

Komparativna valorizacija različitih pomorskih transportnih sistema

PERO ARSETE — IVAN LOVREČEK

UVOD

Prijevoz robe brodovima napredovao je brže nego su se razvijale svjetske luke. Sigurno je da će se sve teže nalaziti sredstva za izgradnju novih i adaptaciju postojećih luka, pa ako se ona i nađu, razvoj luke će i dalje kasniti za rastućim potrebama svjetske trgovačke flote. Tako je već od 1960. godine zakašnjenje u radu i zakrčenost luka postala redovita pojava gotovo u svim dijelovima svijeta. To se posebno događa u lukama onih zemalja koje su naglo povećale uvoz, a nemaju dobre veze sa zaleđem.

U početku se pokušao taj problem riješiti pomoću brodova-skladišta i lučkih teglenica, u koje su istovarivali brodovi da ne bi gubili dragocjeno vrijeme po zakrčenim lukama. Ta rješenja nisu zadovoljila, troškovi su rasli i varirali prema stupnju zakrčenosti luka. Drugim riječima, što je veća bila kongestija, veća je bila potražnja za teglenicama i veći su bili troškovi robe.

Koristeći se novim dostignućima tehnike i iz potrebe da se zadovolji nagli razvitak tehnologije robe, brod se usavršavao i sve više specijalizirao za određene vrste tereta, vodeći pri tome računa o svojstvima robe, količinama i transportu i o njezinoj vrijednosti. Tako se grade specijalni brodovi za prijevoz ruda, tekućih tereta, ugljena, žitarica, raznog voća, mesa, produkata teške industrije i strojogradnje, tekućih plinova i generalnog tereta. Svaki od tih tipova ide i dalje u specijalizaciju za prijevoz nekih vrsta tereta ili kombinirani prijevoz više vrsta tereta na određenim relacijama.

Na primjer, OBO brodovi prevoze u jednom smjeru tekuće, a u drugome rasute terete. Svi ti naponi na užoj specijalizaciji, boljoj opremi za teret, većoj brzini broda dali su pozitivne rezultate; prijevoz roba postao je brži, efikasniji i sigurniji.

Međutim, konvencionalni način prijevoza robe linijskim brodovima klasičnog tipa postao je skup. Sva nastojanja da se taj tip broda napravi jeftinijim išla su zatim da se nađu rješenja u obliku trupa kako bi se smanjio otpor i time povećala brzina, a tu su i nastojanja da se pronađu rješenja za smanjenje potroška goriva porivnog stroja.

Ti naponi, kako god oni bili veliki, imali su mali utjecaj na smanjenje troškova broda u usporedbi s troškovima koje su ti brodovi imali pri utovaru i istovaru tereta u lukama. Bilo je potrebno izvršiti takve izmjene na brodomskom tru-

pu koje bi omogućile lakše rukovanje teretom, čime bi se smanjio boravak broda u lukama.

Najveći promjenljivi troškovi u pomorskom transportu ovise o:

- vremenu utrošenom za utovar i istovar tereta u lukama;
- troškovima rukovanja teretom;
- troškovima radne snage na brodu i obali.

Kada brodovi plove natovareni teretom, oni zarađuju novac, ili ga barem ne gube. Za vrijeme stajanja u luci linijski je brod neaktivan, i to je za brodarku najveći trošak. Taj problem je rastao s naglim porastom cijene broda kao osnovnog sredstva, a sa sve težim uvjetima kreditiranja izgradnje broda.

Od ukupnog fonda vremena predviđenoga za putovanje boravak u luci može doseći i 60% vremena kod konvencionalnih linijskih brodova što je neekonomičan i podrivajući faktor u zaposlenju broda. Tako konvencionalni brod postaje doslovno vrlo skupo plovno skladište za značajan dio svog vijeka iskorištavanja. Prava namjena funkcije broda je prijevoz tereta, i to je funkcija za koju brodar dobiva naknadu; zato su uloženi veliki naponi da se što više smanji boravak broda u lukama.

Nagli porast svjetske trgovačke flote poslije drugog svjetskog rata, a posebno nakon 1950. godine, uvjetovao je nagli razvoj pomorskog prijevoza, koji nije bio praćen adekvatnim razvojem svjetskih luka. Luke danas nisu kapacitirane da prihvate i otpreme tako naglo povećanu trgovačku flotu, koja zahtijeva operativnu obalu, skladišta i suvremene lučke uređaje za manipulaciju tereta. Zbog toga dolazi do zakašnjenja u odvijanju trgovačkih operacija i velike zakrčenosti luka.

Veliki troškovi prekrcanja generalnog tereta, koji su naročito u lukama SAD bili vrlo visoki, bili su pokretna snaga zamisli uvođenja novih tehnoloških rješenja u prijevozu robe morem. S druge strane, kronična zakrčenost i pretrpanost velikog broja morskih luka dovela je do nerazmjerno dugog i neopravdanog zadržavanja brodova u lukama.

Linijsko je brodarstvo dolazilo u sve nepovoljniji položaj u pogledu vremena koje se provodilo u plovidbi na moru i vremena provedenoga u lukama, tako da se sve više otuđivalo od svoje funkcije. Što su brodovi postajali veći i brži, to su se teškoće u lukama gomilale, a kako su ti brodovi skuplji, troškovi su u lukama za brodarku sve veće opterećenje.

PODACI O VREMENU PROVEDENOM U LUCI I NA MORU U ODNOSU NA UKUPNI FOND VREMENA EKSPLOATACIJE ZA RAZLIČITE SISTEME U POMORSKOM PRIJEVOZU

Konvencionalni linijski brodovi (1)

JADRANSKA SLOBODNA PLOVIDBA — SPLIT

Linija: JUGOSLAVIJA — VELIKA JEZERA
Period 1. 1. 1976 — 31. 12. 1977.

| Br. | Ime broda | Ukupni broj dana u eksp. | Dani van eksploat. popr. dok. | U luci dana | Po moru dana | % u luci | % po moru | Br. put. |
|-----|------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|----------|-----------|----------|
| 1. | »ALKA« | 345 | 25 | 182 | 163 | 52,7 | 47,2 | 4 |
| 2. | »BIOKOVO« | 305 | 54 | 144 | 161 | 47,2 | 52,8 | 4 |
| 3. | »JADRO« | 262 | 54 | 97 | 165 | 37,0 | 63,0 | 3,5 |
| 4. | »MAKARSKA« | 346 | 19 | 182 | 164 | 52,6 | 47,1 | 3,5 |
| 5. | »SPLIT« | 346 | 19 | 156 | 190 | 45,1 | 55,0 | 3,5 |

