

# NEKI ASPEKTI ANALIZE FAKTORA KOJI DETERMINIŠU PRODUKTIVNOST SREDSTAVA MEHANIZACIJE U PROCESU LUČKOG PRETOVARA

**Dr Deda Đelović, dipl. inž.**  
Luka Bar AD, Bar, Crna Gora

U radu su, nakon sažete analize strukture procesnog modela unapređenja produktivnosti i identifikacije parametara koji determinišu vrijednosti produktivnosti sredstava mehanizacije u procesu pretovara, razmatranja fokusirana na analizu identifikovanih parametara: vrijeme efektivnog angažovanja sredstava mehanizacije, broj radnih ciklusa u vremenu efektivnog angažovanja sredstava, karakteristike (masa) manipulativne jedinice. Posebna pažnja je posvećena uticaju prekida procesa rada usled otkaza sredstava mehanizacije na smanjenje produktivnosti rada. Konkretni rezultati prezentirani u radu proizašli su iz analiza koje je autor sproveo u sistemu upravljanja procesom pretovara u Luci Bar.

*Ključne reči: pretovar, produktivnost rada, lučka mehanizacija, analiza produktivnosti*

## UVOD

Eksploatacija sredstava lučke mehanizacije je jedna od faza procesa pružanja lučkih usluga i može se matematički interpretirati skupom eksploatacionih parametara  $p_i$ , čije su vrijednosti determinisane elementima  $e_j$ , u posmatranom vremenskom intervalu  $t$ , na sledeći način /1/:

$$R = \{p_i | p_i = f(e_j)\} \dots \dots \dots (1)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

$j = 1, 2, \dots, m$

Elementi  $e_j$  su, u opštem slučaju, određeni sledećim osnovnim parametrima:

- radnom lokacijom sredstva (gat, vez, skladište, ...);
- karakteristikama tereta (pojavni oblik tereta, masa, ...);
- karakteristikama raspoloživih sredstava mehanizacije (grupa sredstava, vrsta sredstava, klasa sredstava, tip sredstva, potrošnja goriva, brzina kretanja, brzina podizanja i spuštanja tereta, radni pritisak, časovni kapacitet, ...);
- stepenom adekvatnosti sprovođenja aktivnosti održavanja (preventivnih i korektivnih) sredstava lučke mehanizacije; itd.

Skup eksploatacionih parametara sredstava

mehanizacije je brojan. Među njegovim elementima centralno mesto pripada parametru P1 - produktivnost rada. Produktivnost rada sredstava mehanizacije, saglasno najvišem mogućem rangu značajnosti sredstava u lučkom radnom procesu, predstavlja ključni element produktivnosti procesa realizacije lučke usluge. Produktivnost rada u procesu pružanja lučkih usluga je, inače, parametar od koga u značajnoj mjeri zavisi ukupni kvalitet lučke usluge, a ispoljava i dominantno dejstvo na trajanje procesa pružanja lučke usluge, a samim tim i stepen zadovoljenja jednog iz grupe osnovnih zahtjeva na tržištu lučkih usluga: što kraće zadržavanje sredstava transporta (posebno brodova) u lukama.

## FAKTORI KOJI DETERMINIŠU NIVO PRODUKTIVNOSTI SREDSTAVA MEHANIZACIJE U PROCESU PRETOVARA TERETA

Na slici 1. je prikazana struktura procesnog modela unapređenja produktivnosti sredstava mehanizacije (definisana na osnovu opšte strukture procesnog modela iz /2/), gdje se - u segmentu 4.1.1 (dio mjerenje) - mogu uočiti parametri koji determinišu produktivnost sredstava mehanizacije u procesu pretovara: vrijeme efektivnog rada sredstava mehanizacije (koje se adekvatno opisuje koeficijentom efektivnog iskorišćenja sredstva), broj radnih ciklusa u vremenu efektivnog angažovanja i karakteristike (masa) manipulativne jedinice.

