

MODELIRANJE LUČKOG PREKRCAJNOG PROCESA I VREDNOVANJE PONAŠANJA MODELA NA PRIMJERU LUKE ŠIBENIK

Mirko Bilić

B. Papandopula 31, 21000 Split

Zlatimir Bićanić

Marijan Zujć

Pomorski fakultet, Zrinsko Frankopanska 38, 21000 Split

Sažetak

Modeliranje lučkih procesa rukovanja teretima značajno doprinosi unapređenju organizacije rada u luci, sigurnosti na radu, povećanju djelotvornosti luke, bržem i većem protoku roba i tereta, te povećanju lučkog potencijala. U ovom radu provjerava se uspješnost takovog modela, uspoređujući rezultate sa stvarnima, u primjeru poslovanja poduzeća Luka Šibenik, d.o.o. Provedenim vrednovanjem razvijenog modela u Luci Šibenik, d.o.o., prilikom iskrcaja broda Pakrac ustanovilo se kako je dinamičko ponašanje modela vrlo blisko stvarnom stanju u procesu iskrcaja broda.

Ključne riječi: model, luka, brod, rukovanje, tereti, ukrcaj, iskrcaj.

PORT TURNOVER PROCESS MODELLING AND VALUATION OF A MODEL BEHAVIOUR: A CASE STUDY ON PORT OF ŠIBENIK

Abstract

Modelling of port processes like cargo handling significantly contributes to the advance of port work organisation, work safety, increase of port efficiency, speed of cargo and merchandise flow and enhancement of port potentials. In this paper such model is put to test, and the results are compared with the actual business results of an existent company, Luka Šibenik, d.o.o. The tests conducted on the model developed in Luka Šibenik, d.o.o. during the discharge of the vessel Pakrac showed that the dynamic conduct of the vessel was very similar to the real situation during the process of vessel discharge.

Key words: model, port, handling, cargo, loading, discharge.

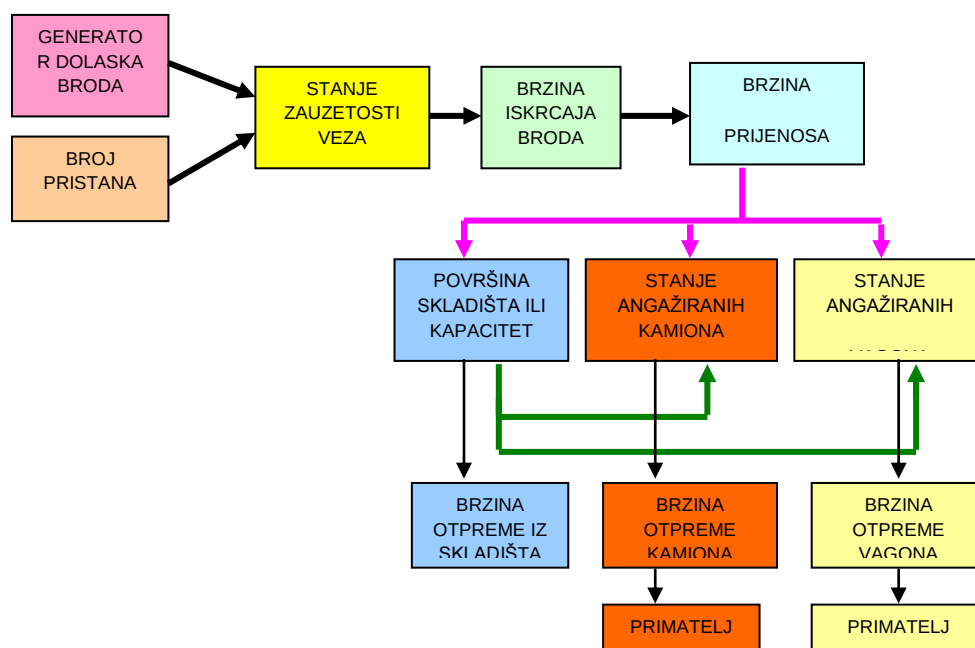
1. UVOD

Koristeći se sustavsko-dinamičkom metodologijom simulacijskog modeliranja [1], u ovom radu prikazuju se sustavsko - dinamički modeli luke kao sustava, odnosno *mentalno-verbalni* i *strukturni* modeli, te strukturni dijagram tijeka i *matematičko-računalni* modeli. Matematičko-računalni model predstavlja se u Powersim Studio programskom paketu.