Ro-Ro brodovi (2)

ATLANTIC COITAINER LINE

Linija: SJ. EVROPA — IST. OBALA SAD
Period 1. 1. 1976 — 31. 12. 1976.

| Br. | Ime broda | Ukupni broj dana u eksp. | Dani van eksploat. popr. dok. | U luci dana | Po moru dana | % u luci | % po moru | Br. put. |
|-----|---------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|----------|-----------|----------|
| 1. | Atlantic Conveyor | 364 | 16 | 91 | 257 | 26 | 74 | 16 |
| 2. | Atlantic Cognac | 344 | 87 | | 257 | 25 | 75 | 16 |
| 3. | Atlantic Cinderella | 354 | 45 | 91 | 218 | 29 | 71 | 13 |
| 4. | Atlantic Champagne | 346 | | 89 | 257 | 26 | 74 | 16 |
| 5. | Atlantic Causeway | 366 | 21 | 88 | 257 | 26 | 74 | 16 |

Brodovi nosači teglenica — lash (3)

PRUDENTIAL LINE

Linija: IST. OBALA SAD — SREDOZEMNO MORE
Period 31. 10. 1974 — 31. 10. 1975.

| Br. | Ime broda | Ukupni broj dana u eksp. | Dani van eksploat. popr. dok. | U luci dana | Po moru dana | % u luci | % po moru | Br. put. |
|-----|----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|----------|-----------|----------|
| 1. | Lash Atlantico | 355 | | 92 | 263 | 25,6 | 74,4 | 74,4 |
| 2. | Lash Italia | 367 | 102 | 57 | 208 | 21,5 | 78,5 | 78,5 |
| 3. | Lash Espana | 358 | 91 | 63 | 204 | 23,6 | 76,4 | 76,4 |
| 4. | Lash Pacifico | 349 | 73 | 55 | 221 | 19,9 | 80,1 | 80,1 |
| 5. | Lash Turkiye | 232 | | 55 | 177 | 23,7 | 76,3 | 76,3 |

Izvor: 1. Podaci dobiveni od poduzeća Jadranska Slobodna plovidba Split.

2. Ro-Ro Shipping an Appraisal of its Rols in dry Cargo Trade, London 1977. Str. 114, Tabl. 8.1.1.

3. The Seope for Barge carrying sistems, London 1976. Str. 40, tablica 8.

Analizirajući tu pojavu utvrđeno je da njezini glavni uzroci leže u sporom rukovanju teretom, u nedovoljnoj opremi luka, u organizaciji i socijalnim problemima lučkih radnika, te u utjecajima klimatskih prilika, posebno vremenskih nepogoda.

Nastojanja da se situacija poboljša dovela su do nekoliko novih transportnih koncepcija koje se u sistemskom pogledu mogu podijeliti na dvije osnovne vrste, od kojih je jedna usmjerena na teret, a druga na brod.

Nova koncepcija o svrsishodnijim oblicima tereta dovela je do formule »unitizacije«, tj. sjedinjavanje tereta u velike jedinice (*unit load*). Prvo praktično rješenje te koncepcije bile su najprije palete, a zatim kontejneri.

Brodarstvo je poznato po svome konzervativizmu prema velikim i naglim promjenama. Zbog toga se do uvođenja novih tipova brodova došlo postupno.

Prvi naponi u tom pravcu dali su jedan novi tip broda nazvan »All hatch«, tj. brod s otvorenom palubom. Njegova prednost bila je u tome što su velika grotla, koja su eliminirala gotovo cijelu palubu, mnogo pridonijela bržem utovaru i istovaru

tereta. Taj tip dobiva široku primjenu u linijskom brodarstvu, i on je preteča današnjem kontejnerskom brodu.

Druga ideja nove koncepcije broda sastojala se u tome da se prekrcaj tereta učini potpuno nezavisnim od luka i lučkih uređaja. To se imalo postići na način što bi ukrcavanje tereta bilo zamijenjeno jednostavnim dizanjem teglenice iz mora na brod i istovar spuštanjem teglenice u more, a obje bi se operacije mogle obavljati izvan luke.

Novi je sistem bio za svjetsko brodarstvo p sve novi pristup prekomorskom prometu. Njegova se bit sastojala u odvajanju skupoga primarnog nosioca prijevoza, tj. matičnog broda s njegovim pogonskim strojevima, od nosioca tereta, u ovom slučaju od teglenice.

I najzad, još jedan novi tip broda koji je zadržao kao jedinstvenu cjelinu svoj pogonski i svoj skladišni dio u jednome nerazdvojenom trupu, a koristi se sistemom »roll on — roll off« kao karikom u lancu transporta između proizvođača i potrošača.

KOMPARATIVNA VALORIZACIJA RAZMATRANIH SISTEMA

Efikasnost ili stupanj djelovanja neke tehnologije najbolje se iskazuje specifičnim učinkom izraženim pomoću ukupnog stupnja djelovanja. Termodinamički promatrano, ukupni stupanj djelovanja procesa dobiva se kao omjer postignutog učina naprama sveukupno dovedenoj ili uloženoj toplini, dok se općenito govoreći, uopćeni stupanj djelovanja ili efikasnosti bilo kojeg procesa može razmatrati kao omjer postignutog učina naprama sveukupno uložanim faktorima.

Postavlja se, dakle, osnovna jednadžba efikasnosti, odnosno stupnja djelovanja koja sadrži pet osnovnih parametara:

$$y = \frac{I + e \cdot t}{k \cdot t} \quad (1)$$

y — specifičan učin (cijena koštanja prevezene tone tereta)

I — investicija

t — vrijeme korištenja

k — jedinični učin (prevezena količina tereta u jedinici vremena)

e — jedinični trošak (troškovi transportnog procesa po jedinici vremena)

Izraz (1) može se pisati i ovako:

$$y = \frac{I}{k \cdot t} + \frac{e \cdot t}{k \cdot t}$$

$$y = \frac{e}{k} + \frac{I}{k \cdot t} \quad (2)$$

On dakle predstavlja krivulju III reda ($y = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2}$; $c = 0$) s dvije asimptote: jedna je ordinata, odnosno $t = 0$, a druga je pravac uspoređan s apcisonom, odnosno:

$$y = \frac{e}{k} \quad \text{divizionna konstanta}$$

O ponašanju te krivulje bit će još riječi.

Za usporedbu promatranih sistema poslužili su tabelarni podaci prema opsežnim literaturnim izvorima.

