

# SIMULACIJSKI MODEL UPRAVLJANJA POMORSKOM BRODARSKOM ORGANIZACIJOM

## *Simulation Model of Management of Shipping Company*

UDK 65.01  
Prethodno priopćenje  
*Preliminary communication*

### Sažetak

Sustav dinamičkoga simulacijskog modeliranja jedan je od najprimjerenijih i najuspješnijih znanstvenih načina modeliranja dinamike složenih, nelinearnih, prirodnih, tehničkih i organizacijskih sustava. Takvi modeli u biti su kontinuirani modeli jer se realiteti predstavljaju skupom nelinearnih diferencijalnih jednadžba, tj. jednadžba stanja. Međutim, oni su istodobno i diskretni jer im se osnovni vremenski korak računanja, tj. diskretizacije (uzorkovanja) "DT" određuje u potpunom skladu s teoremom o uzorkovanju (Sampling Theorem) Shannona, Nyquista i Kotelnikova. Ovakav odabir osnovnoga vremenskog koraka DT omogućuje da se kompjutorski modeliraju kontinuirani simulacijski modeli na digitalnom računalu, što je veoma primjereno za edukaciju studenata pomorstva, strojarstva i elektrotehnike, te za teoretsko i praktično treniranje inženjera brodskih procesa jer im se primjenom sustavnoga dinamičkoga pristupa omogućuje da stječu nova znanja i vještine o složenoj dinamici ponašanja pomorskih sustava i procesa. Brodarsko poduzeće u sustavu dinamičkoga modela čini s okolinom jednu cjelinu pa se ne može promatrati zasebno bez međusobnog utjecaja.

Ono je u ovom modelu podijeljeno na nekoliko zasebnih jedinica a to su: komercijala, novac na žiro-računu, brodski kapaciteti, dugovanje, potraživanje, kreditni sektor, roba za prijevoz brodom.

U ovom radu izrađeni su dinamički simulacijski modeli podsustava novca na žiro-računu i podsustava brodskih kapaciteta, uz simuliranu dinamiku ponašanja cijele brodarske organizacije.

*Ključne riječi:* sustavna dinamika, brodarska organizacija, kontinuirana i diskretna simulacija, modeliranje.

### Summary

Systematic dynamic simulation modelling is one of the most adequate and successful scientific ways of modelling dynamics of complex non-linear natural, technical and organizational systems. Systematic dynamic models are in fact continual models because the subject has been shown by a set of non-linear differential equations i.e. equations of state. However they are at the same time discrete because the basic time unit of calculation i.e. discretization DC has been determined completely in accordance with Sampling Theorem by Shannon, Nyquist and Kotelnikov. Such a selection of basic time unit (DC) enables a computer modelling of continual simulation models on digital computer which is very adequate for education of the students of marine studies, marine engineering and marine electrical engineering, as well as theoretic and practical training of marine engineers because it enables them, by the application of dynamic process, acquisition of new knowledge and skills about complex dynamics of the behaviour of marine systems and processes. Shipping company is a constitutional part of a dynamic model and its surrounding and it cannot be studied independently without interrelations.

Shipping company according to this model has been divided into several separated units, Commercial Department, deposits on the account, shipping capacities, debts, demands, loans, goods for transportation.

This paper has analysed system of dynamic model of subsystem of the money on the account, and subsystems of shipping capacity. The dynamics of the behaviour of all shipping company has been simulated.

*Key words:* system dynamics, shipping company, continual and discrete simulation modelling.

\* Frane Mitrović, Pomorski fakultet u Splitu, Sveučilište u Splitu, Zrinsko-frankopanska 38, 21000 Split

\*\* Ivona Milić-Beran, Sveučilište u Dubrovniku, Čira Carića 4, 20000 Dubrovnik

\*\*\* Joško Dvornik, Pomorski fakultet u Splitu, Sveučilište u Splitu, Zrinsko-frankopanska 38, 21000 Split

## 1. Uvod

### Introduction

Morsko brodarstvo definira se kao gospodarska djelatnost koja brodovima morem organizirano prevozi ljude i robu. Prijevoz morem sudjeluje u stvaranju upotrebnih vrijednosti time što svladava prostor između proizvodnje i mjesta potrošnje.

