osam različitih tipova nafte. To su, uz domaće nafte proizvođača INA-Naftaplina i Naftagasa, još i: iračka, iranska lagana i teška, sovjetska, libijska i alžirska nafta.

Pri optimizaciji postojećeg sistema naftne privrede (za 1985. godinu) dostupne su količine uvoznih nafte kao u tablici 1.

Za sagledavanje optimalnih lokacija rafinerija pretpostavlja se dovoljna raspoloživost svih nafte, izuzev domaćih čija je raspoloživost limitirana proizvodnjom na domaćim naftnim poljima.

U svakoj od rafinerija (izuzev Bara) prerada nafte se vrši po tehnologiji koja je tamo prisutna. Na barsku lokaciju preslikana je tehnologija rafinerije nafte Rijeka.

U svim rafinerijama (osim u Pančevu), prerada se obavlja kroz postrojenja (po procesima prerade). Za rafineriju Pančevo, zbog neraspoloživosti takvih podataka, omogućava se prerada po osnovi 18 razli-

čitih režima rada na nivou rafinerije. Dakle, u svim rafinerijama, osim u Pančevu, proizvodnja derivata nafte (kao gotovih proizvoda) vrši se mješanjem produkata prerade.

Promatra se potrošnja, pa dakle i proizvodnja pet gotovih proizvoda. To su, skupno: motorni benzini, plinska ulja i ulja za loženje, te pojedinačno: primarni benzin i mlazno gorivo, čime je obuhvaćeno više od 86% ukupne potrošnje derivata nafte u zemlji ili gotovo cjelokupna potrošnja energetskih derivata nafte u zemlji.

Premda se motorni benzini na tržištu javljaju kao dva tipa goriva, modelima je obuhvaćena proizvodnja jedinstvenog goriva s minimalno 95 oktana, miješanjem komponenti prerade na nivou svake rafinerije, po osnovi oktanskog broja.

U skupini plinskih ulja dominira potrošnja dizel-goriva D2, pa je modelima obuhvaćena proizvodnja tog jedinstvenog goriva, koje se na nivou svake od rafinerija dobiva miješanjem komponenti prerade po osnovi viskoznosti i sadržaja sumpora.

I kod ulja za loženje na tržištu egzistira više proizvoda. Modelima je obuhvaćena proizvodnja jedinstvenog ulja za loženje, mješanjem produkata prerade na nivou svake od rafinerija, po osnovi viskoznosti i sadržaja sumpora, na prosječni nivo, ne manje kvalitete od srednje teškog ulja za loženje.

U sva tri slučaja, kod proizvodnje motornih benzina, plinskih ulja i ulja za loženje, kvalitete ne lošije od prosječne, pretpostavlja se mogućnost proizvodnje potrebnih količina goriva slabije i bolje kvalitete.

Na taj način je minimalno pojednostavljen opis procesa proizvodnje, ali su bitno smanjene dimenzije modela.

Transport nafte, do lokacija rafinerija, obavlja se morskim putem do Soluna, Bara (za drugi model) i Rijeke, odnosno naftovodom preko Mađarske (za dio sovjetske nafte), i dalje Jugoslavenskim naftovodom do Lendave, Siska, Bosanskog Broda i Pančeva, odnosno željeznicom do Skopja.

Transport domaće nafte obavlja se lokalnim naftovodima i/ili plovnim riječnim putovima do rafinerija Bosanski Brod, Sisak i Lendava (za naftu proizvedenu u panonskom dijelu Hrvatske), odnosno Pančeva (za naftu s vojvođanskih naftnih polja).

Transport derivata nafte od rafinerija do 58 mjesta potrošnje može se obaviti željeznicom, riječnim ili morskim putem (gdje je to moguće), odnosno kombinirano riječno-željezničkim, odnosno morsko-željezničkim putem (gdje je to moguće).

Za drugi model je pretpostavljeno postojanje direktne (nezaobilazne) željezničke veze Bara i središnjeg dijela Srbije, odnosno Kosova i Makedonije, budući bi postojećim zaobilaznim putovima troškovi transporta derivata nafte vjerovatno bili toliko veliki da ova lokacija rafinerije ne bi bila značajnije uključena u sistem prerade nafte.

Transportiraju se motorni benzini, plinska ulja i najveći dio ulja za loženje. Primarni benzin i mlazno gorivo, te dio ulja za loženje, potrebno je samo proizvesti.

Samo proizvodnja, a ne i transport, ulja za loženje, odnosi se na manji dio potrošnje za koji nije poznat potrošač (direktne isporuke iz rafinerija i sl.).

Slobodna alokacija proizvodnje ovog dijela ulja za loženje u drugom modelu definira poželjnu lokaciju termoelektrane.

Bilo kakva realno moguća alokacija proizvodnje mlaznog goriva, s obzirom na njegovu malu zastupljenost među promatranim proizvodima, ne može bitno deformirati sliku optimalnog načina funkcioniranja sistema naftne privrede. Stoga neobuhvaćanje problema transporta mlaznog goriva samo pojednostavljuje rad na modelu.

Primarni benzin je proizvod specifične namjene. Troši se u petrokemijskoj industriji radi proizvodnje petrokemikalija. U prvom modelu determinirana je njegova proizvodnja na lokacijama rafinerija uz koje se nalazi petrokemijska industrija. U drugom modelu se slobodnom alokacijom njegove proizvodnje, budući nije obuhvaćen njegov transport do unaprijed određenih odredišta, definira i povoljne lokacije petrokemijske industrije.

Radi lakšeg rada na modelima (manjih dimenzija) kao nepotrebna eliminirana je mogućnost transporta derivata iz rafinerija s jednog kraja zemlje (npr. Rijeke) do potrošača na drugom kraju zemlje (npr. u Vojvodinu), posebno kad se između nalaze još tri lokacije rafinerija, kao što je to u navedenom primjeru slučaj.

Pretpostavlja se dovoljna raspoloživost transportnih sredstava, kao i dovoljna propusna moć transportnih putova i pretovarnih instalacija (pri kombiniranom transportu).

Budući se radi sa statičkim modelima, nije uključena mogućnost uvoza ili izvoza naftnih derivata, koja se najčešće javlja kao posljedica sezonskih viškova ili manjkova proizvodnje pojedinih derivata.