Sustavsko-dinamičko modeliranje sadrži veći broj potpuno međusobno metodološki usklađenih modela istog realiteta u kvalitativnom (*mentalno-verbalni*, strukturni i strukturni dijagram tijeka) i kvantitativnom (*matematički-računalni*) obliku. Mentalno-verbalni i strukturni model te strukturni dijagram tijekova, predstavljaju tri, u potpunosti međusobno usklađena, kvalitativna modela istog realiteta. Matematički i računalni modeli predstavljaju usklađene kvantitativno sustavsko-dinamičke simulacijske modele istraživanog

IV Savjetovanje sa međunarodnim učešćem: Mobilnost i sigurnost cestovnog prometa

realiteta, odnosno lučkog prekrcajnog procesa, predstavljenog na slici 1.



Slika 1. Proces iskrcaja tereta u luci

Štoviše, i modeliranje vrijednosti predloženih modela također je modelski pristup istraživanja dinamike ponašanja. Prema svojem karakteru, kombinacija je kvalitativnog i kvantitativnog usuglašavanja komparativnih mjerenih varijabli (ostvarenih stanja u realnosti) s generiranim odzivima istraživnog modela u jednoj od tehnika kontinuiranog programskog modeliranja, kao što je sustavska dinamika. Da bi tehnološki proces iskrcaja broda u luci bio optimalan, svi čimbenici sustava moraju zadovoljiti određena mjerila. Npr., ako je kapacitet lučkog prekrcajnog sustava (dizalica, prijevoznih sredstava i skladišta) manji nego što je brzina brodskih operacija, doći će do usporavanja iskrcaja tereta, zastoja u protoku tereta i zakrčenosti luke. Kako bi se izbjeglo zaustavljanje iskrcaja, odnosno zakrčenost luke, lučki menadžer mora unaprijed planirati dovoljno kapaciteta kopnenih prijevoznih sredstava ili rezervirati skladišni prostor za privremeni prihvata tereta koji se ne može otpremiti. Potonje govori o velikoj koristi modeliranja lučkih prekrcajnih postupaka, kao i kasnijeg rukovanja teretima, radi što djelotvornijeg sudjelovanja u *integralnim* i *multimodalnim* prijevoznim (transportnim) sustavima. U svakom slučaju, luka kao završno/početno čvorište u putovanju roba različitim prijevoznim sredstvima, samo je mali dio u općem modeliranju. Sve složeniji zahtjevi i suvremena tehnološka rješenja u prijevozu roba, nameću nužnost modeliranja, osobito u cestovnom

prometu, gdje su zagušenja i zastoji najčešći i najdulje traju. Najčešće ih, osim nepovoljnih vremenskih prilika, prouzrokuju još i brojni drugi događaji koje je teško predvidjeti, pa to značajno usložnjava procese modeliranja. Međutim, istovremeno i povećava njegovu važnost i gotovo – nezaobilaznost.

2. SIMULACIJSKO MODELIRANJE LUČKOG PREKRCAJNOG PROCESA

Sustav dinamičkog modeliranja podrazumijeva određenje mentalnog, verbalnog i strukturnog modela, te strukturnog dijagrama tijekom matematičko-računalnog modela.

Transportni lanac, u kojemu luka ima značajnu ulogu, može biti povremeno prekidana, a najčešći razlog prekida proistječe iz potrebe mijenjanja prijevoznog sredstva i/ili zbog razlike kapaciteta pojedinih grana prometa. Tako na primjer jedan brod *tramper* od približno 10.000t nosivosti može odjednom ukrati i prevesti istu količinu tereta kao i 25 teretnih vlakova s 40 vagona. Ako bi se ova ista količina tereta prevozila kamionima, bilo bi potrebno angažirati 2000 petotonskih kamiona. Duljina ovih 25 željezničkih kompozicija bila bi oko 15km, a kolone kamiona preko 100km, dok brodska duljina ne prelazi 150m.

Lučki menadžer mora najmanje 24 sata unaprijed rezervirati dnevne kontingente vozila:

IV Savjetovanje sa međunarodnim učesćem: Mobilnost i sigurnost cestovnog prometa

viličara, željezničkih vagona [2] i cestovnih vozila[3,4], te isto tako rezervirati slobodni skladišni prostor u luci, koji će poslužiti za privremeno odlaganje tereta, u slučaju da se prije 24 sata nakrcaju svi rezervirani vagoni i cestovna vozila.

Kada ne bi bilo slobodnog skladišnog prostora za privremeno, relativno skupo odlaganje tereta u luci, došlo bi do najskupljeg troškovnog slučaja u procesu iskrcaja/ ukrcaja, a to je *prekid započetog procesa iskrcaja tereta*, što je najnepovoljniji slučaj za brodara, luku, otpremnika, prijevoznika i vlasnika tereta.