U svezi s predmetom prijevoza razlikujemo dvije osnovne vrste morskog brodarstva:

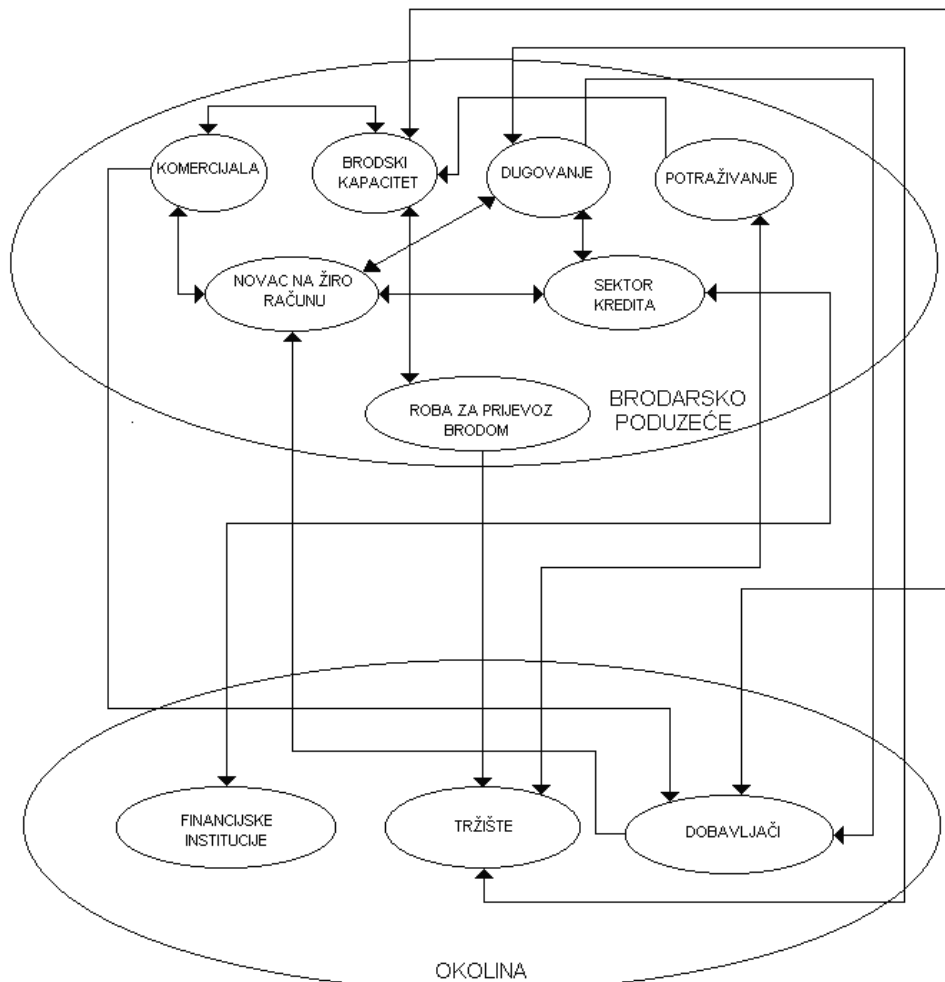
- a) putničko brodarstvo,
- b) teretno brodarstvo.

Brodarsko poduzeće u sustavu dinamičkog modela s okolinom čini jednu cjelinu pa se ne može promatrati zasebno bez međusobnog utjecaja.

Brodarsko poduzeće u ovom modelu podijeljeno je na nekoliko zasebnih jedinica koje čine:

- komercijala,
- novac na žiro-računu,
- brodski kapaciteti,
- dugovanje,
- potraživanje,
- sektor kredita i roba za prijevoz brodom.

Okolina je podijeljena na jedinice koje čine tržište, financijske institucije i dobavljači. Ovisnost i povezanost ovih jedinica u brodarskom poduzeću i okolini dani su na sl. 1. Strelice pokazuju protok materijalnih i informacijskih tokova.



