

# LOGISTIKA PRETOVARA KONTEJNERA NA TERMINALIMA

Zoran MARINKOVIĆ<sup>1</sup>  
Goran PETROVIĆ<sup>2</sup>  
Dragan MARINKOVIĆ<sup>3</sup>  
Saša MARKOVIĆ<sup>4</sup>

**Rezime:** Rad se bavi problematikom pretovara kontejnera na terminalima. Kod ovog važnog i kritičnog logističkog podsistema kontejnerskog transporta proučeni su njegovi sastavni činioci i procesi koji se realizuju u okviru terminala. Cilj je da se organizuje efikasan, ekonomičan i bezbedan podsistem pretovara kontejnera na terminalima. Pokazano je kako se određuje učinak pretovarne opreme na terminalima sa aspekta njihove optimizacije. Ukazano je na mere koje se primenjuju u cilju uvećanja učinka ove opreme. Važno je da se vreme pretovara što više skрати, odnosno da njegova cena bude što manja, bez narušavanja bezbednosti operacija. Zbog toga su danas u okviru kontejnerskog transporta ulaganja velika i opravdana, radi veće automatizacije i efikasnosti ovih operacija na terminalima.

**Ključne reči:** kontejnerski transport, terminal, kontejner, kontejnerske dizalice, pretovar

## 1. UVOD

Kontejnerski transport podrazumeva prevoz robe u jedinstvene tovarne sudove-sanduke, tj. ISO standardne kontejnere, koji će figurisati u čitavom transportnom lancu. Primena ove vrste transporta omogućava bitnu racionalizaciju usklađenog prevoza robe po principu "od vrata do vrata" u odnosu na klasični transport "komad po komad" sa neusklađenim fazama realizacije. Zbog visoke efikasnosti kontejnerski transport je postao međunarodni sistem za prevoz robe. On zahteva, pored primene ISO standardnih kontejnera, primenu specijalnih saobraćajnih sredstava drumskog, železničkog, vodenog i vazdušnog transporta, razvoj jedinstvenog informacionog sistema, obuku kadrova na visokom nivou i velika ulaganja [1, 2].

Posebno mesto u infrastrukturi ove vrste savremenog transporta zauzimaju kontejnerski terminali. To su prostori opremljeni odgovarajućom opremom i mehanizacijom za manipulaciju sa kontejnerima (utovar, istovar, pretovar, sortiranje, skladištenje, eventualno punjenje, pražnjenje i popravka itd.). Terminali se organizuju u velikim lukama, železničko-drumskim čvorištima, distributivnim i robno-trgovačkim centrima, preduzećima, fabrikama, u novim sistemima prevoza otpada itd. [3, 4].

Pošto je pretovar kontejnera važan logistički zadatak, njemu je u ovom radu posvećena posebna pažnja u cilju proučavanja i razvoja efikasnih, ekonomičnih i bezbednih kontejnerskih terminala.

## 2. KONTEJNERSKI TERMINALI

Kontejnerski terminali su važna karika u savremenom globalnom transportnom sistemu i predstavljaju prostor opremljen odgovarajućom opremom za manipulaciju sa ISO kontejnerima. U ovoj grupi spadaju kontejneri: tipa 1A od 40', tipa 1B od 30' i tipa 1C od 20', sa zajedničkim poprečnim presekom (širina × visina = 8' × 8') i bruto mase 30.5, 25 i 24 t [5]. Danas postoje kontejneri i veće visine 8' 6" i 9' 6". Ovde su 1' = 1 stopa = 1 ft = 304.8 mm i 1" = 1 col = 1 in = 25.4 mm.

Svaki učesnik u kontejnerskom transportu mora da raspolaze ovakvim prostorom i pratećom opremom koja zavisi od veličine i tipa terminala. Najraznovrsnijom manipulativnom opremom raspolazu lučki kontejnerski terminali, pa železničko-drumski, distributivni, robno-trgovački, fabrički itd.

Luke imaju važnu ulogu u svakoj zemlji, često prelaze nacionalne okvire i mogu predstavljati značajna prometna čvorišta više zemalja. Postoje morske, rečne i morsko-rečne luke. U lukama se primenjuje savremena manipulativna oprema za različite vrste roba (komadnih, rasutih, tečnih, paletizovanih i drugih tereta). Danas u njima posebno mesto zauzima prostor i oprema kontejnerskog transporta [3, 4].