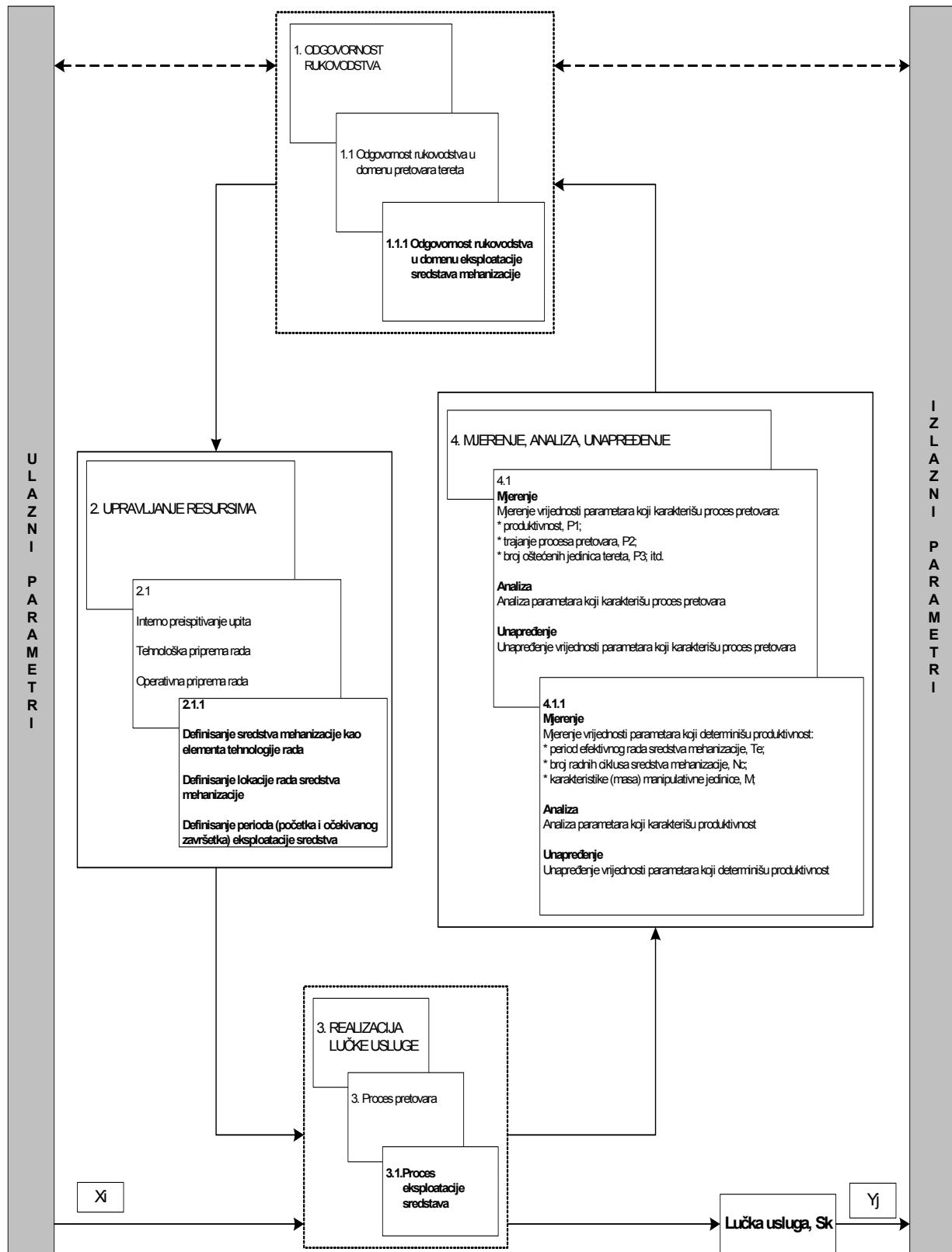
Kontakt: Dr Deda Đelović, dipl. inž.

„Luka Bar“ a.d., Bar

Obala 13. jula b.b., 85000 Bar, Crna Gora

E-mail: deda.djelovic@lukabar.cg.yu

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd. Sva prava zadržana. Istraživanja i projektovanja za privredu 19/2008



Slika 1.

U narednim segmentima rada prikazani su određeni aspekti analize faktora koji determinišu produktivnost sredstava mehanizacije, sa posebnim akcentom na uticaj koji prekidi procesa pretovara usled otkaza sredstava mehanizacije imaju na smanjenje produktivnosti rada.