Sl. 1. Prikaz brodarskog poduzeća

Fig 1. The scheme of shipping company

## 2. Sustav dinamičkoga simulacijskog modela brodarske organizacije

### *System of dynamic simulation model of a shipping company*

#### 2.1. Podsustav novca na žiro-računu

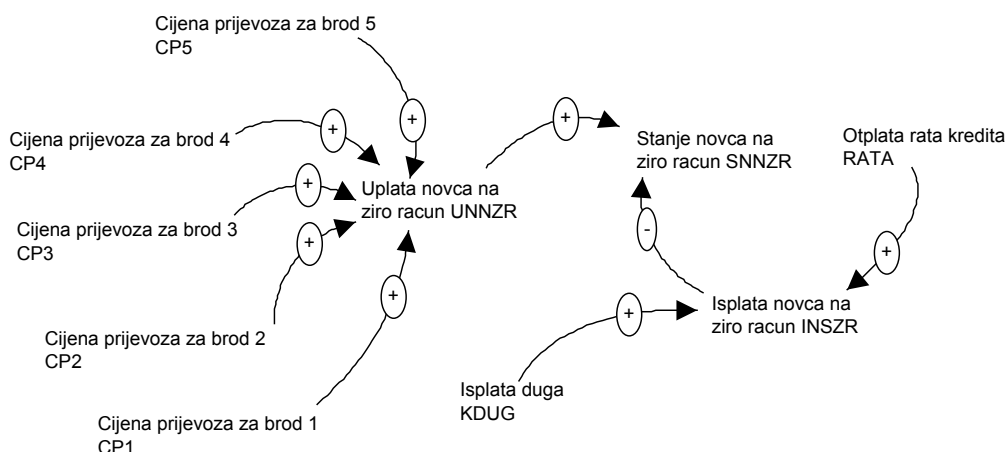
##### *Subsystem - deposit on account*

##### 2.1.1. Dinamički mentalno verbalni model podsustava novca na žiro-računu

##### *System dynamic mental verbal model of subsystem of deposits on account*

Uplata novca na žiro-računu (UNNZR) ovisit će o brzini naplate cijene prijevoza (CP) svakog pojedinog broda (CP1, CP2, CP3, CP4, CP5) pa će brzina uplate novca na žiro-račun biti to veća što je brža naplata cijene prijevoza svakog pojedinog broda CP, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Uplata novca na žiro-račun također će biti veća pri većoj brzini podizanja kredita (PK), što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu.

Stanje novca na žiro-računu (SNNZR) će biti to bolje ako je veća uplata novca na žiro-račun, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu, a lošije ako je veća isplata novca sa žiro-računa (INSZR), što znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu.



Sl. 2. Dinamički strukturalni model podsustava novca na žiro-računu

Fig. 2. System of dynamic structural model of subsystem of deposit on account

#### 2.2. Podsustav brodskih kapaciteta

##### *Subsystem of shipping capacity*

##### 2.2.1. Dinamički mentalno verbalni model podsustava brodskih kapaciteta

##### *System of dynamic mental verbal model of subsystems of shipping capacities*

Prosječno vrijeme ukrcaja svakog pojedinog broda (PVUB1, PVUB2, PVUB3, PVUB4, PVUB5) ovisi o vrsti i broju raspoloživih dizalica za ukrcaj, o broju skladišta za ukrcaj i o mogućnosti njihova istodobnog ukrcaja, zatim o pripremljenosti tereta za ukrcaj, veličini skladišnog

Isplata novca sa žiro-računa ovisit će o brzini pristizanja računa duga (KDUG) i brzini pristizanja otplate rata podignutog kredita (RATA), što znači i u jednom i u drugom slučaju pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu.

Stanje novca na žiro-računu (SNNZR) pokazuje samo likvidnost brodarske organizacije, i ona će biti likvidna ako se u nedostatku novca na žiro-računu uspije podignuti kredit kojim će se plaćati dospjele obveze.

Poslovanje brodarske organizacije prikazuje varijabla (UDOBIT), i ono će biti to pozitivnije što je stanje na žiro-računu pozitivnije i što je manje stanje ostatka duga (SOD), i obratno.

#### 2.1.2. Dinamički strukturalni model podsustava novca na žiro-računu

##### *System of dynamic structural model of subsystem of deposit on account*

Na osnovi izrađenoga mentalno verbalnog modela moguće je determinirati dinamički strukturalni model promatranog podsustava, koji je prikazan na slici 2

prostora smještenog tereta, meteorološkim uvjetima, ljudskom potencijalu, broju radnih smjena itd.

Brzina ukrcaja kapaciteta svakog pojedinog broda (BUKB1, BUKB2, BUKB3, BUKB4, BUKB5) ovisi o prosječnom vremenu ukrcaja svakog pojedinog broda (PVUB1, PVUB2, PVUB3, PVUB4, PVUB5), pa ako je prosječno vrijeme ukrcaja broda veće, manja će biti brzina ukrcaja kapaciteta broda, što znači negativnu(-) uzročno-posljedičnu vezu, i o diskrepanciji ukrcaja brodskih kapaciteta (DISUBK1, DISUBK2, DISUBK3, DISUBK4, DISUBK5).