Traže se minimalni troškovi nabavke nafte, njena transporta do rafinerija radi prerade i proizvodnje derivata nafte, kao i njihova transporta do potrošača, a da pri tom budu zadovoljene sve potrebe za derivatima nafte u zemlji.

Ovako sastavljeni modeli se sastoje iz nešto više od 1.000 varijabli i nešto manje od 400 ograničenja. Matrice modela se sastoje iz manje od 1% nenultih elemenata.

Modeli su riješeni računarskim programom LINDO/386 (vidi [381]) na računalu COMPAQ Deskpro 386/20e, baziranom na procesoru Intel 80386 i matematičkom koprocessoru Weitek 3167.

Modeli i njihova rješenja, zbog veličine dokumentacije, nisu priloženi ovom radu u cjelosti. Cjelokupna dokumentacija se nalazi kod autora, a radu su priloženi samo osnovni podaci iz modela i rezultata njihovih rješavanja.

Tablica 1.
PRERADA NAFTI U JUGOSLAVENSKIM RAFINERIJAMA
 (u 1985. godini)

	SSSR	Irak	Libija	Alžir	Iran	Ost.	Uvoz ukupno	Domaća nafta »Nftplin« »Nftgas«	Zalihe 1. 1. 85.	Zalihe 31. 12. 85.	10 ³ tona
Rijeka	0	934,5	748,4	552,5	550,4	36,4	2.822,2	0	47,2	2.751,7	117,7
B. Brod	905,3	271,7	176,5	103,4	0	0	1.546,9	153,1	90,0	1.614,0	86,0
Sisak	0	70,0	124,0	0	0	0	194,0	2.444,3	65,0	2.658,9	44,4
Lendava	0	16,1	22,7	10,4	0	0	49,2	403,2	16,3	451,8	16,9
Pančevo	0	1.055,9	667,2	292,9	240,3	66,4	2.322,7	0	21,0	2.655,0	60,0
N. Sad	355,6	221,7	27,9	136,3	52,9	10,3	804,7	0	85,0	1.514,0	63,0
Skopje	578,0	169,0	42,0	0	171,0	0	960,0	0	117,0	1.045,0	32,0

IZVOR: »Statistički bilten«, UONPJ, Beograd, 1985—86.

Tablica 2.

PRERADA NAFTE PO RAFINERIJAMA
(pri optimalnom programu postojećeg sistema)

Tip nafte	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje
Domaća I		323,6	730,9	1.945,5		
Domaća II					1100,0	
Iračka	2.515,1				627,2	
Iranska						
Lagana			449,6		336,7	
Teška	279,9					
Alžirska	924,3				171,8	
Libijska			1.629,5		178,7	
Sovjetska						1.838,6
UKUPNO	3.719,3	323,6	2.807,3	1.945,5	2.414,4	1.838,6

NAPOMENA: DOMAĆA I je nafta proizvođača INA-Naftaplin, DOMAĆA II je nafta proizvođača Nafta-gas

Tablica 3.
 PROIZVODNJA DERIVATA PO RAFINERIJAMA
 (pri optimalnom programu postojećeg sistema)

Vrsta derivata	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje
Motorni benzin	572,8	—	462,2	310,4	219,2	377,1
Primarni benzin	228,4	69,6	0	0	487,5	0
Mlazno gorivo	197,6	—	141,9	0	0	—
Plinska ulja	1.084,0	100,8	1.019,6	787,4	908,9	508,3
Ulja za loženje	1.344,8	144,8	898,8	659,9	626,7	853,0
UKUPNO	3.427,6	315,2	2.522,5	1.757,7	2.242,3	1.738,4

OZNAKE: — , rafinerija ne može proizvesti,
 0 , ne proizvodi u optimalnom programu

× 10³ tona

Tablica 4.
MARGINALNI TROŠKOVI PROIZVODNJE DERIVATA

(dualne cijene pri optimalnom bazičnom rješenju postojećeg sistema)

Vrsta derivata	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje
Motorni benzin	2.540,3	—	2.532,8	2.561,4	2.619,5	2.535,2
Primarni benzin	1.780,6	1.780,6	0	0	2.453,6	0
Mlazno gorivo	3.220,2	—	3.220,2	0	0	—
Plinska ulja	3.220,2	3.258,8	3.220,2	3.248,8	3.307,0	3.313,4
Ulja za loženje	2.760,9	2.805,7	2.817,9	2.846,5	2.904,7	2.911,1
Prosječna cijena prerađene nafte	2.671,0	2.489,4	2.790,0	2.431,3	2.618,6	2.807,9

OZNAKE: — , rafinerija ne može proizvesti,

0 , ne proizvodi u optimalnom programu

dinara po toni

Tablica 5.

VELIČINA GRAVITIRAJUĆE POTROŠNJE RAFINERIJA

(po osnovi minimalnih troškova transporta derivata nafte)*

Za rafineriju	× 10 ³ tona		
	Motorni benzini	Plinska ulja	Ulja za loženje
Bar	104	208	219
Rijeka	476	681	514
Lendava	128	237	206
Sisak	285	695	748
B. Brod	192	596	657
Pančevo	499	1.235	1.657
Skopje	258	561	585

*) — kao i pripadajuća potrošnja primarnog benzina i mlaznog goriva

Tablica 6.
 PRERADA NAFTE PO RAFINERIJAMA
 (pri optimalnom programu modificiranog sistema)

Tip nafte	Bar	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje
Domaća I			323,6	730,9	1.945,5		
Domaća II						1.100,0	
Iračka	3.932,5	2.714,1		911,3		301,3	
Sovjetska							1.038,4
UKUPNO	3.932,5	2.714,1	323,6	1.642,2	1.945,5	1.401,3	1.038,4

NAPOMENA: DOMAĆA I je nafta proizvođača INA-Naftaplin, DOMAĆA II je nafta proizvođača Nafta-gasa

× 10³ tona

Tablica 7.
 PROIZVODNJA DERIVATA PO RAFINERIJAMA
 (pri optimalnom programu modificiranog sistema)