### **ODREĐENI ASPEKTI ANALIZE VREMENA EFEKTIVNOG RADA SREDSTAVA MEHANIZACIJE**

Već je naglašeno da se vrijeme efektivnog rada sredstava mehanizacije, kao jedan od parametara koji određuje vrijednosti produktivnosti u procesu pretovara, adekvatno opisuje koeficijentom efektivnog iskorišćenja sredstava mehanizacije.

Slijedeći logiku odvijanja procesa pružanja lučkih usluga, identifikovani su faktori uticaja na koeficijent efektivnog iskorišćenja sredstava lučke mehanizacije. Definisane su, pri tome, sledeće četiri grupe faktora /1/:

- faktori uticaja koji se odnose na zahtjev korisnika usluga, F1

$$F_1 = (f_{11}, f_{12}, f_{13}) \dots\dots\dots (2)$$

gdje su:  $f_{11}$  – struktura i obim pretovara;

$f_{12}$  – raspodjela vrsta manipulacija sa teretom;

$f_{13}$  – raspodjela broja paralelnih manipulacija sa teretom;

- faktori uticaja koji se generišu u procesu pripreme procesa pružanja lučkih usluga, F2

$$F_2 = (f_{21}, f_{22}) \dots\dots\dots (3)$$

gdje su:  $f_{21}$  – stepen adekvatnosti propisanih tehnologija rada sa stanovišta sredstava mehanizacije;

$f_{22}$  – značaj sredstava u procesu rada;

- faktori uticaja koji se generišu u procesu uključivanja sredstava u eksploataciju, F3

$$F_3 = (f_{31}, f_{32}, f_{33}, f_{34}) \dots\dots\dots (4)$$

gdje su:  $f_{31}$  – broj raspoloživih sredstava određene kategorije;

$f_{32}$  – adekvatnost planiranja rada;

$f_{33}$  – operativna gotovost sredstava;

$f_{34}$  – adekvatnost sprovođenja tehnologija rada;

- faktori koji se generišu u procesu eksploatacije sredstava, F4

$$F_4 = (f_{41}, f_{42}, f_{43}, f_{44}, f_{45}, f_{46}, f_{47}) \dots\dots\dots (5)$$

gdje su:

$f_{41}$  – tehnološka primjerenost sredstva;

$f_{42}$  – faza životnog vijeka sredstva;

#### **f<sub>43</sub> – prekidi procesa rada;**

$f_{44}$  – karakteristike transportnog sredstva;

$f_{45}$  – rukovaoci sredstvom;

$f_{46}$  – ostali izvršioci iz sastava “radne ruke” (tehnološki zaokružene cjeline koju sačinjavaju sredstva mehanizacije, rukovaoci sredstvima i lučko-transportni radnici);

$f_{47}$  – karakteristike lučkih alata;

### **PREKIDI PROCESA RADA USLED OTKAZA SREDSTAVA MEHANIZACIJE**

Činjenica je da dostizanje maksimalnih učinaka u procesu pretovara, respektujući raspoložive resurse, podrazumijeva neprekidnost procesa rada. Svaki prekid procesa pretovara praćen je brojnim negativnim poslasticama:

- **smanjenje produktivnosti rada;**
- “prazan hod” u dozvoljenom vremenu za izvršenje određene usluge;
- smanjenje stepena iskorišćenja resursa (radne snage, sredstava lučke mehanizacije, ...) angažovanih na izvršenju usluge;
- negativan uticaj na motivaciju izvršilaca, direktno ili indirektno uključenih u proces realizacije “kritične” usluge;
- negativni efekti na povjerenje prema luci od strane korisnika lučkih usluga; itd.

Istraživanja /3/ potvrđuju da prekidi procesa rada usled otkaza sredstava mehanizacije imaju značajno učešće kako u broju tako i u dužini trajanja prekida u određenom vremenskom periodu (dan, sedmica, mjesec, ...). U narednoj tabeli (Tabela 1.) su prikazani rezultati istraživanja sprovedenih na izabranom objektu analize (rad sa toplo i hladno valjanom čeličnom trakom, na relaciji skladište – brod, u Luci Bar, za period 2005.g. – 2006.g. /4/).