U pogledu radnih uvjeta različitih tehnologija prijevoza pošlo se od pretpostavke standardnih prosječnih parametara, s ciljem da se promatrani sistem svede na zajednički nazivnik pri istraživanju optimalnog sistema za svaki zadani slučaj posebno.

Tablica 1.

PODACI ZA USPOREDBU RAZLIČITIH TIPOVA BRODOVA U ISTOJ LINIJI

| | Brod nosač teglenica | Brod za prijevoz kontejnera | Brod za prijevoz peletiziranog tereta | Konvencionalni brod |
|---|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Korisna zapremina broda u kubičnim stopama | 1,200.000 | 1,200.000 | 1,200.000 | 800.000 |
| Broj teglenica (kontejnera) | 62 teglenice | 1,130 kont. | | |
| Faktor slaganja tereta odnos kubične stope/1 tona robe | 110 | 110 | 120 | 100 |
| Stupanj iskorištenja | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Nosivost broda u tonama za putovanje | 10.400 | 10.900 | 10.000 | 8.000 |
| Ukupno tereta prevezeno 1 god. — 50 kružnih putovanja u tonama | 1,040.000 | 1,090.000 | 1,000.000 | 800.000 |
| Oprema za teret | 1 brod. most. dizalica | 2 dizalice na obali | 3 bočna otvora 2 elevatora za palete | |
| Produktivnost opreme za teret | 4 teglenice na sat | 40 kontejnera na sat | 250 tona robe na sat | 110 tona robe na sat |
| Nepredviđena zakašnjenja, vez i odvez broda na jednom kružnom putovanju | 3,8 dana | 5,8 dana | 8,9 dana | 22,1 dana |
| Brzina broda u čvorovima | 18 | 19 | 17 | 16 |
| Vrijeme u plovidbi po kružnom putovanju | 16,2 dana 1 dan | 15,4 dana | 17,2 dana 2 dana | 18,2 dana 2 dana |
| Ukupno vrijeme trajanja kružnog putovanja (u luci i moru) | 21 dan | 21 dan | 28 dana | 42 dana |
| Broj kružnih putovanja godišnje | 16,7 | 16,7 | 12,5 | 8,4 |
| Potreban broj brodova za održavanje linije po predviđenom rasporedu | 3 | 3 | 4 | 6 |

Tablica 2.

TROŠKOVI PRIJEVOZA PO 1 TONI TERETA

| | Brod nosač teglenica | Brod za prijevoz kontejnera | Brod za prijevoz paletiziranog tereta | Konvencionalni brod |
|--|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Broj brodova u liniji | 3 | 3 | 4 | 6 |
| Cijena broda u \$ (1) | 8,400.000 | 10,500.000 | 9,200.000 | 5,300.000 |
| Vrijednost svih brodova u liniji (\$) | 25,200.000 | 31,500.000 | 36,800.000 | 31,800.000 |
| Ukupan broj teglenica (kontejnera) paleta | 7x62 434 | 6x1,130 6780 | 7x10.000 70.000 | |
| Ukupno uloženo u teglenice (kontejnera) (\$) | 8,700.000 | 6,800.000 | | |
| Ukupno uloženo u palete (\$) | 160.000 | | 350.000 | |
| Cijena investicije brodova za 1 godinu (\$) (2) | 3,780.000 | 4,720.000 | 5,510.000 | 4,760.000 |
| Cijena invest. i održavanja teglenica (kontejnera) paleta (\$) (3) | 1,820.000 | 2,380.000 | 175.000 | |
| Ukupni godišnji troškovi pogona, goriva i lučke pristojbe (\$) | 3,605.000 | 3,315.000 | 4,370.000 | 4,810.000 |
| Ukupni godišnji troškovi brodova (\$) | 9,205.000 | 10,415.000 | 10,055.000 | 9,570.000 |
| Troškovi brodova za 1 tonu prevezenog tereta (\$) | 8,85 | 9,60 | 10,05 | 12,00 |
| Troškovi rukovanja tereta ukrcaj—iskrcaj za teglenice teglenje od matičnog broda do obale i obratno (\$) | (4) 14,0 | (5) 11,50 | (5) 8,60 | 20,00 |
| Ukupni troškovi prijevoza po 1 toni tereta (\$) | 22,85 | 21,10 | 18,65 | 32,00 |

(1) Cijene novogradnje za srednje tržište u 1969. godini

(2) 15% godišnje od vrijednosti broda

(3) 20% vrijednosti teglenica, 35% vrijednosti kontejnera, 50% vrijednosti paleta

(4) Pretpostavlja se 50% uvećani teret 505 paletizirani teret

(5) Pretpostavlja se 50% tereta od »vrata do vrata«, a 50% od luke ukrcaja do luke iskrcaja

Podaci u tablicama 1. i 2. odnose se na prijevoz tereta između luka istočne obale SAD i sjeverne Evrope. Linija se održava sedmično, što zahtijeva oko 50 kružnih putovanja godišnje na razdaljini od oko 7 000 nautičkih milja.

U pogledu broja luka i pristajanja pošlo se od ovih pretpostavki:

— da brod nosač teglenica pristaje u dvije luke u polasku i povratku;

— da kontejnerski brod pristaje u jednoj luci u polasku i povratku;

— da brod s paletiziranim teretom pristaje u tri luke u polasku i povratku;

— da konvencionalni linijski brod pristaje u tri luke na polasku i povratku.

Za brod nosač teglenica određeno je da se upotrebljavaju dva kompleta teglenica na oba kraja putovanja, te jedan komplet na brodovima u plovidbi.

Za kontejnerski brod određeno je da nosi jedan komplet kontejnera na brodovima u plovidbi, te po jedan i pol komplet na oba kraja putovanja.

Da bi tabelarni podaci bili upotrebljivi za grafoanalitičko promatranje i istraživanje krivulja

efikasnosti, odnosno ukupnog stupnja djelovanja, bilo ih je potrebno preobličiti, tj. svesti na zajednički nazivnik, što je učinjeno u tablici 3.

Tome su još dodane i veličine za RoRo brod, prema podacima iz HPD Shipping Publication — RO/RO Shipping — An Appraisal of its Role in Dry Cargo Trade, kolovoz 1977 (tablica 6.2, str. 90; tablica 7.4, str. 107; tablica 7.8, str. 110), ponderirane na 1969. godinu. Za RoRo brod predviđeno je ticanje jedne luke u polasku i jedne luke u povratku, dok je u obje luke određen po jedan i pol komplet kontejnera i po jedan komplet na brodovima u plovidbi.