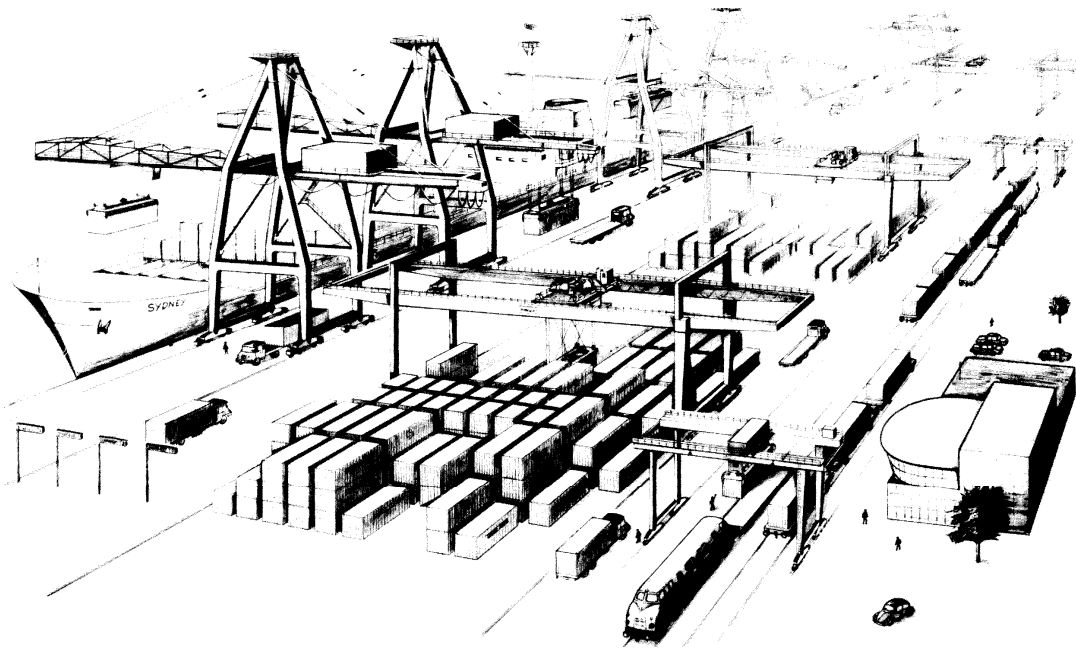
Slika 1 prikazuje savremeni lučki terminal, gde su levo na obali prema moru velike kontejnerske dizalice za utovar i istovar brodova i saobraćajnice za prilaz drumskih vozila, na sredini se odvija skladištenje kontejnera u tri nivoa i desno, kod pristanišne zgrade, su železnica i saobraćajnice sa odgovarajućim kontejnerskim dizalicama [5, 6].

<sup>1</sup> Prof. dr Zoran Marinković, Mašinski fakultet Niš, A. Medveda 14, 18000 Niš, [zoranm@masfak.ni.ac.yu](mailto:zoranm@masfak.ni.ac.yu)

<sup>2</sup> mr Goran Petrović, Mašinski fakultet Niš, A. Medveda 14, 18000 Niš, [pgoran@masfak.ni.ac.yu](mailto:pgoran@masfak.ni.ac.yu)

<sup>3</sup> dr Dragan Marinković, Mašinski fakultet Niš, A. Medveda 14, 18000 Niš, [gagimarinkovic@yahoo.com](mailto:gagimarinkovic@yahoo.com)

<sup>4</sup> mr Saša Marković, Mašinski fakultet Niš, A. Medveda 14, 18000 Niš, [smark@masfak.ni.ac.yu](mailto:smark@masfak.ni.ac.yu)



Sl. 1 Savremeni lučki kontejnerski terminal

Na lučkim terminalima mogu se posredstvom mehanizacije realizovati šest osnovnih manipulativnih operacija na relaciji: brod-obala i obratno, obala-skladišni prostor i obratno i skladišni prostor-kontinentalni transport i obratno [3, 4]. Kod ovih operacija zastupljene su dve osnovne tehnologije manipulisanja sa kontejnerima, koje se mogu kombinovati, a to su:

- Lo-Lo (Lift on - Lift off = digni – spusti) sistem pretovara pomoću dizalica [6],
- Ro-Ro (Roll on - Roll off = dokotrljati – otkotrljati) sistem pretovara pomoću specijalnih vučnih vozila [7].