Klasa faktora uticaja na prekide procesa rada	Učešće u ukupnom trajanju prekida (%)
faktori unutar lučkog poslovnog sistema	38,2
faktori izvan lučkog poslovnog sistema	61,8

Tabela 1.

Ukoliko se za predmet dalje analize uzmu faktori koji djeluju unutar lučkog poslovnog sistema, onda se može konstatovati postojanje dviju glavnih grupa faktora uticaja na prekide procesa rada u okviru ove klase (Tabela 2.).

Grupa faktora uticaja	Učešće u trajanju prekida usled dejstva faktora iz klase (%)
operativno-tehnološki	31,02
otkazi sredstava mehanizacije	68,98

Tabela 2.

Na osnovu rezultata datih u Tabeli 2. moguće je izvesti zaključak o dominantnom uticaju otkaza sredstava mehanizacije (u okviru grupe faktora koji djeluju unutar lučkog poslovnog sistema) na prekide procesa rada. U Tabeli 3. je izvršeno razvrstavanje grupe faktora *otkazi sredstava mehanizacije*.

Faktor uticaja	Otkazi sredstava "horizontalne" mehanizacije (viljuškari, tegljači, ...)	Otkazi sredstava "vertikalne" mehanizacije (portalne dizalice, ...)
učešće (%)	44,5	55,4

Tabela 3.

Prevazilaženje prekida procesa pretovara usled otkaza sredstva mehanizacije se, inače, svodi na jednu od sledećih varijanti:

- sredstvo koje je „u otkazu“ zamjenjuje se drugim «tehnološki adekvatnim» sredstvom (čije karakteristike u potpunosti odgovaraju tehnološkim zahtjevima koji se pojavljuju u procesu rada sredstva);
- sredstvo koje je „u otkazu“ zamjenjuje se „tehnološki neadekvatnim“ sredstvom (čije karakteristike, do stepena koji obezbjeđuje nastavak procesa rada, odgovaraju tehnološkim zahtjevima);
- prekid traje do opravke sredstva koje je „otkazu“.

#### **KVANTIFIKACIJA SMANJENJA PRODUKTIVNOSTI ZBOG PREKIDA PROCESA PRETOVARA USLED OTKAZA SREDSTVA MEHANIZACIJE**

Smanjenje produktivnosti  $R_p$  (t), kao posledica prekida procesa pretovara usled otkaza sredstva mehanizacije, može se matematički interpretirati na sledeći način:

$$R_p = T_o \times u_1 \dots\dots\dots (6)$$

gdje su:  $T_o$  (h) – dužina prekida procesa rada (trajanje stanja „u otkazu“ sredstva u slučaju kada prekid traje do opravke sredstva);

$u_1$  (t/h) – očekivani časovni učinak pri pružanju usluge tokom čije realizacije se desio zastoj.

Redukcija produktivnosti  $R_p$  (t) tokom određenog perioda, povlači za sobom troškove  $C_1$  (€) jednake dobiti koja bi se ostvarila da se zastoj nije desio,

$$C_1 = R_p \times V_t \dots\dots\dots (7)$$

pri čemu je:  $V_t$  (€/t) – tarifni stav (ili ugovorom precizirana cijena) pretovara po toni tereta.

Očekivani časovni učinak po jedinici vremena, pri pružanju usluge tokom čije realizacije se desio zastoj, dakle, predstavlja jedan od osnovnih parametara za definisanje nivoa redukcije produktivnosti.

U Tabeli 4. dati su relativni odnosi između časovne produktivnosti pri pretovaru različitih vrsta generalnih tereta iz broda u skladište /5/. Relativni odnosi izvedeni su tako što je matematičko očekivanje časovne produktivnosti (period 1996.g. – 2006.g.) za varijantu manipulacije *pozadinsko skladište, skladištenje «na slog»* sa vrećama od 50 kg usvojeno kao osnova ( $u_1 = 1$  t/h).