Što se tiče godine, valja reći da ovi podaci, kad bi se promatrali kao apsolutne vrijednosti, ne bi danas bili od značenja. Međutim, uzeti kao relativne vrijednosti u usporedbi razmatranih sistema prijevoza, oni su sasvim valjani pokazatelji.

Tablica 3 — Radi konačne usporedbe uzeti su indeksi od 1 do 5 za svih 5 promatranih sistema, predstavljenih istim matematičkim izrazom ukupne efikasnosti.

Tablica 3.

| OZNAKA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|------------------------|--------------------|----------------|---------------------|------------|
| OPIS BRODA | Brod - nosač teglenica | Brod za kontejnere | Brod za palete | Konvencionalni brod | Ro-Ro brod |
| 1. Broj brodova u liniji | 3 | 3 | 4 | 6 | 3 |
| 2. Nosivost pojedinog broda u tonama za putovanje | 10.400 | 10.900 | 10.000 | 8.000 | 10.400 |
| 3. Vrijednost svih brodova u liniji (\$) | 25.200.000 | 31.500.000 | 36.800.000 | 31.800.000 | 59.800.000 |
| 4. Vrijednost teglenica odnosno kontejnera (\$) | 8.700.000 | 6.800.000 | | | 6.800.000 |
| 5. Vrijednost paleta (\$) | 160.000 | | 350.000 | | |
| 6. Ukupna investicija (\$) | 34.060.000 | 38.300.000 | 37.150.000 | 31.800.000 | 66.600.000 |
| 7. Ukupno godišnji troškovi pogona goriva i lučke pristojbe \$ | 3.605.000 | 3.315.000 | 4.370.000 | 4.810.000 | 3.180.000 |
| 8. Ukupni godišnji troškovi održavanja teglenica kontejnera paleta (\$) | 443.000 | 1.360.000 | 123.000 | | 1.200.000 |
| 9. Godišnji troškovi tereta ukrcaj — iskrcaj teglenje — teglenica (\$) | 14.560.000 | 12.535.000 | 8.600.000 | 16.000.000 | 8.500.000 |
| 10. Ukupno godišnji troškovi (\$) | 18.608.000 | 17.210.000 | 13.093.000 | 20.810.000 | 12.880.000 |
| 11. Ukupna količina godišnje prevezenog tereta (u tonama) | | 1.090.000 | 1.000.000 | 800.000 | 1.040.000 |



Ako indeksom »1« označimo prijevozni sistem brodovima nosačima teglenica, onda se njegova efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja računa po matematičkom izrazu:

$$y_1 = \frac{e_1}{k_1} + \frac{I_1}{k_1} \cdot \frac{1}{t}$$

S obzirom da je riječ o brodarstvu, najbolje je primijeniti jedinični sustav koji je u toj grani uobičajen, tj.

- I u \$
- e u \$/godina
- k u tona/godina
- t u godinama

Uvrštavanjem u izraz (2) radi provjere, dobiva se:

$$y = \frac{\$ \text{ god.}}{\text{tona/god.}} + \frac{\$}{\text{tona/god.}} \cdot \frac{1}{\text{god.}} = \$ \text{ tona}$$

Može se, dakle, pisati:

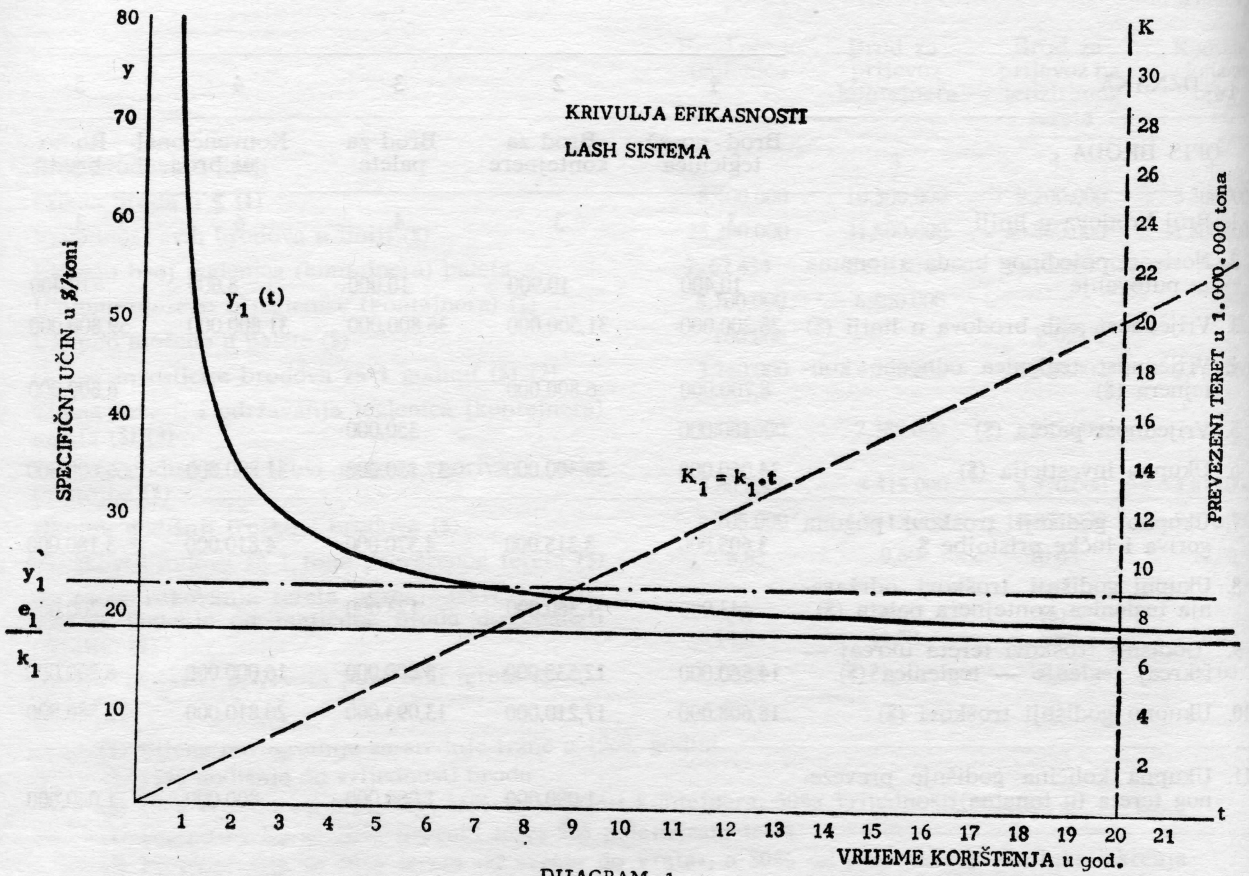
$$y_1 = \frac{18\,608\,000}{1\,040\,000} + \frac{34\,060\,000}{1\,040\,000} \cdot \frac{1}{t} = \$ \text{ tona}$$

$$y_1 = 17,9 + 32,75 \cdot \frac{1}{t}$$

Ako indeksom »2« označimo prijevozni sistem s kontejnerskim brodovima, onda se njegova efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja računa po ovom matematičkom izrazu:

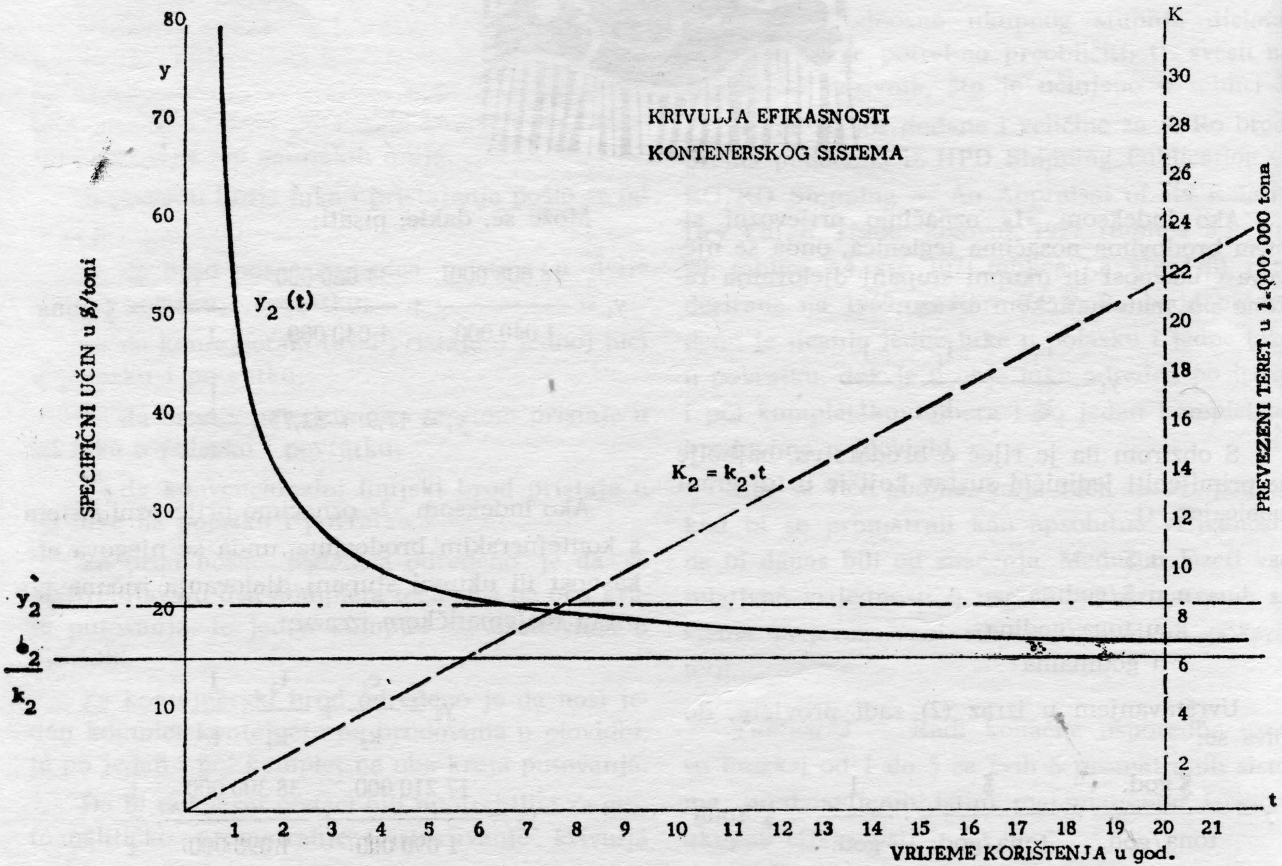
$$y_2 = \frac{e_2}{k_2} + \frac{I_2}{k_2} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_2 = \frac{17\,210\,000}{1\,090\,000} + \frac{38\,300\,000}{1\,090\,000} \cdot \frac{1}{t}$$



DIJAGRAM 1

Tok krivulje y_1 prikazan je u dijagramu br. 1.



DIJAGRAM 2

$$y_2 = 15,8 + 35,1 \cdot \frac{1}{t}$$

Tok krivulje y_2 prikazan je u dijagramu 2.

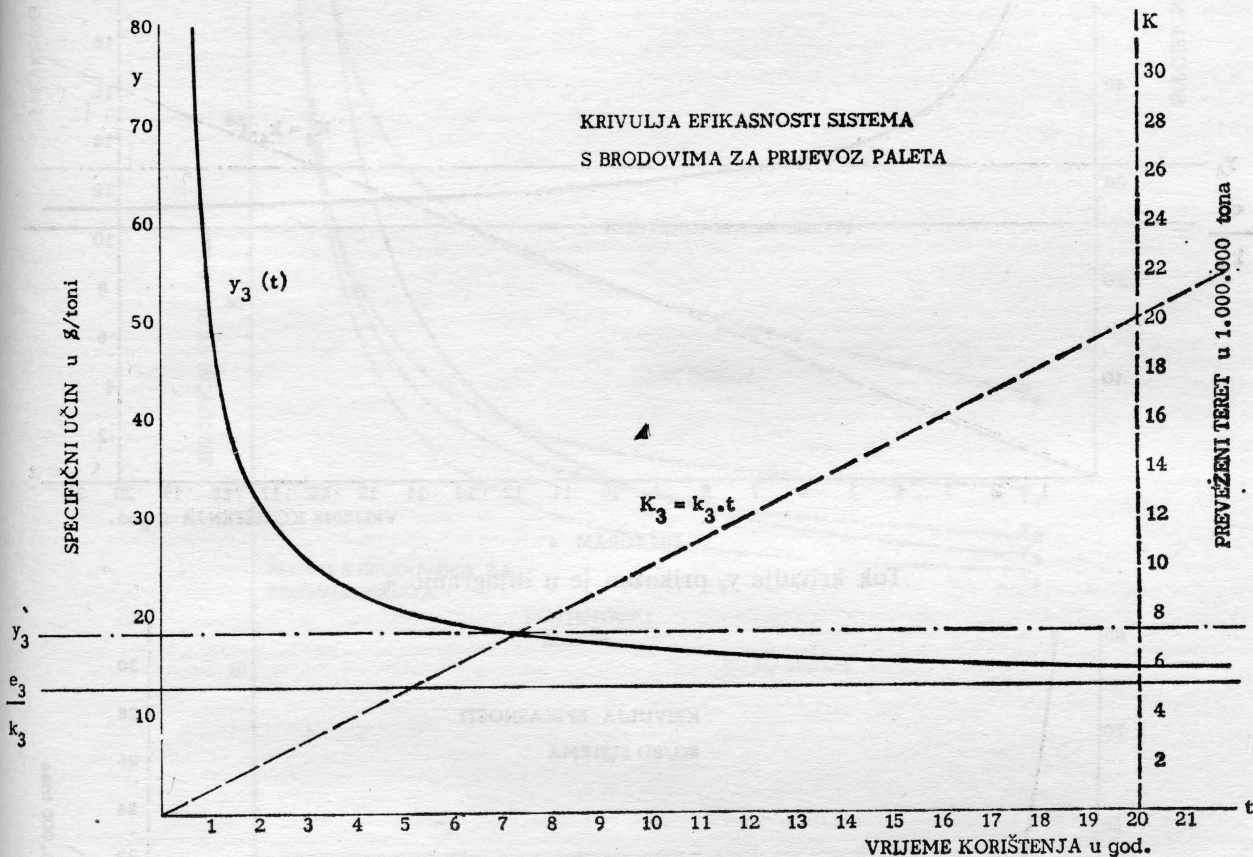
Ako indeksom »3« označimo prijevozni sistem s brodovima za prijevoz paleta, onda se njegova efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja računa po matematičkom izrazu:

$$y_3 = \frac{e_3}{k_3} + \frac{I_3}{k_3} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_3 = \frac{13\,093\,000}{1\,000\,000} + \frac{37\,150\,000}{1\,000\,000} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_3 = 13,1 + 37,15 \cdot \frac{1}{t}$$

Tok krivulje y_3 prikazan je u dijagramu 3.



DIJAGRAM 3

Ako indeksom »4« označimo prijevozni sistem s konvencionalnim brodovima, onda se njegova efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja računa po matematičkom izrazu:

$$y_4 = \frac{e_4}{k_4} + \frac{I_4}{k_4} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_4 = \frac{20\,810\,000}{800\,000} + \frac{31\,800\,000}{800\,000} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_4 = 26 + 39,8 \cdot \frac{1}{t}$$

Ako indeksom »5« označimo prijevozni sistem s RoRo brodovima, onda se njegova efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja računa po matematičkom izrazu:

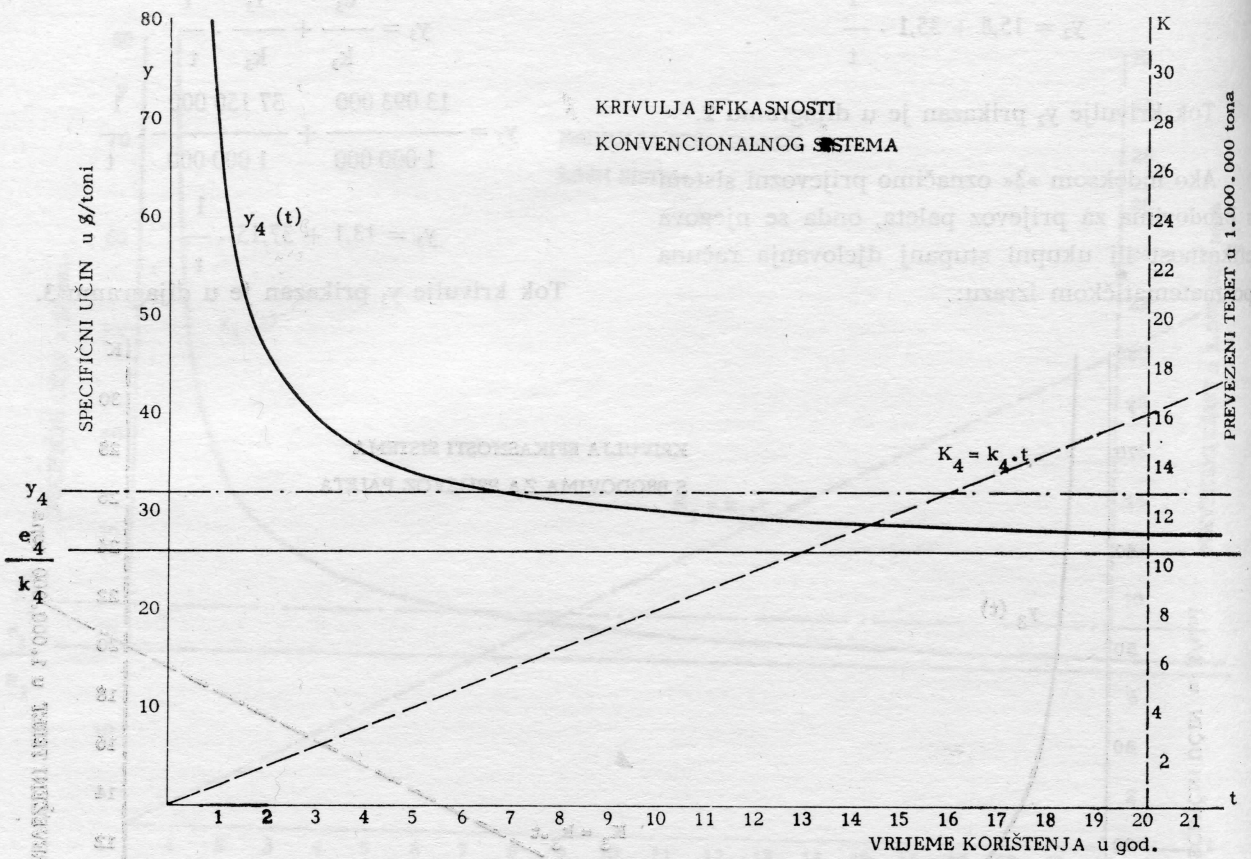
$$y_5 = \frac{e_5}{k_5} + \frac{I_5}{k_5} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_5 = \frac{12\,880\,000}{1\,040\,000} + \frac{66\,600\,000}{1\,040\,000} \cdot \frac{1}{t}$$