Mesta u unutrašnjosti kopna, gde se ukrštaju važni železnički i drumski putevi, ispunjavaju važan geografski uslov za lokaciju železničko-drumskih terminala. Na njima se vrši istovar kontejnera sa drumskih vozila ili železničkih kompozicija na skladišni prostor i obrnuto, pretovar kontejnera između drumskih i železničkih vozila, sortiranje kontejnera na skladišnoj površini itd. Glavni elementi ove vrste terminala su: stanična zgrada, ulazno-izlazni koloseci, produžni kolosek, koloseci za stacioniranje delova kompozicije, prilazne saobraćajnice i parkinzi za drumska vozila, skladišne površine, pretovarna mehanizacija i dodatna oprema, kako je dato na desnom delu sl. 1. Na utovarno-istovarnim prostorima preduzeća, distributivnih i robno-trgovačkih centara i sl. vrši se utovar ili istovar sa kamiona i/ili vagona itd.

Za pola veka primene kontejnerskog transporta obim transporta se značajno uvećao i razvijena je nova manipulativna oprema za kontejnere u okviru terminala. Svakodnevno je u svetskim kontejnerskim lukama tokom 1994. godine ostvaren prosečan dnevni pretovar od 900 TEU. Pod TEU podrazumva se dvadesetostopni kontejner kao ekvivalentna jedinica, tj. 1 TEU = 20' ISO kontejner. Ovaj prosek te godine za dvadesetak vodećih luka je bio znatno veći i iznosio je oko 9000 TEU. Tada u Hong Kongu prosečni dnevni pretovar je bio oko 30000 TEU, u

Singapuru 28500 TEU, u Roterdamu 12500 TEU. Tokom 1996. godine ovaj prosečni pretovar u Hong Hongu dostiže 36500 TEU, a u Singapuru 35500 TEU [3]. Danas je u ove dve najveće svetske luke godišnji pretovar došao do cifre od 20 miliona TEU, odnosno prosečni dnevni pretovar je oko 60000 TEU sa stalnom tendencijom porasta.

Ovakav promet kontejnera zahteva savremena sredstva spoljašnjeg transporta i odgovarajuću mehanizaciju velikog učinka na terminalima. Zbog toga se danas prave brodovi nosivosti preko 10000 do 14000 TEU, a u železničkom transportu se organizuju "shuttle" vozovi dužine do 2 km itd.

Dalje u radu razmatran je učinak pretovarne mehanizacije na kontejnerskim terminalima sa merama za njihovo poboljšanje u cilju ostvarivanja efikasnijeg, ekonomičnijeg i bezbednijeg pretovara kontejnera.

### 3. PRORAČUN UČINKA I RADNOG CIKLUSA KONTEJNERSKIH DIZALICA

Važna karakteristika pretovarne mehanizacije, tj. kontejnerskih dizalica u okviru Lo-Lo tehnologije na terminalu je učinak, koji se definiše kao količina robe ( $U_m$ ) ili broj pretovarenih kontejnera ( $BPK$ ) u jedinici vremena. Pošto je rad ovih dizalica cikličan, opšti izrazi za ove veličine glase:

$$U_m = \sum_{i=1}^n z \cdot m_i \cdot n_c = \sum_{i=1}^n z \cdot m_i \cdot l / T_c \quad (t/h) \quad i \quad (1)$$

$$BPK = z \cdot n_c = z \cdot l / T_c \quad (kont/h), \quad (2)$$

gde su:

$m_i(t)$  – masa robe sa kontejnerom u  $i$ -tom radnom ciklusu,  
 $n_c = l / T_c (h) = 60 / T_c (min) = 3600 / T_c (s) (cik/h)$  – broj ciklusa na čas, koji zavisi od vreme trajanja ciklusa  $T_c (h, min, s)$ ,  
 $z (kont/cikl)$  – broj zahvaćenih kontejnera u jednom ciklusu.