Preko luka najčešće se obavlja prekrcaj tereta i putnika, uvoz/izvoz i tranzit, pa se luke moraju tehnološki osuvremeniti, u skladu s tendencijama razvoja prometa, ali i zbog činjenice što su luke najmanje prilagodljiv prsten u cijelom prometnom lancu [5].

Tehnološki proces prekrcaja na ovaj način obavlja se u dvije suprotne inačice: 1. Iskrcaj tereta (brod - obala) i 2. Ukrcaj tereta (obala - brod).

U ovom razmatra se proces iskrcaja tereta, tj. njegovi robni i informacijski tijekovi. Promatrajući dijagram (slika 2), dobije se dojam kako su robni tijekovi usmjereni s lijeva nadesno (brod - obala - rezervirana kopnena prijevozna sredstva - lučko skladište - primatelj tereta), dok su informacijski tijekovi usmjereni s desna nalijevo (pošiljatelj tereta - kopnena prijevozna sredstva - skladište-obala-brod).

2.1. Modeliranje prekrcajnog procesa

Modeliranje je proces rješavanja promatranog problema u sustavu i predstavlja oblik predočavanja sustava i teorije o njegovoj egzistenciji, rastu i razvoju, odnosno o njegovoj strukturi i dinamici ponašanja. Modeli mogu biti: *mentalni* (predviđanje posljedica u izvanrednim okolnostima, npr. ako se pokvari obalna dizalica); *materijalni*; *matematički*; *konceptualni* i *računalni*.

Proces izrade modela nema strogih pravila, već je to čin predočavanja promatranog sustava na temelju umne sposobnosti apstrakcije, sustavnosti i iskustva. Modeliranje je, prije svega, umijeće, a ne znanost.

Dva su tipa simulacijskih modela: prema vrsti varijable u modelu (*deterministički* i *stohastički*) i prema načinu na koji se model mijenja u vremenu (*diskretni* i *kontinuirani*).

Deterministički modeli su oni čije je ponašanje potpuno predvidivo, tj. kod kojeg određeni ulaz rezultira uvijek istim izlazom. Ovaj model nije se u stanju prilagođavati drugačijim ulaznim veličinama od onih koje su predviđene.

Stohastički modeli su oni čije se ponašanje ne može unaprijed predvidjeti. Ne može se predvidjeti promjenu stanja na izlazu, s obzirom na određeni ulazni tijek podataka, kod kojega određeni

ulaz ne rezultira istim izlazom. Stohastičke modele karakterizira slučajno ponašanje, odnosno postojanje slučajnih varijabli u sustavu. Uz sposobnost za prilagođavanje, ovi modeli omogućuju i optimizaciju procesa [1].

Kod diskretnih modela sustav se mijenja samo u nekim vremenskim točkama. Te promjene zovu se *događaji* i predstavljaju se linearnim diferencijalnim jednadžbama.

Tako npr. model iskrcaja broda može sadržavati varijable koje opisuju broj vagona ili traktora koji čekaju na ukrcaj pod dizalicom broda, dok se sam iskrcaj broda karakterizira vremenom početka i završetka iskrcaja/ukrcaja.

U *kontinuiranim* modelima, varijable stanja mijenjaju se vremenski kontinuirano i predstavljaju se nelinearnim diferencijalnim jednadžbama. Npr. prijevoz tereta traktorom s prikolicom od broda do skladišta u luci.

Mogući su i *mješoviti* (kombinirani) diskretno-kontinuirani modeli koji sadrže diskretne i kontinuirane varijable, što znači da su predstavljeni diferencijalnim i diferencijskim jednadžbama. Primjer takvog modela bio bi iskrcaj žitarica s broda u silos. Kontinuirane varijable su razina žitarica u brodu i silosu, a diskretni događaj je, npr. dolazak broda u luku i dnevno vrijeme trajanje iskrcaja.

Iskrcaj se tereta, bez obzira na vrstu može razvrstati na:

- dovođenje broda na pristan,
- iskrcaj tereta s broda na obalu (brodske ili obalne dizalice - viličari), te
- prijenos tereta s obale (viličari) na kopnena prijevozna sredstva i u skladište.