Vrsta derivata	× 10 ³ tona							
	Bar	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje	
Motorni benzini	491,1	341,8	—	288,6	310,4	296,7	212,9	
Primarni benzin	346,7	240,7	69,6	0	0	128,4	0	
Mlazno gorivo	228,4	111,2	—	0	0	0	—	
Plinska ulja	1.157,5	846,2	100,8	665,9	787,4	564,1	287,1	
Ulja za loženje	1.438,3	992,3	144,8	526,9	659,9	284,1	481,7	
UKUPNO	3.662,0	2.532,0	315,2	1.481,4	1.757,7	1.273,3	981,7	

OZNAKE: — , rafinerija ne može proizvesti,
 0 , ne proizvodi u optimalnom programu

Tablica 8.
MARGINALNI TROŠKOVI PROIZVODNJE DERIVATA
 (dualne cijene pri optimalnom bazičnom rješenju modificiranog sistema)

Vrsta derivata	Bar	Rijeka	Lendava	Sisak	B. Brod	Pančevo	Skopje
Motorni benzini	3.345,1	3.410,2	—	3.421,9	3.367,5	3.425,7	3.428,9
Primarni benzin	2.501,1	2.501,1	2.501,1	0	0	2.501,1	0
Mlazno gorivo	2.886,6	2.886,6	—	0	0	0	—
Plinska ulja	2.886,6	2.886,6	2.936,8	2.941,4	2.964,7	3.022,9	3.010,3
Ulja za loženje	2.619,1	2.619,1	2.667,1	2.676,1	2.704,7	2.762,8	2.742,8
Prosječna cijena prerađene nafte	2.601,4	2.610,1	2.489,4	2.582,9	2.431,3	2.446,4	2.807,9

OZNAKE: — , rafinerija ne može proizvesti,
 0 , ne proizvodi u optimalnom programu

dinara po toni

4. OPTIMALNA PRERADA NAFTE

Minimalni troškovi nabavke nafte, transporta nafte do rafinerija radi prerade i proizvodnje derivata nafte, te njihova transporta do potrošača, bili bi, 1985. godine $35.404,44 \times 10^6$ dinara (konvertibilnih s početka 1990. godine) ili $2.950,4 \times 10^6$ USD.

Za proizvodnju $12.003,7 \times 10^3$ tona naftnih derivata (iz tablice 3) bilo je potrebno preraditi $13.048,7 \times 10^3$ tona nafte (kao u tablici 2). Prerađena je cjelokupna proizvodnja domaće nafte, te bar onoliko svake od uvoznih nafte, koliko je prerađeno u 1985. godini.

Stoga je, uz sve probleme što ih implicira primjena statičnog modela bez uvoza/izvoza derivata, moguće sagledati suboptimalnost funkcioniranja sistema naftne privrede zemlje (usporedi tablice 1 i 2).

Evidentno je značajno odstupanje stvarnog od optimalnog načina funkcioniranja sistema naftne privrede. Izrazito je potcijenjen značaj rafinerija Rijeka i Skopje, koje su 1985. godine preradile za 1, odnosno 0,8 mil. tona nafte manje nego li su trebale po optimalnom programu, dok je uloga vojvođanskih rafinerija (Pančevo i Novi Sad) izrazito precijenjena, s preradom većom za više od 1,5 mil. tona u odnosu na optimalni program.

Odstupanja su posljedica načina raspodjele nafte, po SOUR-ima naftne industrije od strane države na bazi instaliranih kapaciteta atmosferskih destilacija. Usljed takva načina raspodjele nafte, rafinerije ne samo da su među kapacitete ubrajale odavno nepostojeće, već su 80-tih godina prišle i izgradnji novih kapaciteta. Dok je u većini evropskih zemalja došlo do zatvaranja i više od 1/4 rafinerijskih kapaciteta (od 1976. do 1982. godine), u Jugoslaviji je 1982. godine puštena u rad rafinerija Skopje a uskoro i proširen kapacitet rafinerije Novi Sad.

Prema optimalnom programu 1985. godine su nepovoljno raspoređene i nafte (različite kvalitete) po rafinerijama.

Država pri raspodjeli nafte razlikuje samo dvije vrste nafte, klirinšku (povoljniji uvjeti plaćanja) i konvertibilnu (nepovoljniji uvjeti plaćanja). Domaća nafta se poistovjećuje s klirinškom i onda zajedno s uvoznom raspoređuje po SOUR-ima naftne industrije, kako bi svakog od njih dopala podjednaka količina klirinške i konvertibilne nafte.

I jedno i drugo odstupanje od optimalnog programa, kao posljedica državnog utjecaja na raspodjelu nafte, prisutno je i prije i poslije 1985. godine.

Slabo korištenje kapaciteta Jugoslavenskog naftovoda (1985. godine ispod 1/4), po optimalnom programu trebalo je biti još i znatno slabije, što ozbiljno dovodi u sumnju potrebu njegove egzistencije.

Prema optimalnom rješenju (vidi tablicu 3), najveća proizvodnja naftnih derivata je pripala rafineriji Rijeka radi podmirenja potreba potrošača motornih benzina i plinskih ulja iz Crne Gore, središnje Bosne, Hercegovine, priobalnog dijela zemlje i većeg dijela Slovenije. Uz te, potrošači ulja za loženje s još šireg područja Hrvatske (sve do Zagreba) gravitiraju rafineriji Rijeka.

Drugo po veličini je gravitirajuće područje rafinerije Sisak. Ovo područje uključuje potrošače iz zapadnih dijelova Bosne (Banja Luka,

Prijedor), središnje Hrvatske i sjeveroistočnog dijela Slovenije, a za loživa ulja još i sjeverozapadni dio Srbije.

Rafineriji Pančevo gravitiraju potrošači s područja Banata i manjeg dijela Srbije za motorne benzine i ulja za loženje, a za plinska ulja i s većeg dijela Srbije.

Potrošačima iz zapadne Vojvodine (Srijem i Bačka) te dijela Srbije, racionalnije je opskrbljivati se derivatima nafte iz rafinerije Bosanski Brod u odnosu na rafineriju Pančevo. Rafineriji Bosanski Brod gravitiraju i potrošači najvećeg dijela Slavonije, te zapadne i manjeg dijela središnje Bosne.