Pod radnim ciklusom se podrazumevaju svi zahvati i pokreti koje preduzima kontejnerska dizalica sa svojim nezavisnim mehanizmima za obavljanje jedne manipulativne operacije prilikom premeštanja kontejnera. Na dizalici razlikuju se: mehanizam za dizanje kontejnera (z-pravac), mehanizam za kretanje kolica (y-pravac) i mehanizam za kretanje cele dizalice (x-pravac). Mehanizam za dizanje ove dizalice, koji se nalazi na kolicima, snabdeven je specijalnim uređajem za automatsko zahvatanje i odlaganje kontejnera, tj. sprederom. Najbolji su univerzalni hidraulički sprederi namenjeni za zahvat svih tipova ISO kontejnera.

Brzine kretanja prethodno navedenih mehanizama znatno su veće u odnosu na druge tipove dizalica. Zbog toga se kod elementarnog pokreta ovih mehanizama, pored perioda ubrzanja, stacionarnog kretanja i kočenja, predviđa period pozicioniranja. On se realizuje u završnoj fazi kretanja pre zaustavljanja, radi preciznijeg obavljanja operacija. Onda se prelazi na veoma malu brzinu kretanja, tzv. brzinu "puzanja". Karakteristično za ove dizalice je da mogu da rade automatski, tako što se njime upravlja računarnom na osnovu urađenog programa.

Vreme trajanja ciklusa je vreme koje protekne između dva zahvata kontejnera. Ono se sastoji iz produktivnih i neproduktivnih delova vremena. Prvo je aktivno vreme i odnosi se na zahvat, pokrete i odlaganje koje obavlja dizalica u zavisnosti od dužine puta. U okviru ovog vremena postoji radnih hod kada je dizalica pod teretom i povratni hod kada je dizalica rasteročena. Drugo je tzv. "mrtvo" vreme kada dizalica prima informacije i čeka na smirivanje njihovih kontejnera nakon kočenja (zaustavljanja).

Vreme trajanja ciklusa ( $T_c$ ) za jednu regalnu dizalicu kada nema preklapanja rada pogonskih mehanizama iznosi:

$$T_c = \sum t_i = (t_{01} + t_{02}) + (t_{za} + t_{od}) + \sum_1^4 t_{pz} + \sum_1^2 t_{py} + \sum_1^2 t_{px}, \quad (3)$$

gde su:

$t_{01}$  i  $t_{02}$  – "mrtva" vremena (prijem informacija i njihovanje),

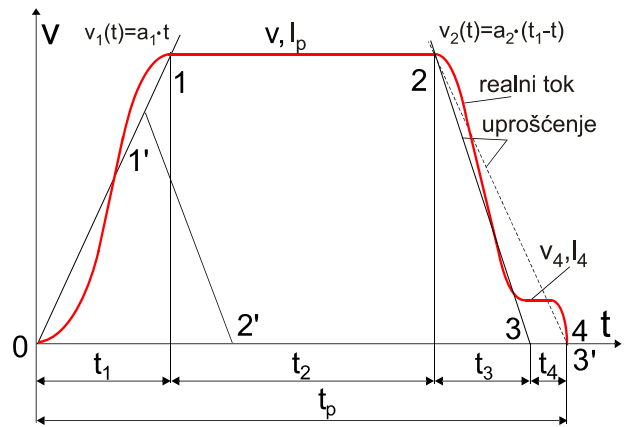
$t_{za}$  i  $t_{od}$  – vreme zahvata i odlaganja kontejnera,

$\sum t_{pz}$  – vremena vertikalnih pokreta mehanizma za dizanje u z-pravcu i ima ih ukupno 4 (2 sa teretom i 2 bez tereta),

$\sum t_{py}$  – vremena horizontalnih pokreta kolica u y-pravcu i ima ih obično 2 (1 sa teretom i 1 bez tereta),

$\sum t_{px}$  – vremena horizontalnih pokreta dizalice u x-pravcu i ima ih obično 2 (1 sa teretom i 1 bez tereta).