R.b.	Teret	Varijanta manipulacije brod - skladište		u <sub>1</sub> (t/h)
			naziv	
1.	Vreće od 50 kg (manipulativna jedinica 2,5 t)	1.1	pozadinsko skladište, skladištenje "na slog"	1
		1.2	pozadinsko skladište, skladištenje "na paleti"	1,18
		1.3	8 LTR u brodskom skladištu, pozadinsko skladište, skladištenje "na slog"	1,36
2.	«Džambo» vreće (manipulativna jedinica 4 t)	2.1	sa jednim traktorom za prevoz	1,36
		2.2	pozadinsko skladište, viljuškar u brodu	1,72
		2.3	sa traktorom za prevoz, viljuškar u brodu	2,09
		2.4	pozadinsko skladište, 2 traktora za prevoz	2,31
		2.5	RO-RO tegljač za prevoz	3,04
3.	Aluminijski blokovi (manipul. jedinica 4,2 t)	3.1	obalno skladište, 2 viljuškara u brodskom skladištu	3,86
		3.2	Pozadinsko skladište, 2 viljuškara u brodskom skladištu	4,31

Tabela 4.

Na osnovu podataka iz Tabele 4. zaključuje se da se sa ukрупnjavanjem manipulativne jedinice povećava časovna produktivnost, pri čemu se podrazumijeva potpuna međusobna usklađenost svih elemenata od kojih produktivnost rada zavisi (optimalna usklađenost svih elemenata primijenjivane tehnologije rada).

Kako bi se uspostavile podloge za identifikaciju veze između dužine trajanja prekida procesa pretovara usled otkaza sredstva mehanizacije i posledica tog prekida na smanjenje produkti-

vnosti, izvršena je analiza produktivnosti rada za različite dužine efektivnog rada u smjeni (Tabela 5.). Kao i u prethodnom slučaju, prikazani su relativni odnosi vrijednosti, polazeći od toga da se u svim navedenim varijantama manipulacije vrijednost 1 odnosi na dužinu efektivnog rada od 1h. Predmet analize su tereti u vrećama od 50 kg, „džambo“ vreće i aluminijski blokovi i po jedna varijanta realizacije manipulacije brod – skladište sa tim teretima /6/.

R.b.	Varijante manipulacije brod - skladište	Srednje vrijednosti učinaka (t/h) za karakteristično trajanje efektivnog rada						
		1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
<b>1.</b>	<b>Vreće od 50 kg</b>							
1.1	pozadinsko skladište, skladištenje "na slog"	1	2,6	4,5	5,2	6,1	6,7	7,7
<b>2.</b>	<b>“Džambo” vreće</b>							
2.1	sa jednim traktorom za prevoz	1	1,6	3,1	3,7	4,1	5,4	7,1
<b>3.</b>	<b>Aluminijski blokovi</b>							
3.1	obalno skladište, 2 viljuškara u brodskom skladištu	1	1,6	3,9	5,8	7,4	8,5	10,1

Tabela 5.

Podaci iz Tabele 5. čine u potpunosti očiglednom činjenicu da se sa povećanjem dužine trajanja prekida procesa rada (usled otkaza sredstava) umnožavaju negativni efekti definisani relacijom (7).

### **NEKI ASPEKTI ANALIZE BROJA RADNIH CIKLUSA U VREMENU EFEKTIVNOG RADA SREDSTVA MEHANIZACIJE**

Uvažavajući činjenicu da se optimizacija broja radnih ciklusa sredstva mehanizacije u vreme-

nu efektivnog angažovanja svodi na problem optimizacije dužine trajanja jednog radnog ciklusa, u ovom dijelu rada pažnja je usmjerena na određene aspekte analize strukture radnog ciklusa sredstva mehanizacije.

Na primjeru manipulacije skladište – brod (i obratno), izvršena je identifikacija glavnih komponenti radnog ciklusa sredstva mehanizacije (Tabela 6.).

Komponenta radnog ciklusa	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
Opis	Ostvarivanje adekvatnog zahvata između zahvatnog uređaja i manipulativne jedinice	Premještanje manipulativne jedinice od obale do broda (ili obratno)	Oslobađanje manipulativne jedinice od zahvatnog uređaja	Povratak sredstva mehanizacije na početnu poziciju za zahvatanje sledeće jedinice tereta

Tabela 6.