Rafineriji Skopje gravitiraju potrošači iz Makedonije, s Kosova i južnih dijelova Srbije.

Najmanje potrošačko područje ima rafinerija nafte Lendava. Sačinjava ga tek dio potrošača (plinskih i ulja za loženje) iz njene bliže okolice (mikroregija Maribora i Varaždina).

Upravo opisana gravitirajuća područja rafinerija, po optimalnom programu, bitno se razlikuju od stvarnih gravitirajućih područja.

Stvarna gravitaciona područja rafinerija određena su na razini SOUR-a naftne industrije, odnosno domicilnog distributera derivata nafte. Kako svaka republika i pokrajina Vojvodina ima vlastitu trgovačku kuću, to je uglavnom tržište derivata nafte u zemlji podijeljeno po republikama i pokrajinama. Iz proizvodnje rafinerija sistema INA, pored Hrvatske pokriva se područje Slovenije (Petrol, Ljubljana) i Crne Gore (Jugopetrol, Kotor), a proizvodnje rafinerija sistema Nafagas područje Srbije (Jugopetrol, Beograd). Tako definirana distribuciona područja značajno determiniraju i preradu nafte po rafinerijama, budući je minimalna ili je čak ni nema, razmjena derivata nafte među SOUR-ima naftne industrije.

5. OPTIMALNE LOKACIJE RAFINERIJA

Rješavanje podmodela transporta derivata nafte, modela prerade i transporta (01)—(11), omogućeno je definiranje gravitirajućih područja rafinerija po osnovi minimalnih troškova transporta derivata nafte.

Prema rješenju linearnog programa (vidi tablicu 5) lokaciji rafinerije Pančevo pripala je najveća proizvodnja, uvjetovana najvećom potrošnjom derivata nafte na gravitirajućem joj području.

Pančevo se nalazi u poljoprivredno i industrijski razvijenom dijelu zemlje, s dobro razvijenom prometnom infrastrukturom i gusto naseljenom području. Budući je značajno udaljena od susjednih joj lokacija rafinerija, s juga (Bar i Skopje), ovoj lokaciji gravitiraju potrošači s područja Vojvodine, sjevernih i središnjih dijelova Srbije.

Područja s najmanjom potrošnjom gravitiraju lokacijama rafinerija Bar i Lendava.

Od lokacije Bar dosta su udaljene susjedne lokacije rafinerija (a to su sve ostale u zemlji), pa joj dakle i gravitira prilično veliko područje (Crna Gora, južna Dalmacija i Hercegovina). Zbog relativno niskog stupnja razvijenosti najvećeg dijela ovog područja, potrošnja derivata nafte na njemu je mala.

Kod lokacije rafinerije nafte Lendava slučaj je upravo obrnut. Ova lokacija se nalazi na najrazvijenijem dijelu zemlje, ali periferno i puno bliže lokacijama rafinerija Rijeka i Sisak. Stoga lokaciji rafinerije Lendava gravitiraju tek potrošači mikroregija Maribora, Celja i Varaždina.

Potrošači s najvećeg dijela Slovenije (izuzev Maribora i Celja), primorskog dijela zemlje (od Kopra do Splita, Like i Gorskog Kotara, gravitiraju lokaciji rafinerije Rijeka.

Lokacija rafinerije Sisak nalazi se u blizini mikroregije Zagreb gdje je koncentrirana velika potrošnja derivata nafte. Iako okružena, na maloj udaljenosti, s lokacijama rafinerija Rijeka, Lendava i Bosanski Brod, ovoj lokaciji gravitiraju još i potrošači s područja Bjelovara, Daruvara, Banja Luke, Prijedora i Karlovca.

Zbog nižih troškova transporta derivata nafte iz Bosanskog Broda, u odnosu na lokacije Sisak, Pančevo i Bar, ovoj lokaciji rafinerije gravitiraju potrošači s najvećeg dijela Slavonije (središnji i istočni dijelovi), te istočne i središnje Bosne.

Potrošnja s područja Makedonije, Kosova i južnih dijelova Srbije, zbog veće udaljenosti od Pančeva, pa dakle i viših troškova transporta, gravitiraju bližoj lokaciji rafinerije Skopje.

Na osnovi ovih rezultata (iz tablice 5), uz pretpostavku minimalnog, ekonomski opravdanog, kapaciteta rafinerije od 2 mil. tona, kao potencijalno opravdane mogu se uzeti lokacije rafinerija Rijeka, Sisak, Bosanski Brod, Pančevo i Skopje.

To su one lokacije rafinerija (izuzev Lendave) koje i egzistiraju u sistemu naftne industrije zemlje. Rafinerija Lendava i onako ima kapacitet bitno manji od 2 mil. tona.

Dakle ova rješenja i zaključci vrijede samo uz pretpostavku da su troškovi proizvodnje derivata nafte za sve rafinerije isti. U tom slučaju je granica između potrošača dviju susjednih rafinerija formirana na bazi troškova transporta derivata nafte, a granični potrošači su oni kod kojih je trošak transporta derivata nafte jednak u odnosu na susjedne lokacije rafinerija.

Međutim, čak i ako pretpostavimo da su potencijalno sve promatrane lokacije rafinerija u istom položaju s aspekta fiksnih troškova, lokacije rafinerija su međusobno u bitno različitom položaju prema izvorima sirovina, pa dakle i troškovima prerade nafte i proizvodnje naftnih derivata, s obzirom na različite troškove transporta nafte.

Dominantni troškovi proizvodnje naftnih derivata su troškovi nabavke nafte i njena transporta do rafinerija, pa je stoga i riješen model (01) — (11) čiji rezultati će bitno korigirati prethodne zaključke. Ovo se posebno odnosi na položaj lokacije Bar (vidi tablicu 6).

S obzirom na potrebu velikog i sve većeg uvoza zemlji potrebne nafte, lokaciji Bar nužno pripadaju najniži troškovi transporta te uvozne nafte.

Niži troškovi nabavke i transporta sirovine impliciraju niže troškove proizvodnje gotovih proizvoda, što uz iste troškove transporta derivata nafte, ima za posljedicu širenje gravitacionog područja date rafinerije. Dolazi do udaljavanja granice izjednačene vrijednosti derivata, kod potrošača, iz Bara u odnosu na Rijeku, Bosanski Brod, Pančevo i Skopje.