Ako je diskrepancija ukrcaja brodskih kapaciteta veća, brzina će ukrcaja kapaciteta broda također biti veća, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Željeno stanje zauzeća kapaciteta broda poznato je unaprijed za određeno razdoblje u luci i u plovidbi za svaki pojedini brod (ZSZK1, ZSZK2, ZSZK3, ZSZK4, ZSZK5), i ne može biti veće od trenutnih kapaciteta pojedinog broda.

Diskrepancija ukrcaja brodskog kapaciteta za svaki pojedini brod (DISUBK1, DISUBK2, DISUBK3, DISUBK4, DISUBK5) ovisi o stanju zauzetosti kapaciteta svakog pojedinog broda (SZK1, SZK2, SZK3, SZK4, SZK5) i o željenom stanju zauzeća kapaciteta svakog pojedinog broda (ZSZK1, ZSZK2, ZSZK3, ZSZK4, ZSZK5). Ako je stanje zauzetosti kapaciteta (SZK1, SZK2, SZK3, SZK4, SZK5) veće, manja će biti diskrepancija ukrcaja brodskih kapaciteta za svaki pojedini brod (DISUBK1, DISUBK2, DISUBK3, DISUBK4, DISUBK5), što znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu, te dok je željeno stanje zauzeća svakog pojedinog broda (ZSZK1, ZSZK2, ZSZK3, ZSZK4, ZSZK5), veća će biti i diskrepancija za svaki pojedini brod, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu.

Stanje zauzetosti kapaciteta za svaki pojedini brod (SZK1, SZK2, SZK3, SZK4, SZK5) je veće ako je veća brzina ukrcaja kapaciteta svakog pojedinog broda (BUKB1, BUKB2, BUKB3, BUKB4, BUKB5), što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu, a manje je što je brzina iskrcajanja kapaciteta svakog pojedinog broda (BIKB1, BIKB2, BIKB3, BIKB4, BIKB5) veća, a to znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu.

Brzina iskrcajanja kapaciteta za svaki pojedini brod (BIKB1, BIKB2, BIKB3, BIKB4, BIKB5) ovisi o prosječnom vremenu iskrcajanja svakog pojedinog broda (PVIB1, PVIB2, PVIB3, PVIB4, PVIB5) i o diskrepanciji svakog pojedinog broda (DISIBK1, DISIBK2, DISIBK3, DISIBK4, DISIBK5).

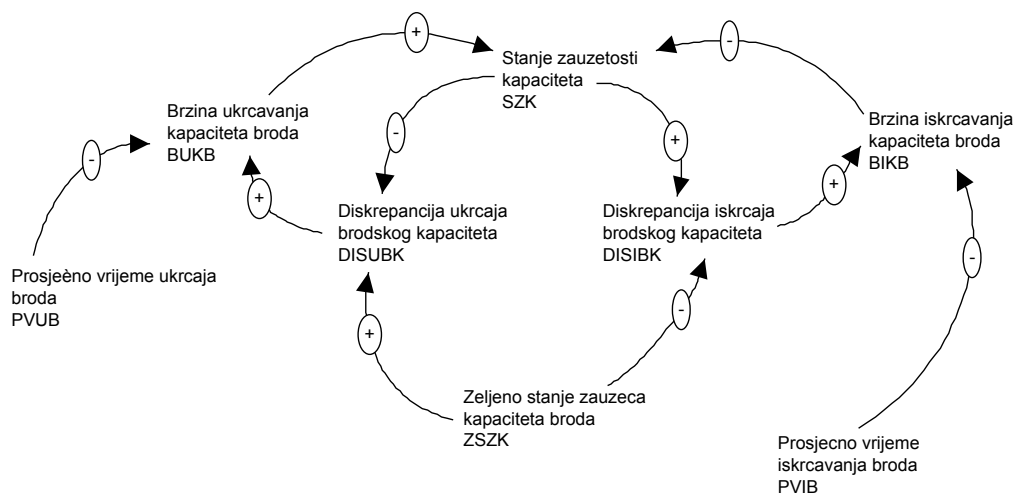
Ako je veća diskrepancija iskrcajanja svakog pojedinog broda, veća će biti i brzina iskrcajanja svakog pojedinog broda, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu, a ako je veće prosječno vrijeme iskrcajanja svakog pojedinog broda (PVIB1, PVIB2, PVIB3, PVIB4, PVIB5), manja će biti brzina iskrcajanja kapaciteta svakog pojedinog broda, što znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu.