Prijenos tereta s pristana do rezerviranih slobodnih kapaciteta kopnenih prijevoznih sredstava, jest transportno tehnološki proces, koji se odvija pomoću raznovrsnih prijevoznih sredstava na prometnim površinama luke, npr. viličarima. U ovom slučaju, radi se o horizontalnom manipulativnom transportnom postupku - viličari, dok se prenošenje tereta s broda na obalu izvodi tzv. vertikalnim manipulativnim procesom - dizalicama. Proces prekrcaja tereta ovisi o lučkim uređajima (lučkim postrojenjima) te protoku, prijenosu i obradi podataka procesa prekrcaja, što predstavlja složeni dinamički sustav.

Na slici 2. prikazuje se visoko *agregirani* (agregirati – skupiti, ujediniti, spojiti, nagomilati, udružiti) model procesa prekrcaja tereta u luci, iz kojeg vidi se kako između brodskog procesa iskrcaja/ukrcaja tereta u luci (*BPIUTL*) i podsustava okoline promatranog sustava (*OPS*) postoji kanalska interkonekcijska veza (usmjerene pune crte)



Slika 2. Jednostavni strukturni model prekrcajnog procesa u luci



Slika 3. Strukturni dijagram ovisnosti BPIUTL i OPS modela prekrcajnog procesa u luci

Ovakav pristup zadovoljava mjerilo *zatvaranja* BPIUTL sustava, kako bi se mogle izlučiti uzročno-posljedične veze (UPV), odnosno krugovi povratnog djelovanja (KPD), tj. matematički riješiti dinamički sustav. Proces prekrcaja tereta u luci (BPIUTL) prikazuje se na slici 3. Odvija se u ovisnosti o uzročno-posljedičnim utjecajima okoline promatranog sustava (OPS).

Proces iskrcaja i ukrcanja tereta u luci (BPIUTL) ima četiri faze, odnosno podfaze:

- stanje zauzetosti veza,
- broj raspoloživih dizalica (brodske i obalne),
- broj raspoloživih viličara, te
- slobodni skladišni prostor (broj i veličina).

Podsustav okoline promatranog sustava (OPS) ima najmanje četiri faze odnosno podfaze:

- brod na čekanju (sidrištu ili u dolasku),
- angažirani željeznički vagoni kapaciteti,
- angažirani kapaciteti cestovnih vozila i
- primatelj tereta.

2.2. Mentalno – verbalno modeliranje prekrcajnog procesa

Neovisno o međusobnoj povezanosti svih lučkih uređaja s kopnenim prometnim sredstvima, područje na kojem obavlja se iskrcaj/ukrcaj je operativna obala koja raspolaže prekrcajnim objektima (*fiksnom* i *pokretnom* prekrcajnom mehanizacijom), skladištima, silosima i sl.

Temeljni dio cijelog prekrcajnog sustava jest brodski prekrcajni sustav preko kojega prolazi cijeli proces iskrcaja/ukrcaja. Ako davatelj lučke usluge [5] nije u stanju *izmanipulirati* teret koji je iskrcao brodski sustav, odnosno ako je kapacitet kopnenih prijevoznih sredstava ili unutarnjeg prijevoza (ako se roba uskladištuje) manji od brzine drugih brodskih operacija, ili pak ako lučki planer nije u stanju osigurati dovoljan dnevni kontingent vagona i cestovnih vozila, doći će do ograničenja ukupnog lučkog sustava, odnosno do *zакrčenja* luke. To će usporiti i *obrt* broda, odnosno doći će do zaustavljanja neprekinutog iskrcaja broda, a to je za brodara, luku, otpremnika, vlasnika tereta i druge sudionike, najskuplji slučaj.

Prekrcaj broskog tereta obavlja se obalnim i brodskim dizalicama. Prednost obalnih dizalica je u izravnom iskrcaju/ukrcaju tereta na kopnena prijevozna sredstva, bez posebnih tehničkih prilagodba, kakve zahtijevaju brodske.

Kako bi se izbjeglo *zакrčenje* ili *zastoj*, odnosno smanjilo čekanje na kopnena prijevozna sredstva i sredstva unutarnjeg prijevoza, davatelj lučke usluge (lučki planer - menadžer) mora imati *dnevni operativni plan* tijekom iskrcaja/ukrcaja broda. Sadrži: plan prometa robe, kapacitet operativne obale i prihvata brodova, plan skladišnog prostora, kapaciteta kopnenih prijevoznih sredstava i unutarnjeg prijevoza, te plan mehanizacije i radne snage.