Potrošači motornih benzina s najvećeg dijela obale, središnje Bosne, Hercegovine, Crne Gore, Kosova, velikog dijela Srbije, sad gravitiraju lokaciji rafinerije Bar.

Plinska ulja, baš kao i ulja za loženje, proizvedena u rafineriji Bar, jeftinija su potrošačima s još šireg područja Srbije i Makedonije, u odnosu na one proizvedene u rafinerijama Pančevo i Skopje.

Dakle lokacija Bar postaje središnja lokacija rafinerije u sistemu naftne industrije zemlje, s daleko najvećim potrošačkim područjem u zemlji (vidi tablicu 7).

Druga po veličini potrošačkog područja je lokacija rafinerije Rijeka. Rijeci gravitiraju potrošači motornih benzina s područja najvećeg dijela Slovenije, sjevernog primorja, Like i Gorskog Kotara (sve do Karlovca). Uz potrošače plinskih ulja i ulja za loženje iz Slovenije, još šire područje Hrvatske gravitira riječkoj rafineriji.

Treća po veličini gravitacionog područja je rafinerija Bosanski Brod. Ovoj rafineriji gravitiraju potrošači s područja najvećeg dijela Slavonije, zapadne Vojvodine, te istočnih i središnjih (za loživa ulja) dijelova Bosne.

Lokacije rafinerija Lendava i Skopje dobivaju sekundarni značaj u okviru podsistema potrošnje rafinerija Bar, Rijeka i Bosanski Brod.

Posebno je zanimljiv položaj lokacija rafinerija Sisak i Pančevo, koje su relativno blizu domaćim naftnim poljima, ali i velikim potrošačkim područjima Zagreba i Beograda s okolicama. Lokacija rafinerije Sisak je bliža, od Bosanskog Broda i Pančeva, i uvoznim prekomorskim naftama.

Dok je lokacijama rafinerija Bar i Rijeka uz niže troškove transporta dostupna uvozna nafta, a lokaciji Bosanski Brod, uz iste uvjete, domaća nafta iz Slovenije, lokacije Lendava i Skopje ostale su periferno u odnosu na uvoznju naftu, ali i velika potrošačka područja.

5.1. Osjetljivost i uvjeti egzistencije optimalnog rješenja

Sve potrebe u zemlji za derivatima nafte, u 1985. godini, bilo je moguće zadovoljiti uz minimalne troškove (nabavke i transporta nafte do rafinerija radi prerade i proizvodnje derivata nafte, te njihova transporta do potrošača) od $34.144,5 \times 10^6$ dinara (konvertibilnih, s početka 1990. godine), ili $2.845,4 \times 10^6$ USD.

Za proizvodnju $12.003,4 \times 10^3$ tona derivata nafte (kao u tablici 7) neophodno je bilo preraditi $12.997,6 \times 10^3$ tona nafte (kao u tablici 6).

Pri optimalnom rješenju potrebno je preraditi cjelokupnu količinu u zemlji proizvedene nafte, kao i $8.897,6 \times 10^3$ tona nafte iz uvoza. Glaviniu potrebnog uvoza nafte čini nafta iz Iraka ($7.859,2 \times 10^3$ tona), a tek manji dio ($1.038,4 \times 10^3$ tona) i nafta iz Sovjetskog Saveza.

Premda je procesima prerade u rafinerijama bilo dostupno još nekoliko nafte različite kvalitete, one nisu obuhvaćene u optimalnom programu, budući su preskupe u odnosu na kvalitet (nafte iz Irana), ili su preskupe i prekvalitetne u odnosu na strukturu domaće potrošnje (alžirska i libijska nafta).

Dakle, ukoliko od cijene derivata (kod potrošača) odbijemo troškove transporta tog derivata, od date rafinerije (proizvođača tog derivata) do mjesta potrošnje, dobivamo marginalni trošak proizvodnje tog derivata u datoj rafineriji. Stoga svaku dodatnu jedinicu bilo kog derivata nafte nije moguće proizvesti uz niže troškove od onih iskazanih dualnim cijenama (vidi tablicu 8).

Dualne cijene, tj, marginalni troškovi proizvodnje derivata, globalno odgovaraju očekivanim odnosima. Najskuplji su motorni benzini. Nešto niže su cijene plinskih ulja, a još niže cijene ulja za loženje. Izuzetno niski marginalni troškovi proizvodnje primarnog benzina, rezultat su općenito niske zastupljenosti benzina u strukturi proizvodnje.

Kako ne postoji način razlučivanja troškova proizvodnje pojedinih derivata, sasvim je logično korištenje, u svrhu formiranja rafinerijskih cijena pojedinih derivata, marginalnih troškova njihove proizvodnje. To tim prije, budući egzistencija upravo takvih cijena derivata nužno vodi uspostavljanju optimalne alokacije prerade nafte i proizvodnje derivata nafte.

Svaki drugi odnos rafinerijskih cijena, uz pretpostavku racionalnog ponašanja subjekata (proizvođača i potrošača) sistema naftne privrede zemlje, nužno vodi uspostavljanju novog optimalnog načina prerade nafte i proizvodnje naftnih derivata, i to na višem nivou ukupnih troškova.

Marginalni troškovi proizvodnje derivata nafte mogu biti i niži. Ograničavajuća je okolnost nedostatak većih količina domaćih nafti (povoljnije cijene od uvoznih), ali i dijela sekundarnih kapaciteta. I jedan i drugi razlog implicirali su preradu veće količine i/ili skuplje uvozne nafte.

Preradom dodatno raspoložive jedinice domaće nafte (proizvođača INA-Naftaplin) može se supstituirati dio skuplje uvozne nafte iz Iraka, a optimalna vrijednost programa će pasti za 156,7 dinara za dodatno raspoloživu tonu te nafte.

Laganim popuštanjem (slabljenjem) ograničenja na raspoloživost te nafte, raste njeno učešće u preradi, uz lagani pad njene dualne cijene (napuštanjem prethodnih bazičnih rješenja).