Vreme trajanja ciklusa ( $T_c$ ) je slučajna veličina, koje najviše zavisi od dužine transportnih puteva pojedinih pokreta pogonskih mehanizama dizalice. Slika 2 prikazuje modelirani pokret ovih mehanizama u dijagramu  $v = f(t)$ , kao profil promene brzine (0–1–2–3–4). Ovaj pokret ili profil promene brzine sastoji se iz četiri perioda: ubrzanje (0–1), ustaljeno (stacionarno) kretanje (1–2), kočenje (usporenje) (2–3) i pozicioniranje (postavljanje) u željeni položaj (3–4). Međutim, često se u praktičnim analizama uzima uprošćeni profil (0–1–2–3') za proračun vreme trajanja jednog pokreta ( $t_p$ ) [7].



Sl. 2 Dijagram promene brzine u vremenu  $v = f(t)$  za jedan pokret mehanizma

Ukupno vreme trajanja jednog pokreta  $t_p$  odgovarajućeg mehanizma kontejnerske dizalice za profil brzine (0–1–2–3–4), čiji su periodi ubrzanja (0–1) i kočenja (2–3) linearizovani sa ubrzanjem  $a_1 = const$  i usporenjem  $a_3 = const$ , glasi:

$$t_p = \sum t_i = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (4)$$

U okviru ovog uprošćenog modela proračuna vremena pokreta ( $t_p$ ) kontejnerska dizalica se posmatra kao kruto telo i polazi se od sledećih poznatih kinematskih karakteristika tog pokreta:

- ukupni put pokreta  $l_p$  i put pozicioniranja  $l_4$ ,
- nazivna brzina  $v$  i brzina pozicioniranja  $v_4 = v/k$ ,
- ubrzanje  $a_u = a_1$  i kočenje (usporenje)  $a_k = a_3$ .

Aproksimacija vrednosti ubrzanja i usporenja u prvom i trećem periodu jednog pokreta (sl. 2) u vidu konstante, je ono što ovaj model čini uprošćenim. Dalje uprošćenje je da oba ova perioda nestacionarnog kretanja imaju istu apsolutnu vrednost ubrzanja ( $a_1 = a_u$ ) i usporenja ( $a_2 = a_k$ ), koja je određena kao prosečna iz sledećeg izraza:

$$a = a_1 = a_3 = (2 \cdot |a_1 \cdot a_3|) / (|a_1| + |a_3|) = const. \quad (5)$$

Opšte poznate relacije koje se ovde koriste su:

- za ravnomerno ubrzano (usporeno) kretanje:

$$a_u = v/t_u = const \Rightarrow t_u = v/a_u$$

$$l_u = v \cdot t_u / 2 = v^2 / 2a_u = a_u \cdot t_u^2 / 2. \quad (6)$$

- za ustaljeno (stacionarno) kretanje:

$$l_{st} = v \cdot t_{st} \Rightarrow t_{st} = l_{st} / v. \quad (7)$$

Na osnovu ovih opštih izraza (6 i 7) lako se određuju parcijalna vremena  $t_i$  iz relacije (4) za krivu promene brzine (0–1–2–3–4), kao:

$$t_1 = t_u = v/a_1 \quad i \quad t_3 = t_k = v/|a_2| \Rightarrow t_1 = t_3 = v/a, \quad (8)$$

$$t_2 = [l_p - (l_1 + l_3 + l_4)] / v = (l_p - l_4) / (v - v/a), \quad (9)$$

$$t_4 = l_4 / v_4. \quad (10)$$

Ako se prethodni izrazi za  $t_i$  (8 ÷ 10) zamene u relaciji (4), konačno se dobija opšti izraz za proračun vremena jednog pokreta ( $t_p$ ) u obliku:

$$t_p = \sum t_i = v/a + (l_p - l_4)/v + l_4/v_4. \quad (11)$$

Težnja je da vremena pokreta pojedinih mehanizama (11), tj. vreme trajanja ciklusa (3) kontejnerske dizalice, kada nema preklapanja njihovog rada, bude što kraće, odnosno da njihov učinak bude što veći. To se može postići na više načina:

- povećavanjem vrednosti brzina i ubrzanja kretanja pogonskih mehanizama,
- smanjivanjem vremena zahvatanja i odlaganja kontejnera pimenom automatskih univerzalnih hidrauličkih spredera,
- primenom mehaničkih uređaja za korekciju položaja kontejnera i prigušenja njihovanja vešanjem spredera na četiri tačke, odnosno na osam krakova užadi,
- realizacija radnog ciklusa dizalica sa preklapanjem rada pojedinih pogonskih mehanizama,
- korišćenjem kontejnerskih lučkih dizalica sa više kolica, pri čemu su pojedinačni pokreti: dizanje, horizontalno kretanje i spuštanje kontejnera raspodeljuje na tri ili više kolica,
- istovremenim pretovarom dva kontejnera od 20', a u Japanu se vrše testiranja eksperimentalnog rama za istovremeno podizanje četiri kontejnera,
- automatizacijom rada pretovarne opreme kojom se upravlja putem računara na osnovu razvijenih računarskih programa itd.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog u radu, koji je imao cilj da analizira pretovarne operacije na terminalima, može da se izvuku sledeći zaključci:

- kontejnerski transport danas u okviru svetske globalizacije privrede igra važnu ulogu u prevozu robe i ima stalnu tendenciju porasta,
- kontejnerski terminali sa svojom infrastrukturom i pretovarnom opremom predstavljaju važna čvorišta u savremenom transportnom lancu robe,
- pretovarna oprema na terminalima je veoma različita i mora biti dobro dimenzionisana sa aspekta ostvarivanja učinka na bazi prosečnog dnevnog protoka kontejnera kroz terminal,
- razvijen je veliki broj tehničkih i tehnoloških rešenja za povećanje učinka pretovarne opreme na terminalima, tako da su ekonomski opravdana ulaganja u tu opremu radi veće automatizacije i efikasnosti operacija pretovara.

#### LITERATURA

- [1] Perišić R. : "Savremene tehnologije transporta – I", Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1985.

- [2] Marinković Z., Petrović G., Milić P.: "Kontejneri i njihova uloga u prevozu robe", XI naučno stručna konferencija o železnici sa međunarodnim učešćem, "Želkon '04", Niš 2004., Zbornik radova, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2004. str. 117 ÷ 122.
- [3] Dragović B.: "Lučki kontenerski terminali", LIBERTAS, Bijelo Polje, 1997.
- [4] Stipanić Lj.: "Mehanizacija luka i lučkih terminala", Sveučilište u Rijeci, Istarska naklada, Pula 1882.
- [5] Marinković Z., Mijajlović R., Đorđević M.: "Sredstva za zahvat kontenera", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 2/96, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1996., str. 7 ÷ 12.
- [6] Marinković Z., Jovanović M., Janošević D., Marković S., Mijajlović D.: "Pretovarna oprema kombinovanog transporta na železničkim kontejnerskim terminalima", X jugoslovenska konferencija "Železničko mašinstvo 2002" sa međunarodnim učešćem, Niš 2002., Zbornik radova, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2002. str. 163 ÷ 168.
- [7] Ivković N., Marinković Z.: "Savremene tehnologije kombinovanog transporta", XI naučno stručna konferencija o železnici sa međunarodnim učešćem, "Želkon '04", Niš 2004., Zbornik radova, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2004. str. 265 ÷ 270.
- [8] Georgijević M.: "Pretovar kontejnera", Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.

## LOGISTICS OF CONTAINER RELOADING AT TERMINALS

Zoran MARINKOVIĆ, Goran PETROVIĆ  
Dragan MARINKOVIĆ, Saša MARKOVIĆ

**Abstract:** *The paper considers the topic of container reloading at terminals. The basic elements of this important logistics subsystem as well as the processes performed at terminals are investigated. The aim is to organize efficient, economic and safe subsystems of container transport at terminals. It is demonstrated how to determine optimal performances of equipment. Measures to improve the equipment performances are pointed out. It is important to shorten the time necessary for the reload operations, i.e. to reduce the costs, but without jeopardizing the safety of operations. Hence, the investments in container transport are large and justified aiming at greater level of automation and efficiency.*

**Keywords:** *container transport, terminal, container, container cranes, reload, storage*

**Napomena:** Rad je urađen u okviru projekta br. 14068 Ministarstva nauke Republike Srbije