Prosječno vrijeme iskrcajanja svakog pojedinog broda (PVIB1, PVIB2, PVIB3, PVIB4, PVIB5) ovisi o sličnim parametrima kao i pri ukrcaju broda, samo što je riječ o iskrcaju broda.

## 2.2.2. Dinamički strukturni model podsustava brodskih kapaciteta

### *System of dynamics structural model of subsystem of shipping capacity*

Na osnovi izrađenog mentalno verbalnog modela moguće je determinirati dinamički strukturni model promatranog podsustava, koji je prikazan na slici 3.



Sl. 3. Dinamički strukturni model podsustava brodskih kapaciteta

Fig. 3. System of dynamics structural model of subsystem of shipping capacity

## 3. Ispitivanje dinamike ponašanja pomorske broderske organizacije

### *Investigation of dynamics of the behaviour of shipping organization*

Simulacijski model prikazuje pomorsku organizaciju koja u svom sastavu ima pet brodova.

Plan ukrcaja i iskrcaja svakog broda dan je varijablom ZSZK. Dokiranje broda izraženo je funkcijom PPS. Potrebno stanje brodskih kapaciteta PSBK je odraz politike poduzeća a donosi se prema stanju tržišta brodskih kapaciteta i roba za prijevoz. Prijevozni učinak mjeri se prijeđenim tonskim miljama i na osnovi njih naplaćuje se vozarina. Lučki trošak i trošak tereta uključeni su u varijablu TS. Potrošak goriva mijenja se s promjenom brzine po trend-jednadžbi za svaki brod

pojedinačno i ovisno o dobi broda i o njegovu trenutnom vremenu od dokiranja. Kad stanje kumulativnog porasta troška SKPT naraste na vrijednost troška dokiranja koji je poznat, brod se upućuje u dok. Amortizacijski vijek broda u modelu je 25 godina, pa se iz sredstava amortizacije kupuju novi ili rabljeni brodski kapaciteti ovisno o tomu na što je ugođen simulacijski model. Stanje novca na žiro-računu pokazuje samo likvidnost pomorske organizacije dok pravo financijsko stanje daje varijabla UDOBIT. Krediti se mogu podizati samo onda dok je stanje novca na žiro-računu pozitivno. Rok vraćanja kredita, a time i visinu otplate, diktira DISKONTNI FAKTOR, koji se uzima iz tablica. Moguće je promatrati financijsko poslovanje svakog broda pojedinačno.

Neki bitni podaci kompjutorske simulacije su:

Stanje kapaciteta brodova je:

SKAP1=14900 DWT

SKAP2=13450 DWT

SKAP3=13450 DWT

SKAP4=8538 DWT

SKAP5=24374 DWT

Dužina putovanja iznosi 2000 nautičkih milja. Diskontni faktor je 1,6091 (rok vraćanja kredita 2 godine uz 12% kamata). Dnevni je trošak uprave poduzeća 4000 \$. Vozarinski stav za sve brodove iznosi 0,0042 \$ po tonskoj milji. Jedinična cijena nabave novih kapaciteta po jednoj toni je 550 \$. Stopa amortizacije iznosi 4 %. Brzina za sve brodove iznosi 15 čvorova. Cijena je teškoga goriva 100 \$.

Cijena lakoga goriva (dizelsko) nalazi se u sklopu fiksnih troškova, i po brodovima oni iznose:

TF1=3500 \$

TF2=3400 \$

TF3=3400 \$

TF4=3300 \$

TF5=4500 \$

Trošak stajanja ili boravka po lukama za pojedine brodove iznosi:

TS1=7000 \$

TS2=7000 \$

TS3=7000 \$

TS4=5000 \$

TS5=10000 \$

Dužina dokiranja za sve je brodove uzeta jednaka, i iznosi 10 dana.

Trošak brodova za prolazak kroz kanal (Suez) iznosi:

TK1=83000 \$

TK2=80000 \$

TK3=80000 \$

TK4=60000 \$

TK5=85000 \$

Trend-jednadžbe su napravljene na osnovi podataka:

- Za prvi brod:

Za brzine od 13, 14 i 15 čvorova glavni stroj troši 23, 25 i 28 tona teškoga goriva.