Iskrcaj tereta s broda, s obalnim prekrcajnim sustavom može se obaviti na jedan od tri moguća načina:

- *izravni*, u kojem se teret iskrcava izravno na kopnena prijevozna sredstva (vagone, kamione ili traktore). Postižu se brže radne operacije, već kada se teret skladišti. Međutim, kod pojedinih roba može se postići suprotan učinak. Stoga brzinu iskrcaja valja posebno prilagoditi, ovisno o vrsti tereta. Ovaj sustav zahtijeva savršeno planiranje dolaska i odlaska kopnenih prijevoznih sredstava iz dana u dan, te njihovo pravovremeno dopremanje pod dizalicu. Prekrcaj generalnog tereta ovim se načinom rukovanja usporava, jer je kruto planiranje dolazaka kopnenih prijevoznih sredstava (u točno određeno vrijeme) teško, zbog niza okolnosti koje utječu na odvijanje unutarnjeg prometa, te čestog manjka vozila. To ne ovisi o mogućnostima luke, pa ovaj način prekrcaja usporava *obrt* broda.
- *poluizravni* prekrcaj je način u kojem se teret iz broda privremeno iskrcava na obalu, da bi se odmah zatim ukrcao na kopnena prijevozna sredstva. Ovaj način prekrcaja tereta zahtijeva rukovanje teretom pomoću viličara i traktorskih prikolica. Teret prevoze do željezničkih i cestovnih vozila, odnosno terminala, čime se omogućuje brz iskrcaj. Veći broj lučkih vozila zadovoljit će brzinu iskrcaja broda.

- *posredni* sustav prekrcaja. Teret se s broda, sredstvima unutarnjeg prijevoza prevozi u skladišta, nakon čega slijedi otprema kopnenim prijevoznim sredstvima. Skladištenje ima ulogu čuvanja, s ciljem dostave robe u odredište u određeno vrijeme. Uskladištenje omogućuje prijevoznim sredstvima s različitim vremenima obrta, obavljanje samostalnih operacija. Na taj se način izbjegavaju prazni hodovi i *zakrčenja*.

Korištenje lučkog skladišnog prostora ovisi o brodovima koji uplovljavaju u luku i njihovoj dinamici, te dinamici - kapacitetu kopnenih prijevoznih sredstava, razvoju cestovne i željezničke infrastrukture pojedine luke te brzini iskrcajnog procesa broda [1].

U simulacijskom modelu ovog rada daje je prednost modeliranju poluizravnog prekrcajnog procesa i to ponajprije ukrcaju u raspoložive željezničke vagone, zbog činjenice da su najjeftiniji način kopnenog prijevoza.

Nakon utovara svih raspoloživih vagona u 24 sata (dnevno vremensko razdoblje ukrcaja u rezervirane vagone), početak će se ukrcaja u rezervirana cestovna vozila (rezervirana po danu istovara). Ako se dnevni kapacitet cestovnih i željezničkih vozila popuni, roba se otprema u skladišta viličarima, odnosno traktorskim prikolicama, gdje stoji na čekanju novog slobodnog rezerviranog dnevnog *kontingenta* kopnenih prijevoznih sredstava.

Logika odlučivanja lučkog menadžera rezultat je dugogodišnje prakse i svodi se na sljedeće logičke algoritme:

iskrcaj broda započinje pristajanjem broda na vez-pristan te iskrcajem pomoću brodskih ili obalnih dizalica. Iskrcaji teret odmah preuzimaju viličari i razvoze ga do, unaprijed rezerviranih, ukrcajnih terminala željezničkih i cestovnih vozila (planiranih - osiguranih 24 sata unaprijed). Ako se iskoriste svi dnevni rezervirani kontingenti vozila, viličari prenose iskrcaji teret u slobodna lučka skladišta, gdje ostaju privremeno pohranjeni dok se ne osigura novi rezervirani kapacitet prijevoznih sredstava. Ako se osigura nova dnevna količina prijevoznih sredstava, viličari prvo prazne skladište s pohranjenim teretom, te ga ukrcaju u slobodne vagone i cestovna vozila.

Ako se raspolaže s dosta skladišnog prostora i na vrijeme stigne novi slobodni kontingent vozila, tada neće doći do zaustavljanja procesa iskrcaja broskog tereta, što se drži najboljim menadžerskim rješenjem [6]. Ako se ne raspolaže s dosta slobodnog skladišnog prostora ili ne stigne novi slobodni kontingent kopnenih vozila, doći će do menadžerske odluke zaustavljanja *kontinuiranog* procesa iskrcaja broda, što je najskuplje menadžersko rješenje. Odluku o nastavku prekinutog procesa, lučki menadžer donijet će samo ako u luku stignu novi kontingenti

slobodnih kopnenih vozila ili ima slobodnog skladišnog prostora.