$$y_5 = 12,4 + 64 \cdot \frac{1}{t}$$

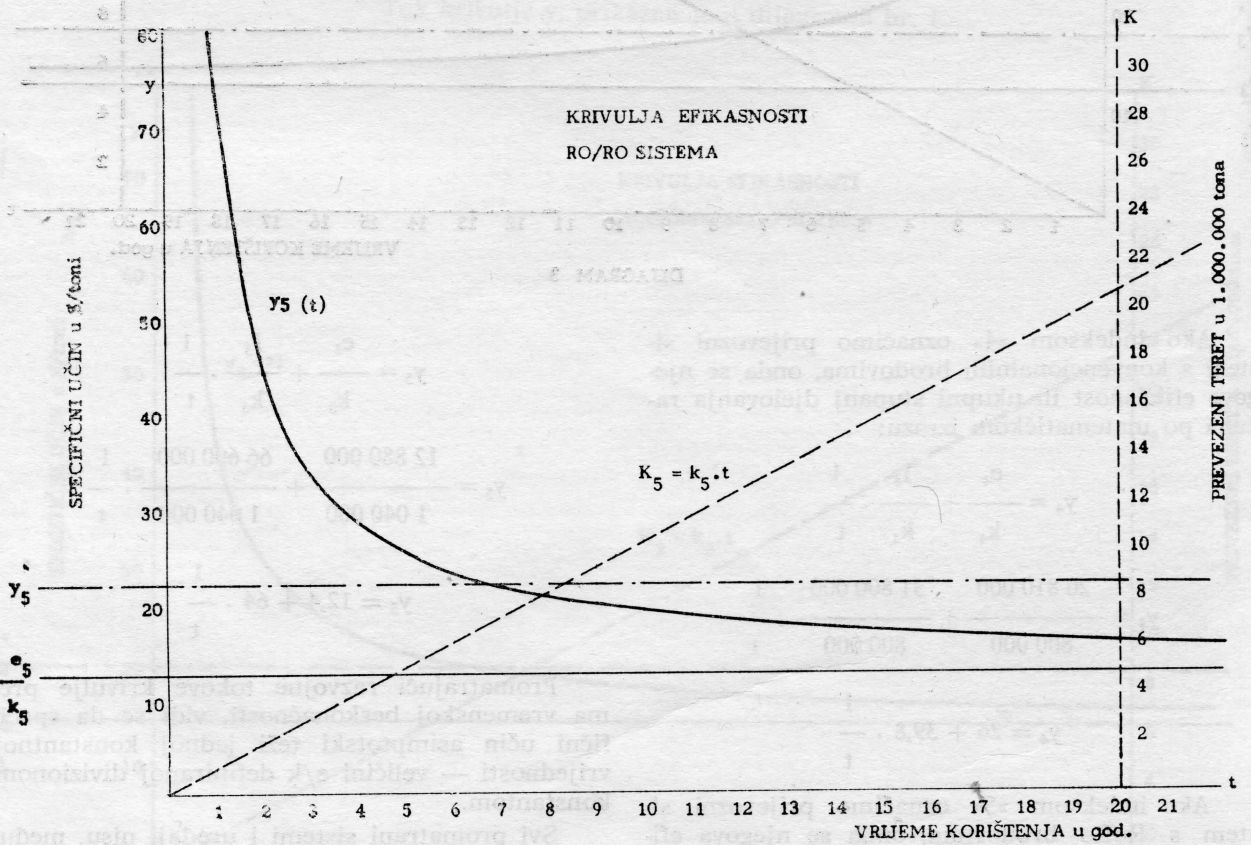
Promatrajući razvojne tokove krivulje prema vremenskoj beskonačnosti, vidi se da specifični učin asimptotski teži jednoj konstantnoj vrijednosti — veličini e/k definiranoj divizionom konstantom.

Svi promatrani sistemi i uređaji nisu, međutim, beskonačnog vijeka trajanja, već naprotiv, one su vrste koja relativno brzo tehnološki za-



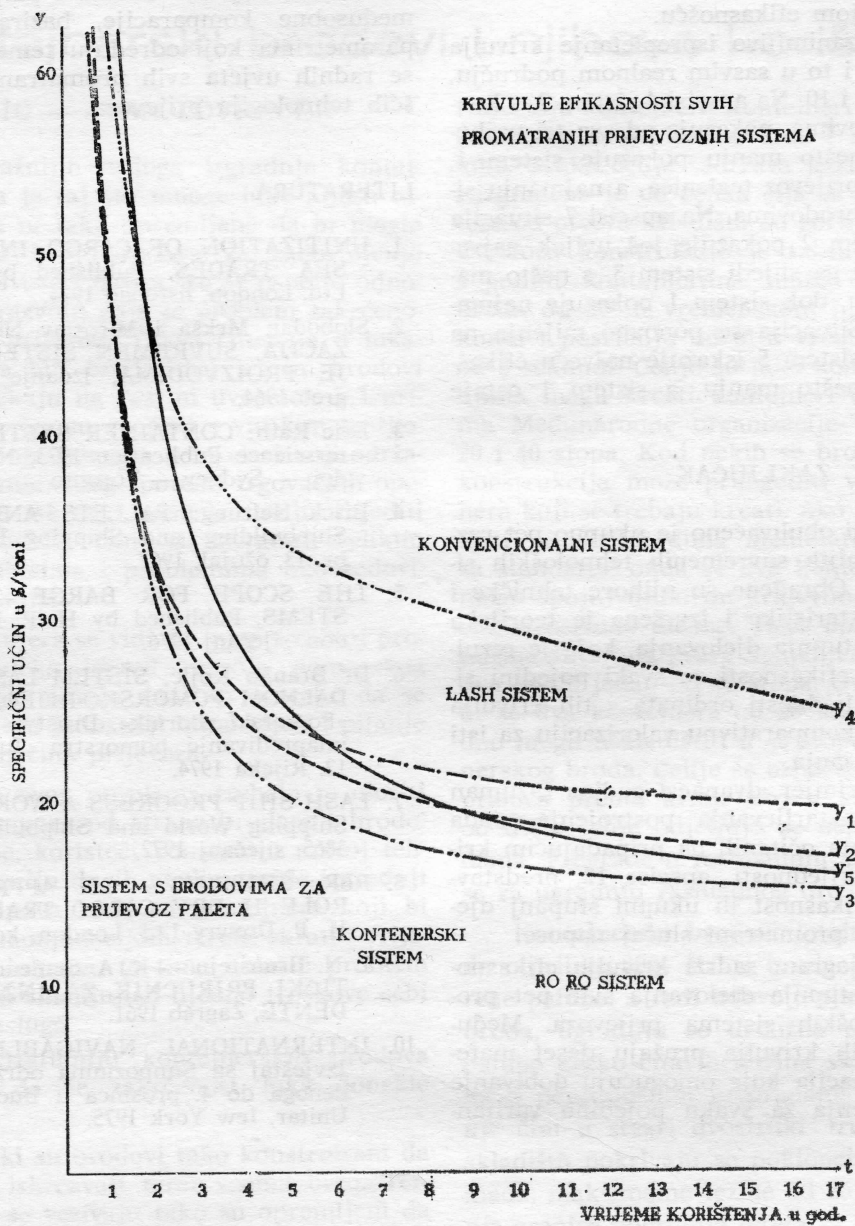
DIJAGRAM 4

Tok krivulje y_4 prikazan je u dijagramu 4.