Trend-jednadžba izgleda ovako:

TG1=6,371826\*1,103354569 B1

- Za drugi i treći brod:

Za brzine od 13, 14 i 15 čvorova glavni stroj troši 21, 23 i 26 tona teškoga goriva.

Trend-jednadžba izgleda ovako:

TG2=5,212289\*1,11269728 B2 (ili umjesto B2 za treći brod stavimo B3)

- Za četvrti brod:

Za brzine od 12, 13 i 14 čvorova glavni stroj troši 13, 14,5 i 16 tona teškoga goriva.

Trend-jednadžba izgleda ovako:

TG4=3,747\*1,1094003924 B4

- Za peti brod:

Za brzine od 12, 13 i 14 čvorova glavni stroj troši 27, 30 i 32 tona teškoga goriva.

Trend-jednadžba izgleda ovako:

TG5=9,80847\*1,088662 B5

Uz ovako postavljene parametre (za brzine manje od 15,5 čvorova) poslovanje pomorske prometne organizacije je pozitivno da bi pri kraju životnog vijeka brodova ukupna dobit imala negativnu tendenciju. Pri brzini od 15,5 čvorova za sve brodove, ukupni sustav prelazi u stanje nestabilnosti, tj. rezonanciju, što je vidljivo pri promjeni brzine od samo stotinke čvora. U ovoj simulaciji uzete su jednake brzine brodova, jednake dužine putovanja, jednaka vremena ukrcavanja i iskrcavanja broda i jednaki vozarinski stavovi. Na ovaj se način može promatrati kako se u zadanim okvirima ponašaju brodovi različite tonaže. U ovakvim uvjetima samo brod 4 ne posluje pozitivno.

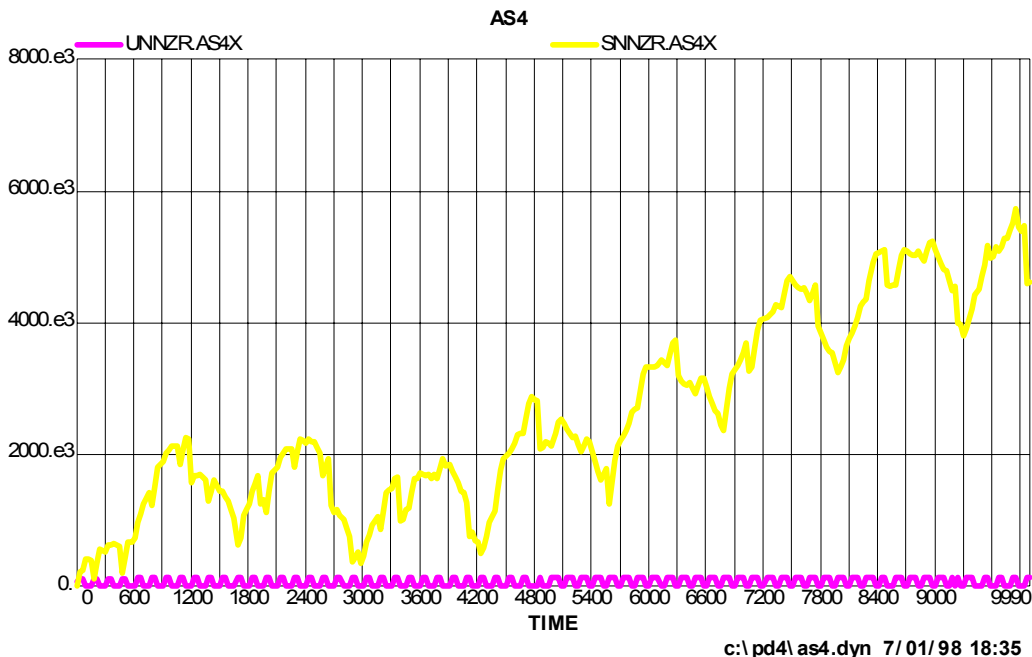
Pri svakom iskrcaju tereta bio je osiguran i ukrcaj tereta, što u stvarnosti nije uvijek moguće. Ako se brzina svih brodova podigne, ukupni troškovi tijekom vremena porastu, pa poslovanje ukupnog poduzeća, iako je bilo u početku pozitivno, tijekom vremena postaje negativno, i tako ostaje do kraja.