3. VREDNOVANJE PONAŠANJA MODELA NA PRIMJERU PODUZEĆA LUKA ŠIBENIK, d.o.o.

Cilj *validacije* modela na primjeru prekrcajnog procesa u luci Šibenik upozorenje je na opravdanost i nužnost uvođenja modeliranja u organizaciji lučkih operacija, radi postavljanja kvalitetnih temelja za uključivanje u europski integralni i multimodalni transportni sustav.

Osim toga, modeliranje može značajno doprinijeti bržem i kvalitetnijem razvoju, te širenju sustava multimodalnog transporta i u jadranskom priobalju, zaleđu jadranskih luka, a osobito u njihovim gravitacijskim područjima. Ovo se u prvom redu odnosi na cestovni promet. Ovaj transport temelji se na jedinstvenim tehničkim i tehnološkim pretpostavkama. Robe organiziranije, brže i sigurnije putuju do potrošača, uz kvalitetnije transportne usluge, te veću sigurnost u prometovanju. Snižavaju se prevoznici cijene i cijene pratećih usluga. Povećava se djelotvornost i proizvodnost rada. Točno se određuje mjesto pojedinih grana u prometu, špeditera i služba. Jača konkurencija prema inozemnom čimbeniku, a stvaraju se i zdrava suparništva. Intenzivira se međunarodna razmjena, proširuje tržište, pojačava prekogranična suradnja i pridonosi jačanju cijele regije.

Osim neposrednih prevoznicih usluga, uvođenje multimodalnog transporta zahtjeva i omogućuje proizvodnju *tipiziranih* domaćih sredstava i opreme. Izgrađuje se odgovarajuća cestovna mreža, infrastrukturni objekti, prometnice, usklađuju tehnološki sustavi, *standardizira* dokumentacija, ujedinjava pravna regulativa i dr.

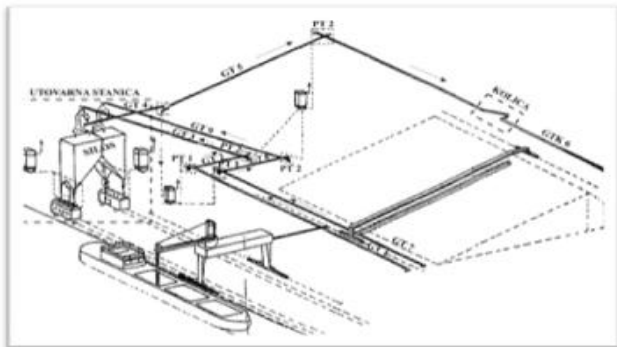
U skladu sa značenjem modeliranja i njegovoj posrednoj svrsi, vrednovanje (*validaciju*) modela provelo se na primjeru poduzeća *Luka Šibenik d.o.o.*, pri iskrcaju 32.250m³/t mljevenog sirovog fosfata s broda *Pakrac* u skladište, a potom ukrcaju i otpremi vagona, u vremenskom razdoblju od 2. do 10. rujna, 2005. U radu se opisuju svi vrednovani elementi promatranog sustava. Prikaz rezultata istraživanja u *Luci Šibenik d.o.o.*, te usporedba s dobivenim rezultatima modela navodi se u tablicama.

3.1. Tehnološki proces rada na terminalu sirovih fosfata u Luci Šibenik, d.o.o.

Brodoiskrcavač koji koristi se za iskrcaj broda *kontinuirani* je sustav. Sastoji se od pužnih transporterata za okomito podizanje i vodoravnih trakastih transporterata, s prosječnim kapacitetom 400t/h (za fosfat). Brodoiskrcavač diže teret

(fosfat) iz broskog skladišta na visinu mosta (GT 1), smještenog uzduž skladišta terminala. Transporter (GT 1) omogućuje slobodno pomicanje brodoiskrcavača uzduž skladišta, odnosno broda.

Slika 4. Shema tehnološkog procesa rada terminala za iskrcaj fosfata u poduzeću *Luka Šibenik*, d.o.o.



Mljeveni fosfat s trakastog transportera (GT 1) u pretovarnom tornju (PT 1), presipa se na kosi trakasti transporter (GT 2), te u pretovarnom tornju (PT 2) prelazi na kosi trakasti transporter (GT 3) i, preko pneumatski upravljane preklopke, usipa se u silos (*bunker*) na lijeve ili desne utovarne pruge za utovar vagona, ili pak na trakasti transporter (GT 4). Može se još presipati i na GT 5, kojim se teret transportira preko GTK 6 (ima kolica, uzduž skladišta).