Supstitucija iračke nafte domaćom naftom (proizvođača INA-Naftaplin) dešava se na lokaciji Sisak. To znači, da dodatnim raspolaganjem (proizvodnjom) domaće nafte, za 911 tisuća tona, neće doći do bitnijeg poremećaja odnosa među rafinerijama. Tek nakon toga dolazi do rasta prerade, najprije u Sisku a zatim i u Lendavi (Bosanski Brod je već iskoristio sve svoje kapacitete), što dovodi do širenja njihovih gravitacionih zona na područje Rijeke, a manjim dijelom i Bara.

Prerada svake dodatne jedinice domaće nafte iz Vojvodine, u rafineriji Pančevo, ima za posljedicu pad vrijednosti programa za 363,3 dinara. Tek znatniji rast raspoloživosti te nafte može dovesti do slabljenja pozicije Bara i Bosanskog Broda.

Iskorišteni su i pojedini kapaciteti sekundarnih postrojenja. U sva tri slučaja radi se o postrojenjima za proizvodnju visokootkantskih benzinskih komponenti. Smanjenje vrijednosti programa, raspolaganjem dodatnim kapacitetom, nastupilo bi usljed efikasnije prerade manje količine nafte.

Stoga se u sistemu naftne privrede može ulagati u proširenje tih kapaciteta, ali samo do visine dualnih cijena. Viši trošak ne bi bio nadomješten jeftinijom proizvodnjom. To je za platforminge u Rijeci 258 dinara, Baru 265 dinara i Bosanskom Brodu, za reforming, 432 dinara po toni dodatnog kapaciteta.

Raspolaganjem dodatnim kapacitetom platforminga u Rijeci, došlo bi usljed veće proizvodnje motornih benzina do potiskivanja Bara s dijela gravitacionog područja. Kod Bara je upravo obrnut slučaj, tj. došlo bi do širenja njegova gravitacionog područja na područje Rijeke, ali i ostalih rafinerija u sistemu.

U slučaju Bosanskog Broda moguće je tek manje proširenje kapaciteta reforminga, budući sad već postaje ograničavajući kapacitet same atmosferske destilacije.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Vrijednost optimalnog programa, modificiranog sistema naftne privrede (s lokacijom rafinerije Bar, slobodnom proizvodnjom primarnog benzina i dijela ulja za loženje) je za oko 105 mil. USD niža od vrijednosti optimalnog programa stvarnog sistema naftne privrede Jugoslavije u 1985. godini.

Viši troškovi egzistencije optimalnog programa stvarnog sistema su trostruko uvjetovani: uvozom skupljih nafti, preradom veće količine nafte i višim troškovima transporta.

Dok je uvoz skupljih nafti rezultat aktivnosti države u naftnoj privredi, preradu većih količina nafte, radi proizvodnje istih količina derivata, implicira nepostojanje, tehnološki superiornije od ostalih (izuzev Rijeke), rafinerije Bar.

Viši troškovi transporta rezultat su, najvećim dijelom, potrebe transporta većih količina nafte do kontinentalnih rafinerija.

Optimalna rješenja obaju programa približno su jednako osjetljiva na promjene cijena ulaznih sirovina.

Marginalni troškovi proizvodnje derivata nafte pri optimalnom programu bez rafinerije Bar manje su prirodni (normalni) u odnosu na marginalne troškove proizvodnje naftnih derivata pri optimalnom programu s rafinerijom Bar (usporedi tablice 4 i 8).

Marginalni troškovi proizvodnje primarnog i motornih benzina (iz tablice 4) su izrazito niski, a proizvodnje ulja za loženje izrazito visoki. Dakle, u programu bez Bara, izraženije se manifestira nepovoljna struktura potrošnje derivata nafte u zemlji.

Prema optimalnom rješenju programa s uključenom lokacijom rafinerije Bar (vidi tablicu 7), primarni benzin bi trebalo proizvoditi, uglavnom, u rafinerijama na lokacijama Bar i Rijeka.

Proizvodnja primarnog benzina u rafineriji Pančevo unaprijed je uvjetovana načinom programiranja rada ove rafinerije (na bazi režima rada), tako da je proizvodnja primarnog benzina uvjetovana proizvodnjom ostalih derivata (po principu i, a ne i/ili).

Prerada nafte u rafineriji Lendava nužno dovodi do proizvodnje određene količine primarnog benzina. Zbog jednostavnosti procesa pre-

rade, nije moguća proizvodnja visokooktanskih benzinskih komponenti pa, dakle, i proizvodnja visokooktanskog motornog benzina.

Stoga je očigledno da bi lokacije organske petrokemijske industrije nužno morale biti uz primorske lokacije rafinerija. Kontinentalna lokacija petrokemijske industrije uvjetovala bi proizvodnju primarnog benzina u kontinentalnim rafinerijama, a ovo, transport većih količina uvozne nafte do tih lokacija rafinerija ili transport primarnog benzina proizvedenog u rafinerijama na obali, što je jednako neracionalno.

Posebno su zanimljivi marginalni troškovi proizvodnje primarnog benzina (vidi tablicu 8), odnosno implikacije na ekonomičnost petrokemijske industrije za slučaj njihove egzistencije. To je problem koji svakako treba dodatno istražiti.

Marginalni troškovi proizvodnje ulja za loženje (vidi tablicu 8) bitno su viši od njihove cijene na svjetskom tržištu, pa je svaka dodatna proizvodnja neisplativa. Svakako je potrebno utvrditi kolika je maksimalna proizvodnja ulja za loženje, s obzirom na marginalne troškove proizvodnje, odnosno cijenu na svjetskom tržištu, uopće opravdana.

U svakom slučaju, izgradnja većih termoelektrana na ulje za loženje dolazi u obzir isključivo uz primorske lokacije rafinerija, pogotovo za slučaj većeg uvoza ulja za loženje.

Rezultati optimizacije potvrđuju pretpostavku egzistencije tehnološki složenijih, pa dakle i skupljih, rafinerijskih sistema no što je potrebno, ali i zastarjelih za proizvodnju visokokvalitetnih goriva. Ovaj problem svakako treba dodatno istražiti, radi konkretnog utvrđivanja viškova kapaciteta, odnosno potrebe dogradnje novih, suvremenih kapaciteta.