DIJAGRAM 5

Tok krivulje y_5 prikazan je u dijagramu 5.



starijeva. Zato će efikasnost svakog od promatranih sistema biti izražena samo specifičnim učinkom koji će se očitati na ordinati krivulje efikasnosti za odabrano vremensko trajanje sveukupnog uređaja.

S obzirom na to da se amortizacija cjelokupnoga tehnološkog uređaja ili postrojenja oslanja na unaprijed fiksirano razdoblje korištenja sistema, to iz izraza za efikasnost, koji uzima u obzir ovakvu amortizaciju, vrijeme kao varijabla nestaje, pa matematički izraz dobiva još uopćenije značenje jer se svodi na pravac paralelan s apscisom. Ti pravci za godišnju stopu amortizacije od 15%, ucrtani u odgovarajuće dijagrame krivulja efikasnosti, sijeku svaku od njih točno na istoj apscisi, koja iznosi 6,66, što je zapravo recipročna vrijednost godišnje stope amortizacije promatranih tehnoloških uređaja.

To dalje znači da se pomoću krivulje efikasnosti može grafički odrediti efikasnost ili stupanj djelovanja sistema za bilo koju pretpostavljenu stopu amortizacije, na način da se ordinate očitaju na apscisi veličine njezine recipročne vrijednosti.

U dijagramu 6. ucrtane su krivulje efikasnosti svih pet promatranih sistema prijevoza. Tako prikazane one upućuju na više zanimljivih zapažanja.

Sistem označen s 3, tj. sistem s brodovima za prijevoz paleta, pokazuje najveću efikasnost za bilo koje trajanje njegova korištenja.

Slično tome, sistem označen s 4, tj. sistem s konvencionalnim brodovima, pokazuje najmanju efikasnost gotovo na cijelom području, osim ako se trajanje iskorištavanja ne ograniči na samo dvije godine, što nema praktične vrijednosti,

i u kojem bi periodu sistem 5, s RoRo brodovima, bio sa slabijom efikasnošću.

Posebno je zanimljivo isprepletanje krivulja sistema 1, 2 i 5, i to u sasvim realnom području, između apscise 4 i 10. Na apscisi 4 sistem 2, s kontejnerskim brodovima, pokazuje od sva tri najbolju efikasnost, nešto manju pokazuje sistem 1, s brodovima za prijevoz teglenica, a najmanju sistem 5, s RoRo brodovima. Na apscisi 7 situacija se mijenja: sistem 2 pokazuje još uvijek najveću efikasnost, ali ga slijedi sistem 5, s nešto manjom efikasnošću, dok sistem 1 pokazuje najmanju efikasnost. Situacija se ponovno mijenja na apscisi 10, gdje sistem 5 iskazuje najveću efikasnost, sistem 2 nešto manju, a sistem 1 ostaje s najslabijom.

ZAKLJUČAK

U ovoj radnji obuhvaćeno je ukupno pet različitih najznačajnijih suvremenih tehnoloških sistema prijevoza. Obradene su njihove tehničke i tehnološke karakteristike i izvršena je teorijska analiza njihova stupnja djelovanja, koja je rezultirala krivuljom efikasnosti za svaki pojedini sistem. Očitane vrijednosti ordinata s tih krivulja pružaju traženu komparativnu valorizaciju za isti odabrani rok trajanja.

Ako je, na primjer, dvanaest godina razuman tehnološki rok zastarijevanja postrojenja, onda vrijednost ordinata očitanih na pripadajućim krivuljama iznad vrijednosti apscise 12, predstavljaju konačnu efikasnost ili ukupni stupanj djelovanja za svaki promatrani slučaj napose.

Zaključni dijagram sadrži krivulje efikasnosti ili ukupnog stupnja djelovanja svih pet promatranih tehnoloških sistema prijevoza. Međusobna sjecišta tih krivulja pružaju deset matematičkih kombinacija koje omogućuju dobivanje optimalnog rješenja za svaku pojedinu varijan-

tu. Time se ujedno dobiva i eksplicitan odgovor međusobne komparacije, baziran na osnovnim parametrima koji određuju temeljne performanse radnih uvjeta svih promatranih, danas najčešćih tehnologija prijevoza.

LITERATURA

1. UNITIZATION OF CARGO IN THE DEEP — SEA TRADES, Published by H. P. Drewry, Ltd. London, listopad 1974.
2. Slobodan Mrkša i Miroslav Nikitović: PALETIZACIJA, SUVREMEN SISTEM MANIPULACIJE PROIZVODIMA, izdanje Informator, Zagreb 1964.
3. Eric Rath: CONTAINER SYSTEMS, A Wilex Interscience Publication 1973, New York — London — Sydney — Toronto
4. Erick Heirung: PALLETS AND CONTAINERS, Shipbuilding and Shipping Records, London, br. 13, ožujak 1967.
5. THE SCOPE FOR BARGE — CARRING SYSTEMS, Published by H. P. Drewry Ltd. London, siječanj 1976.
6. Dr Branko Kojić: SISTEM LASH U INTERMODALNOM PÓMORSKO-RIJEČNOM PROMETU, »Pomorski zbornik«, Društva za proučavanje i unapređivanje pomorstva Jugoslavije, knjiga 12, Rijeka 1974.
7. LASH SHIP PROGRESS A WORKING REALITY, Shipping World and Shipbuilder, London, br. 3865, siječanj 1972.
8. RoRo SHIPPING — AN APPRAISAL OF ITS ROLE II DRY CARGO TRADE Published by H. P. Drewry Ltd. London, kolovoz 1977.
9. I. N. Bronstejn — K. A. Semendjajev: MATEMATIČKI PRIRUČNIK ZA INŽENJERE I STUDENTE, Zagreb 1961.
10. INTERNATIONAL NAVIGABLE WATERWAYS, Izvještaj sa Simpozijuma održanog od 30. studenoga do 4. prosinca u Buenos Airesu, 1970. Unitar, Iew York 1975.