Iskrcaj broda odvija se na način što se prvo puni skladište, kako bi se brod što prije iskrcao. To luci donosi dobit. Tehnološki proces iskrcaja broda omogućuje izravni ukrcaj u vagone, skladište, te iz skladišta u vagone.

Iz pojedinih odijeljenih dijelova (*depoa*) skladišta, fosfat se struže grebačem kapaciteta 250t/h i utovaruje na trakasti transporter (GT 7), smješten ispod konzole nagnutog poda skladišta. U pretovarnom tornju (PT 1) teret prelazi na kosi trakasti transporter (GT 8), s kojeg fosfat u pretovarnom tornju (PT 2) prelazi na trakasti transporter (GT 9). S transportera (GT 9), daljinski pneumatski upravljanom preklopkom fosfat se usmjerava u jedan od pretovarnih silosa (*bunkera*) utovarne stanice za utovar u vagone.

Utovar u vagone riješilo se na način što se istodobno može izvoditi utovar dviju kompozicija vagona, na oba kolosijeka, ispod utovarne stanice, odnosno silosa (*bunkera*).

Dvodjelni pretovarni silos (*bunker*) utovarne stanice ima kapacitet $2 \times 75 \text{ m}^3$.

Svaki od utovarnih kolosijeka opremljen je s po četiri uređaja za *rinfuzni* utovar, čime je postignuta maksimalna prilagodljivost zahtjevima što ravnomjernije raspodjele tereta po osovini vagona, tipa *Tads-z*, *Tades-lj* i *Tades*. Kod vagona tipa *Tadz-z* i *Tades*, utovar se obavlja s četiri utovarne cijevi, dok se vagoni tipa *Tads-lj*

utovaruju trima utovarnim cijevima, što ovisi o otvoru vagona.

Za utovar vagona na mostu *kolosječne* vage, nužna je odgovarajuća pripremljenost vagona i njegovo pozicioniranje. Pozicioniranje vagona obavlja se najviše za 4 minute, ovisno o tipu vagona. Utovar je moguć u sve tipove G vagona i specijalne vagone s pokretnim krovom za 8 do 9 minuta.

Svaka linija za punjenje vagona (kolosijeka 1 i 2) *dimenzionirana* je za kapacitet punjenja do 500t/h za fosfat.

3.2. Vrednovanje simulacijskog modela iskrcaja tereta i ukrcaja vagona u luci Šibenik

Brod *Pakrac*, prema teretnici (*bill of lading*), ukrcao je 32.250m/t sirovog fosfata u luci Casablanca (Maroko) za *Petrokemiju* d.d. - Kutina. 2. rujna, 2005. pristao je na pristan Dobrika u *Luku Šibenik* d.o.o., predajući primateljima (*receivers*) pismo spremnosti (*notice of readiness*) i iskrcajni plan (*unloading plan*). Nakon što su lučke vlasti (carina, policija i agent) obavile sve poslove, brod je dobio slobodan promet (*free pratique*), nakon čega je započet iskrcaj u drugoj smjeni, koja s radom počinje u 15.00 sati.

Temeljem iskrcajnog plana i pisma spremnosti, poduzeće *Luka Šibenik*, d.o.o. započelo je iskrcaj broda brodoiskrcavačem u brodsko skladište (*hold*) broj 3.

U međuvremenu, u vagone je započeo ukrcaj 1.000 tona fosfata, uskladištenog u lučkom skladištu od prošlog iskrcaja broda. Temeljem ugovora *Luka Šibenik* d.o.o. i poduzeća *Petrokemija* d.d. – Kutina, regulirano je da se veći dio tereta fosfata, namijenjenog za *Petrokemiju* d.d., privremeno pohranjuje u lučko skladište. Kako tvornica nema dovoljno velik kapacitet vlastitog skladišta, teret se, prema tehnološkoj potrebi poduzeća *Petrokemija* d.d., povremeno vagonima transportira u tvornicu, pa u lučkom skladištu uvijek postoje određene *stare* zalihe.

Prvog dana (2. rujna), tijekom druge i treće smjene, s broda u skladište iskrcalo se ukupno 3.671,57 tona. Istodobno, tijekom druge smjene, utovarilo se 1.868,00 tona fosfata u 35 vagona.

Drugog dana iskrcaja, tijekom prve, druge i treće smjene, s broda se iskrcalo ukupno 8.837,66 tona. Za vrijeme prve i druge smjene, utovarilo se 2.990,60 tona u 58 vagona. Na kraju treće smjene, bilo je u skladištu 3.979,06 tona.