Naime, sistem naftne privrede nije statičan, kako je opisan u rješenoj modelu. Različita je struktura potrošnje derivata nafte u zemlji, ovisno o godišnjem dobu, pa je svakako potrebno prići dinamizaciji modela, ili, što je jednostavnije, rješavanju ovakvog (statičnog) modela, za svako godišnje doba, posebno.

Kao posljedica toga, nužno se javljaju različiti marginalni troškovi proizvodnje, ovisno o strukturi proizvodnje. To implicira nužnost uspostavljanja različitih rafinerijskih cijena derivata nafte po godišnjim dobima (što nije slučaj u postojećem sistemu naftne privrede zemlje).

Na osnovi svih rezultata rada, očigledno je potrebno prići redizajniranju sistema, kako bi se kreirao ekonomski racionalan sistem naftne privrede, budući su troškovi, usljed njegove neracionalnosti, višestruko veći od vrijednosti samog sistema (promatrano kroz vijek trajanja rafinerija, 12—15 godina). Povoljna je okolnost da je postojeći sistem dovoljno star, pa ga treba obnoviti.

Izvjerno je da se može govoriti o tri ključne lokacije rafinerija u sistemu naftne privrede Jugoslavije. To su lokacije Bar i Rijeka, orjentirane na preradu uvozne nafte, dok bi treća lokacija bila orjentirana na preradu domaće nafte. Kako se najveći dio te nafte proizvodi na poljima Slavonije i Vojvodine, očigledno je da bi njena lokacija trebala biti u blizini tih polja.

Rafinerija Bar bi proizvodila derivate za potrebe potrošača s područja Crne Gore, južnog dijela Dalmacije, Hercegovine, središnje Bosne, Kosova, najvećeg dijela Srbije i Makedonije.

Rafinerija Rijeka bi proizvodila derivate za potrebe potrošača iz preostalog dijela Dalmacije, Istre, Like i Gorskog Kotara, središnjeg i sjevernog dijela Hrvatske i Slovenije.

Kontinentalna rafinerija bi proizvodila derivate za potrebe potrošača iz Slavonije, Vojvodine, manjeg dijela sjeverne Srbije i istočnog dijela Bosne.

Kapaciteti rafinerija Bar i Rijeka trebali bi biti veći od 6 mil. tona, a kontinentalne rafinerije iznad 4 mil. tona, što bi svakako omogućilo ekonomično instaliranje kompleksnih rafinerijskih sistema.

Pored ovih, može se razmišljati o egzistenciji još 2—3 jednostavnije rafinerije, manjeg kapaciteta i sekundarnog značaja za sistem. Bile bi smještene na samim naftnim poljima s funkcijom iscrpka dijela derivata i na taj način eliminacije potrebe transporta cjelokupne količine sirovine do kompleksne kontinentalne rafinerije, gdje bi se »dubokom« preradom u sekundarnim postrojenjima proizvela dodatna količina više/visoko vrijednih derivata nafte.

Ovakav hipotetski sistem rafinerija podrazumjeva nužnim povezivanje rafinerija Bar i Rijeka produktovodima s potrošačkim područjima u njihovu zaleđu, dok je sasvim suvišan, ovakav kakav je, Jugoslavenski naftovod.

Usljed neminovnog pada domaće proizvodnje nafte, kao dodatni problem se javlja opskrba derivatima nafte kontinentalnog dijela zemlje iz rafinerija s obalnog dijela zemlje, ili preradom uvozne nafte u rafinerijama na kontinentu.

U oba slučaja nužno je postojanje cjevovoda za transport derivata nafte, odnosno nafte. Druga mogućnost još implicira postojanje rafinerije(a) u unutrašnjosti zemlje, a prva, tek skladišta derivata, što je zapravo nužnost u oba slučaja. Transportom derivata, a ne nafte, od obalnih lokacija rafinerija u unutrašnjost, eliminira se i potreba transporta dijela sirovine koji se koristi za vlastite potrebe rafinerije, ili se gubi tokom prerade.

Primljeno: 1. 07. 1990.

Prihvaćeno: 1. 10. 1990.

LITERATURA

- [1] Al-Faraj, T. N., *Mathematical Model for Planning the Production, Refining and Marketing of Crude Oil and Refined Petroleum Products*. Dissertation, The University of Texas at Austin, May 1986.
- [2] Al-Zajer, J. A., *On Some Mathematical Planning Models for the Management of the Oil, Gas, and Petrochemical Industry in Saudi Arabia*. Dissertation, The University of Texas at Austin, August, 1986.
- [3] Allen, R. G. D., *Mathematical Economics*. McGraw-Hill, London, 1956.
- [4] Babić, M., *Makroekonomski modeli*. Narodne novine, Zagreb, 1983.