Komponente  $t_1$  i  $t_3$ , u najvećoj mjeri, zavise od vještine angažovanih radnika i stepena njihove efikasnosti, adekvatnosti zahvatnih uređaja koji se korsite, kao i od određenih drugih faktora uticaja, dok komponente  $t_2$  i  $t_4$  zavise od eksploatacionih karakteristika sredstva mehanizacije i vještine rukovalaca sredstvom. Uzimajući to u obzir, definišu se dvije "glavne" komponente radnog ciklusa sredstva mehanizacije:

$$T_1 = t_1 + t_3 \dots\dots\dots (8)$$

$$T_2 = t_2 + t_4 \dots\dots\dots (9)$$

Polazeći od relacija (8) i (9), trajanje radnog ciklusa može se matematički interpretirati na sledeći način:

$$T_c = T_1 + T_2 \dots\dots\dots (10)$$

Na objektu analize (u Luci Bar), koji je određene sledećim osnovnim elementima /4/:

- vrsta sredstva mehanizacije: portalna dizalica nosivosti 20 t,
- vrsta manipulacije: skladište – brod,
- vrsta tereta: hladno i toplo valjana čelična traka,
- razmatrani period: 1996.g. – 2000.g.,

izvršena je identifikacija raspodjele vrijednosti sledećih parametara:

$$i_1 = t_1/T_1 \dots\dots\dots (11)$$

$$i_2 = t_3/T_1 \dots\dots\dots (12)$$

$$i_3 = t_1/T_c \dots\dots\dots (13)$$

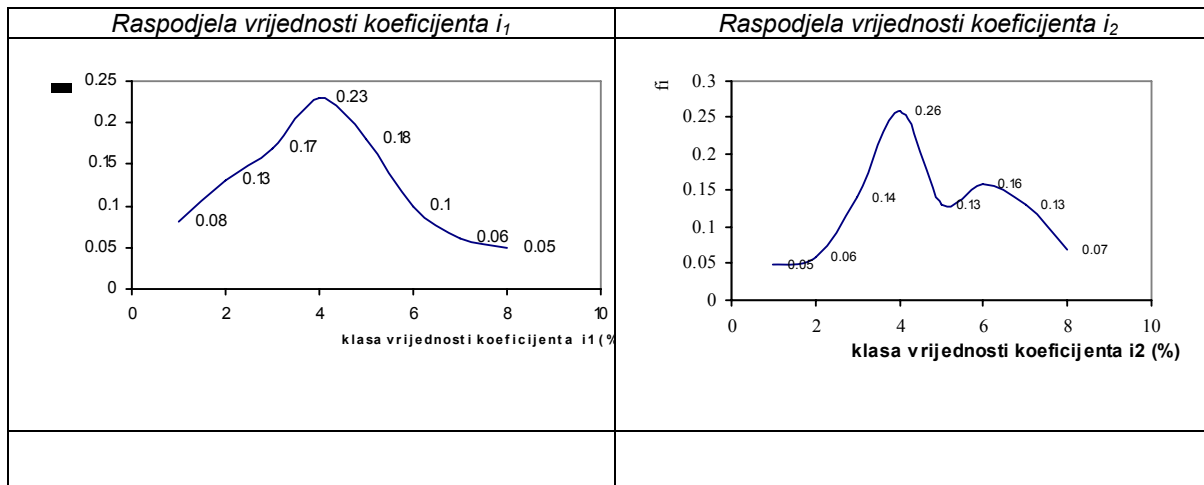
$$i_4 = t_3/T_c \dots\dots\dots (14)$$

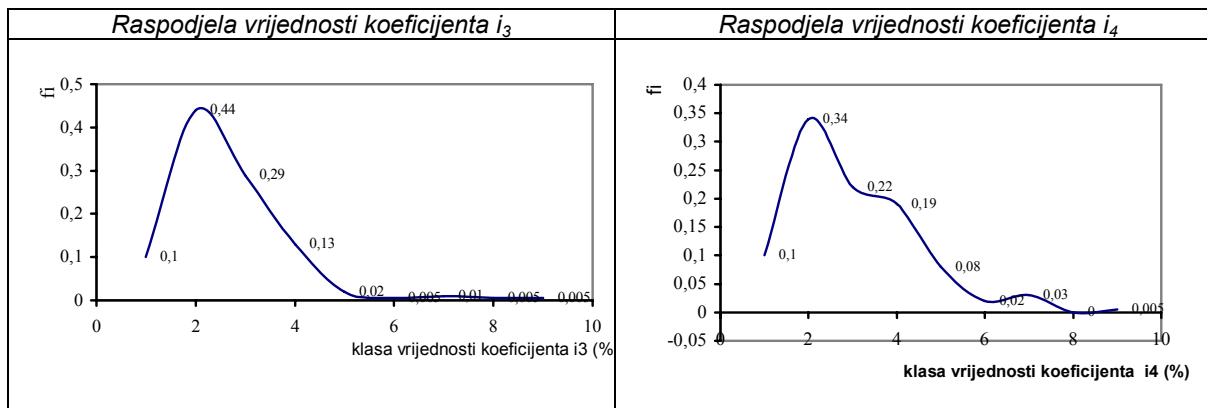
Forma sistematizacije podataka data je u Tabeli 7. (navedene su i klase vrijednosti definisanih koeficijenata).

$i_1$ (%)	10 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 – 60	61 – 70	71 – 80	81 – 90
Klasa	1	2	3	4	5	6	7	8
Broj pojavljivanja								
Frekvenc., $f_i$								

Tabela 7.

Dijagrami raspodjele vrijednosti parametara određenih relacijama (11) do (14) prikazani su na slici 2.





Slika 2.

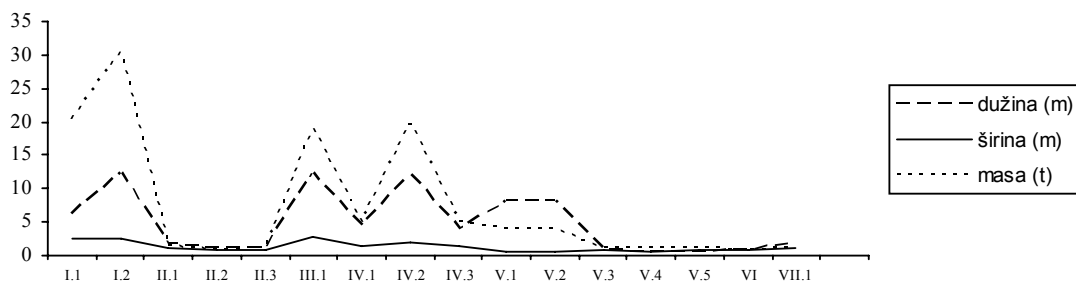
Značajna disperzija vrijednosti ukazuje na neophodnost dublje analize parametara koji se odnose na angažovane radnike i korišćene zahvatne uređaje, sa ciljem da se izvrši minimizacija vrijednosti odnosnih komponenti radnog ciklusa. Na potpuno analogan način se može sprovesti analiza raspodjele vrijednosti komponenti radnog ciklusa  $t_2$  i  $t_4$ .

### NEKI ASPEKTI ANALIZE KARAKTERISTIKA MANIPULATIVNE JEDINICE

Način formiranja manipulativne jedinice, u najvećoj mjeri, zavisi od karakteristika pojava oblika generalnih tereta (u procesu definisanja tehnologije pretovara vrši se optimizacija relacije *manipulativna jedinica – zahvatni uređaj – sredstva mehanizacije*), tako da je težište razmatranja u ovom dijelu rada na glavnim karakteristikama određenih pojava oblika generalnih tereta u Luci Bar (Tabela 8.). Grafički prikaz dijela podataka iz Tabele 8. (dužina, širina i mase) dat je na slici 3.