Potrebno je napomenuti da su ove simulacije obavljene uz cijenu teškoga goriva od 100 \$ za jednu tonu. Ako cijena teškoga goriva IFO poraste sa 100 \$ na 110 \$, poslovanje pomorske prometne organizacije postaje negativno. Na poslovanje pomorske organizacije uvelike utječe promjena fiksnih troškova brodova. Oscilacije brodskih kapaciteta na tržištu utječu na

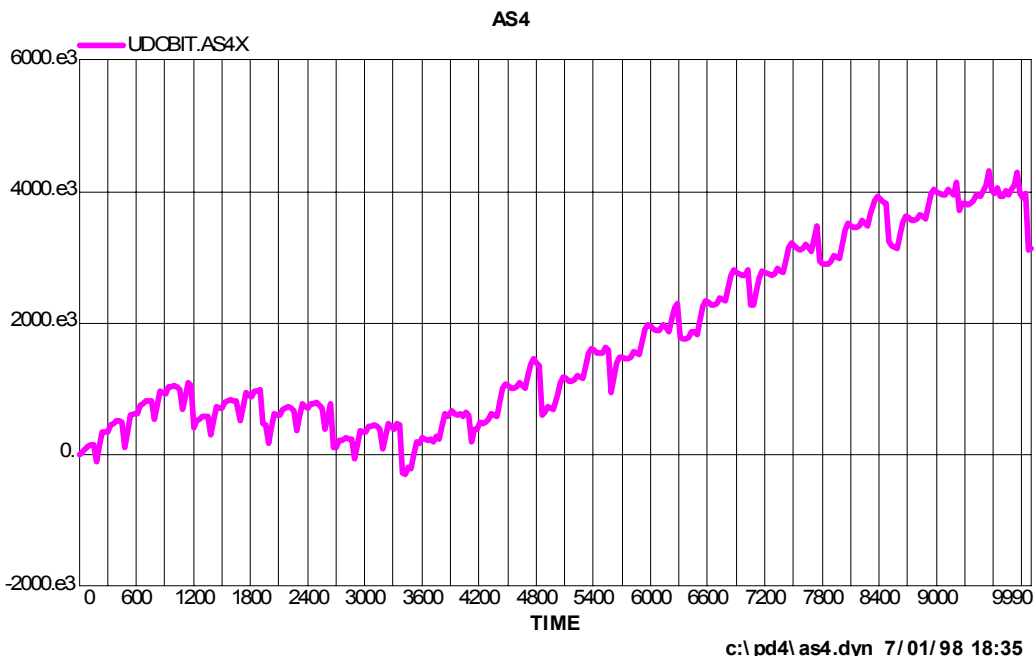
vozarine, koje također znatno utječu na poslovanje pomorske prometne organizacije. Pravodobno dokiranje brodova dovodi do smanjenja troškova, što se pozitivno odražava na poslovnost pomorske brodarske

organizacije. Dužina stajanja brodova u lukama, tj. njegov porast utječe na povećanje troškova.

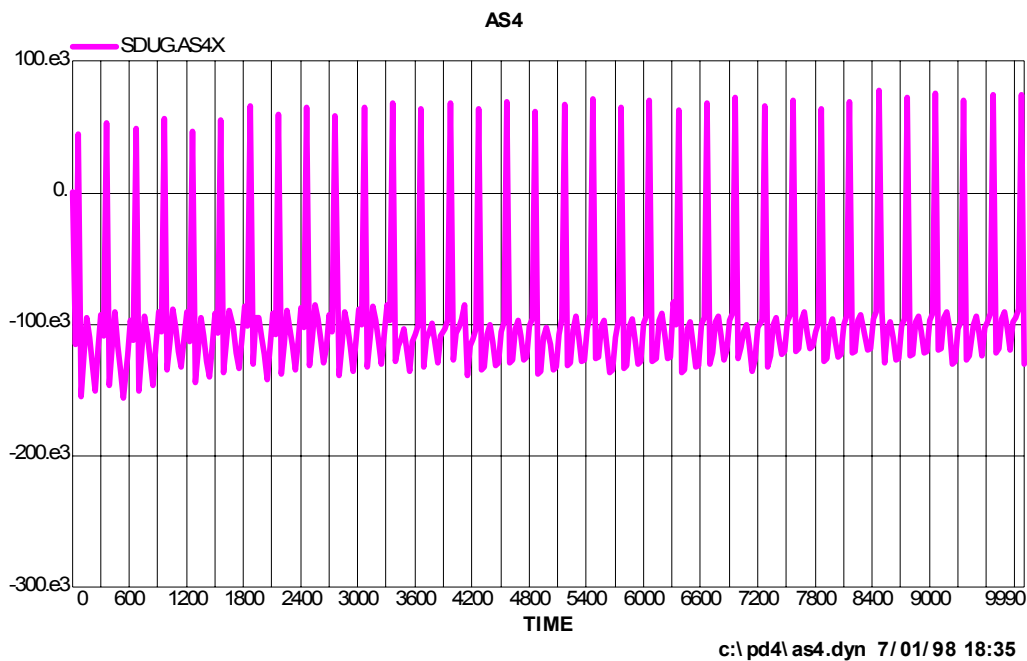
Grafički rezultati simulacije:



SI. 4. Uplata novca na žiro-račun - UNNZR  
 Stanje novca na žiro-računu - SNNZR  
 Fig. 4. Deposits on account  
 Amount of money on account



SI. 5. Ukupna dobit - UDOBIT  
 Fig. 5. Total profit



**Sl. 6. Stanje dugovanja - SDUG**  
**Fig. 6. Debts**

#### 4. Zaključak

##### Conclusion

Simulacijski prikaz upravljanja brodarskom organizacijom pokazuje svu složenost u kojoj se organizacija nalazi tijekom svoga poslovanja. Na složenost poslovanja utječu unutrašnji i vanjski činitelji. Pod unutrašnjima podrazumijevamo potrebe i očekivanja zaposlenih ljudi i društva, a pod vanjskima dinamičko pomorsko tržište, koje je teško predvidivo. Sustavom dinamičkog modeliranja upravljanja brodarskom organizacijom i simulacijom dinamike ponašanja investicijskih navika i raznih složenih stanja u brodarskoj organizaciji, u prilici smo odabrati najpogodnija rješenja poradi što boljeg poslovanja brodarske organizacije. U modelu je upotrebljena funkcija "pulse" koja prikazuje periodično ponavljanje događaja kako bi se mogla uspoređivati ista stanja realiteta u različitim situacijama i na osnovi njih donositi potrebne zaključke. Funkcijom "step" može se realitet prikazati u bilo kojoj amplitudi i u bilo kojem vremenu, pa će se upotrebljavati za simulaciju upravljanja točno određene brodarske organizacije.

Model može dobro poslužiti onima koji su u doticaju s brodovima i pomorstvom, ali i ostalima koji u njemu vide igru i dobru zabavu bez posljedica na brodarsku organizaciju, što znači:

"Ne simuliraj dinamiku ponašanja složenih sustava na način istraživanja tzv. crne kutije, jer je praksa educiranja i dizajniranja složenih sustava potvrdila da je puno kvalitetnije simulirati s istraživačkim pristupom tzv. bijele kutije, tj. sustavom dinamičke metodologije."

#### Literatura

##### References

1. Jay W. Forrester, 1973/1971. *Principles of Systems*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, USA
- A. Munitić, 1989. *Kompjuterska simulacija uz pomoć sistemske dinamike* (in Croatian), BIS, Split, Croatia
2. Munitić, 1989. *Application Possibilities of System Dynamics Modelling*, System Dynamics, Edited by Susan Spencer and George Richardson, Proceedings of the SCS Western Multiconference, San Diego, California, A Society for Computer Simulation International, San Diego, USA
3. George P. Richardson and Pugh III Aleksander L. 1981. *Introduction to System Dynamics Modelling with Dynamo*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA
4. V. Vučenović, Zečević M., Simičević Z., Poslovni sistem, organizovanje, upravljanje, modeliranje, in Serbian, Institut za unapređenje robnog prometa, Beograd, ex Jugoslavija, 1988.
5. J. W. Forrester, *Collected Papers of Jay W. Forrester*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, USA, 1975.
6. Nathan B. Forrester, *The Life Cycle of Economic Development*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, USA, 1973.
7. J. M. Lyneis, *Corporate Planning and Policy Design*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, USA, 1980.
8. Edward B. Roberts, *Managerial Applications of System dynamics*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, USA, 1978.
9. Ante Silić, "Sistem dinamički simulacijski model upravljanja pomorske prometne organizacije", diplomski rad, Pomorski fakultet Split, 1998.
10. Joško Tadić, "Kompjutorski simulacijski model menadžiranja i upravljanja brodarskim poduzećem", diplomski rad, Pomorski fakultet Split, 2003.

Rukopis primljen: 26.10.2004.