- [5] Baker, T. E., Lasdon, L. S., "Successive Linear Programming at Exxon". *Management Science*, Vol. 31, No. 3, 1985.
- [6] Bošković, S., *Lokacioni model prerade nafte u Jugoslaviji*. Institut za ekonomiku industrije, Beograd, 1966.
- [7] Brajčić, V., *Projektiranje sistema fizičke distribucije naftnih derivata na jugoslovenskom tržištu*. Disertacija, Ekonomski fakultet, Zagreb, 1988.
- [8] Cerić, E., *Tehnologija nafte*. Školska knjiga, Zagreb, 1984.
- [9] Charnes, A., Cooper, W. W., Mellon, B., "Blending Aviation Gasolines". *Econometrics*, Vol. 20, 1952, ss. 135, 159.
- [10] Černicki, B., Strelkov, T., Jurman, V., "Linearno programiranje olakšava odluke u preradi nafte". *Nafta*, 1971, 10, ss. 789, 795.
- [11] Dorfman, R., Samuelson, P. A., Solow, R. M., *Linear Programming and Economic Analysis*. McGraw-Hill, London, 1958.
- [12] Hubbard, M., *The Economics of Transporting Oil To and Within Europe*. MacLaren & Sons Ltd, London, 1967.
- [13] Horvat, B., *Ekonomika jugoslovenske naftne privrede*. Tehnička knjiga, Beograd, 1962.
- [14] Horvat, B., *Industrija nafte u Jugoslaviji. Razvoj jedne industrije, I — Proizvodnja nafte*. Jugoslovenski institut za ekonomska istraživanja, Beograd, 1965.
- [15] Horvat, B., *Industrija nafte u Jugoslaviji. Razvoj jedne industrije, II — Prerada*. Jugoslovenski institut za ekonomska istraživanja, Beograd, 1966.
- [16] Horvat, B., *Industrija nafte u Jugoslaviji. Razvoj jedne industrije, III — Distribucija*. Ekonomski institut Zagreb, 1956.
- [17] Horvat, B., *Jugoslavenska privreda 1965—1983. Prijedlozi i rješenja*. Cankarjeva založba — Ljubljana, Zagreb, 1984, ss. 169, 175.
- [18] Hunjet, D., Neralić, L., Skok, S., Szivovica, L., "Rešenje proizvodstvenno — transportnoj zadači metodom dekompozicije Bendersa". *Ekonomika i matematičke metode*, Tom XX, Moskva, 1984, ss. 1140, 1143.
- [19] Jelinović, Z., *Ekonomika prometa i pomorstva*. Informator, Zagreb, 1983.
- [20] Koopmans, T. C., *Three Essays of the State of Economic Science*. New York, 1957.
- [21] Lalić, D., Kolombo, M., *Mikroekonomika i razvoj u procesnoj industriji*. Nafta, Zagreb, 1980.
- [22] Lancaster, K., *Mathematical Economics*. Mc Millan, 1968.

- [23] Manne, A. S., *Scheduling of Petroleum Refining Operations*. Harvard University Press, 1956.
- [24] Manne, A. S., "A Linear Programming Model of the U. S. Petroleum Refining Industry". *Econometrica*, Vol. 26, 1958, ss. 67, 106.
- [25] Martić, Lj., *Matematičke metode za ekonomske analize*. Narodne Novine, Zagreb, 1979.
- [26] Martić, Lj., (redakcija), *Višekriterijalno programiranje*. Informator, Zagreb, 1978.
- [27] Neralić, L., *Modificirane Lagrangeove funkcije i optimalizacija troškova*. Disertacija, Ekonomski fakultet, Zagreb, 1979.
- [28] Neralić, L., „Linearni statički model programa proizvodnje u rafineriji nafte“. *Nafta*, 1975, 11, ss. 593, 597.
- [29] Neralić, L., „Prošireni model proizvodnje i transporta naftnih proizvoda“. *Nafta*, 1980, 5, ss. 267, 271.
- [30] Neralić, L., Szirovicza, L., Hunjet, D., Skok, S., „Višemodalni problem proizvodnje i transporta s ograničenjima na kapacitete“. *Nafta*, 1987, 1, ss. 45, 51.
- [31] Opće udruženje naftne privrede Jugoslavije, Beograd „Statistički bilten“, br. 1, 3, 5, 7, 9, 11.
- [32] Petrić, J., Zlobec, S., *Nelinearno programiranje*. Naučna knjiga, Beograd, 1983.
- [33] Prohaska, B., *Tehnologija prerade nafte*. CVŠ Kov. JNA „General Armije Ivan Gošnjak“, Zagreb, 1987.
- [34] Protić, R., *Nafta i plin u energetskej privredi Jugoslavije*. Nafta, Zagreb, 1973.
- [35] Rassegna Petrolifera, Roma, 1985, 1809, s. 652.
- [36] Rupnik, V., „Neki metodološki aspekti optimizacije distribucije naftinih derivata“. *Nafta*, 1973, 7—8, ss., 423, 428.
- [37] Savezni zavod za statistiku, Beograd, „Saobraćaj i veze“, br. 495, 707, 1005, 1291, 1584.
- [38] Schrage, L., *Linear, Integer, and Quadratic Programming With Lindo*. Third Edition, The Scientific Press, 1986.
- [39] Sekulić, M., Gjenero, I., *Optimalna alokacija zajedničkih resursa u decentraliziranom ekonomskom sistemu*. Ekonomski institut Zagreb, Zagreb, 1971.

- [40] Službeni list SFRJ, Beograd, 24/1982, 49/1983.
- [41] Suvorov, B. P., *Optimizacija tekušćeg planirovanija naftepererabaty-
vajšćego proizvodstva*. Nauka, Moskva, 1974.
- [42] Symonds, G. H., *Linear Programming: The Solution of Refining Prob-
lems*. Esso S. O. Co, New York, 1955.
- [43] Štibler, F., „Koliko su skupi benzin i nafta“. Privredna kretanja Jugo-
slavije, EIPF, Ljubljana, 12/88, 190.
- [44] Vadnal, A., i dr., *Vpliv dohotkov in cen na raven potrošnje prebivalstva
v Sloveniji*. Ekonomski inštitut L. R. Slovenije, Ljubljana, 1958.
- [45] Vadnal, A., *Linearno programiranje (teorija i upotreba u privredi)*. In-
formator, Zagreb, 1972.
- [46] Wu, N., Coppins, R., *Linear Programming and Extensions*. McGraw-Hill,
1981, ss. 189, 207.
- [47] Znanstveni savjet za naftu JAZU, „Dokumentacija o razvoju naftne pri-
vredne Jugoslavije u razdoblju od 1965. do 1980. godine“. Zagreb, 1984.

OPTIMIZATION OF ALLOCATION RESOURCES IN THE YUGOSLAV OIL ECONOMY

Nikica GRUBISIC

Summary

This paper presents a model of the Yugoslav oil economy and an analysis of the results of the optimization procedure.

The model consists of three parts: transport of oil to the refineries, refining of oil, and transport of oil products to consumer centres.

With the help of mathematical programming (linear programming methods) optimization of the existing system was achieved, (production, import and transport of oil; refining; transport of oil products) which showed the irrationality of the functioning of the system. The main aim of the optimization procedure was to find new, optimal locations for refineries.

Taking the optimization results into account, it becomes obvious that reorganization of the existing system is necessary. This is due to the fact that the expenses of the functioning of the system are a couple of times greater than its value, serving to prove the irrationality of the system.

It is a fortunate circumstance that the system is old, with possibilities of being replaced by a new one.