Pojavni oblik tereta	Klasa/vrsta tereta	Karakteristične dimenzije (mm)				Masa (t)	Skladište
		dužina	širina	visina	un. preč		
I - kontener	I.1 - 20 ft.	6055	2435	2435		20,32	otvoreno
	I.2 - 40 ft.	12190	2435	2435		30,5	otvoreno
II - paleta	II.1 - povratna	1200 do 1800	800 do 1200			0,8 do 1,5	zatvoreno
	II.2 - spec. povr.	800 do 1040	600 do 980			0,5 do 0,8	zatvoreno
	II - nepovratna	1200	800			0,8 do 1	zatvoreno
III - vagoni		11648-12257	1546 do 2819	1703-3327		13 do 19	otvoreno
IV – paketi limova	pocinkovani	do 4500	800 do 1500			5	zatvoreno
	toplo valjani	2000 do 12000	1000 do 2000			8-20	zatvoreno
	hladno valjani	1000 do 4000	600 do 1500			2 do 5	zatvoreno
cijevi	poduž. varene	6000 do 14000			139 do 406	oko 1	otvoreno
	spiralno varene	6000 do 16000			273 do 2032	oko 2	otvoreno
V - vezovi	V.1 profilisane kvadr. cijevi	4500 do 8000			presj: 20x20 do 150x150	oko 4	otvoreno
	V.2 profilisane pravoug. cijevi	4500 do 8000			presj: 30x20 do 200x100	oko 4	otvoreno
	V.3 - silumin	0,72	0,72	0,72 do 1,25		oko 1	otvoreno
	V.4 - olovo	0,55	0,55	0,40		oko 1	otvoreno
	V.5 - cink	0,45	0,90	0,50		oko 1	otvoreno
VI - blokovi	VI.1 - aluminijum	900	840	340		0,55 - 0,75	otvoreno
VII - bale	VII.1 - građa	oko 2000	oko 1000	oko 1000		oko 1	zatv./otvor.
koils	pocinkov. traka		800-1500		508, 610	do 15	zatvoreno
	toplo valj. traka		1000-2000		760		otvoreno

Tabela 8.



Slika 3.

## ZAKLJUČAK

Nivo produktivnosti u procesu pretovara tereta, u najvećoj mjeri, zavisi od produktivnosti sredstava lučke mehanizacije. Ishodište prethodne konstatacije je u ulozi i značaju koji sredstva mehanizacije imaju kao elementi tehnologije realizacije procesa pretovara.

Tri su osnovna parametra koji determinišu vrijednosti produktivnosti sredstava mehanizacije u procesu pretovara: vrijeme efektivnog angažovanja sredstva mehanizacije (koje se adekvatno opisuje koeficijentom efektivnog iskorišćenja sredstva mehanizacije), broj radnih ciklusa u vremenu efektivnog angažovanja i karakteristike (masa) manipulativne jedinice.

Rezultati analiza obuhvaćenim Radom su potvrdili da prekidi procesa pretovara usled otkaza sredstava mehanizacije imaju brojne negativne posledice među kojima posebnu pažnju i „upravljačke napore“ usmjerene ka apsolutnoj minimizaciji zaslužuje smanjenje produktivnosti rada.

## LITERATURA:

- /1/ D. Đelović: Istraživanje faktora uticaja na koeficijent efektivnog iskorišćenja sredstava lučke mehanizacije, doktorska disertacija, Mašinski fakultet u Podgorici, 2005.g.
- /2/ JUS ISO 9001: 2001;
- /3/ D. Đelović: Analiza prekida procesa rada usled otkaza sredstava lučke mehanizacije, CD radova sa XXIV majskog skupa održavalaca (str. 93), Budva, 2001.g.
- /4/ Dokumentacija Sektora operative Luke Bar, 1996.g. – 2006.g.
- /5/ Analiza produktivnosti rada, Luka Bar, 1996.g. – 2006.g.
- /6/ D. Đelović: Analiza veza između produktivnosti rada u procesu pretovara i parametara procesa održavanja sredstava lučke mehanizacije, Zbornik radova sa XXX NSS OMO, Beograd – Budva, 2005.g.

## CERTAIN ASPECT OF FACTOR ANALYZE WHICH DETERMINATE MECHANIZATION RESOURCES PRODUCTION IN LOADING PORT PROCESS

*After summarily analyzed structure of processing model improvement production and identification arguments which determinate quality of mechanization recourses production in loading port process, in this paper analyses are focused on identified arguments: effective mechanization recourses uptime, number of work cycles in effective mechanization recourses uptime, characteristics of manipulative unit. Special attention is given to influence on stopping work process because of failure mechanization recourses on reduction of work efficiency. Concrete results which are presented in this paper emanate from analyses which are adjusted in process management loading system in Luka Bar by author.*

*Key words: trans-shipment, work efficiency, port mechanization, production analysis*