Treći dan iskrcaja, tijekom tri smjene iskrcalo se 3.816,75 tona, a utovarilo se 3.364,20 tona u 63 vagona. Stanje skladišta na kraju treće smjene je 6.069,61 tona.

Četvrti dan, zbog kiše od 14.30 do 18.50 sati, nije se obavljao iskrcaj broda - iskrcalo se 4.580,70 tona. Tijekom prve i druge smjene, utovarilo se ukupno 2.611,10 tona u 49 vagona.

Istodobno, u skladištu, na kraju treće smjene, bilo je 8.039,21 tona.

Peti dan iskrcaja, tijekom tri smjene, iskrcalo se 4.685,91 tona tereta s broda, a tijekom prve i druge smjene, utovarilo se 961,90 tona u 18 vagona. U skladištu ima 13.212,31 tona.

Šestog dana, iskrcalo se, u prvoj i drugoj smjeni, 2.035,89 tona, a za vrijeme druge smjene utovarilo se 586,80 tona u 11 vagona. Na kraju druge smjene, u skladištu bila je ista količina tereta koja bila je i petog dana iskrcaja, 13.212,31 tona zbog kvara na brodoiskrcavaču, pa treća smjena nije radila.

Tijekom sedmog dana iskrcaja, prva i druga smjena nisu radile, zbog kvara brodoiskrcavača. Tijekom treće smjene, iskrcalo se 1.098,59 tona tereta, a vagoni se nisu utovarili.

Osmi dan, iskrcalo se 4.074,21 tona, a u prvoj i drugoj smjeni utovarilo se 1.388,00 tona u 26 vagona. U skladištu na kraju treće smjene ima 16.997,11 tona fosfata.

Zadnjeg dana iskrcaja (10. rujna), temeljem plana iskrcaja, u cijelosti se iskrcalo preostali teret iz brodskih skladišta. Ukupno 1.482,29 tona prenijelo se u lučko skladište. Teret iz skladišta nije se otpremao vagonima, budući *Petrokemija* d.d. nije postavila zahtjev.

Kao dokaz o iskrcaju cjelokupnog tereta, izdalo se potvrdu o cjelokupno iskrcanom brodskom teretu (*confirmation*).

Prema službenim podacima, ukupno se vagonima otpremilo 13.770,60 tona tereta u *Petrokemiju* d.d. - Kutina, a ostatak, 19.479,40 tona ostalo je u skladištu za daljnju isporuku, prema potrebi poduzeća *Petrokemija* d.d.

Prije osvrta na *validnost* rezultata, valja naglasiti kako se razvoj cjelokupnog modela temeljio bogatoj literaturi, u kojoj su opisani iskustveno potvrđeni korišteni modeli lučkog sustava. Upravo oni, predstavljali su temelj prve faze modeliranja, tj. temelj za *mentalno-verbalno* modeliranje. Uočavanjem uzročno-posljedičnog djelovanja, uočilo se dodatne pomoćne varijable, koje su u konačnici omogućile razvoj matematičko-računalnog modela, korištenog za razvoj prikazanih scenarija. Tako je moguće ustanoviti kako je konceptualni model u potpunosti usklađen sa zahtjevima pomorske znanosti i struke, kao i sustavske dinamike, što omogućuje kreiranje različitih mogućih scenarija.

Dokazivanje *validnosti* razvijenog modela temelji se na usporedbi simulacijom dobivenih podataka i mjerenih stvarno dobivenih podataka, za svaki slučaj posebno, čije bi uvrštavanje u konkretne praktične slučajeve, omogućilo dinamičko promatranje svakog lučkog iskrcajnog procesa u tzv. nepredvidivim uvjetima rada. To može biti otkazivanje rada dizalice, nedolazak kamiona ili vlakova, prometne nezgode, elementarne nepogode i slično, pa razne druge

krajnje okolnosti zbog kojih je nužno potpuno zaustaviti iskrcaj broda.

4. ZAKLJUČAK

Praktična primjena ovakvog načina planiranja potrebnih prijevoznih i iskrcajnih sredstava, omogućuje djelomično višestruko stručno ponašanje ovog modela, jer osim što uzima u obzir niz ograničavajućih parametara, logički (inteligentno) mijenja i donosi nove odluke tijekom procesa iskrcaja, vodeći strogo računa da pri jednom započeto iskrcaju ne dođe do zaustavljanja.

Provedenim ispitivanjem ove metodologije u poduzeću *Luka Šibenik*, d.o.o. na iskrcaju broda *Pakrac* i ukrcaju vagona i skladišta, dokazuje se kako je ovaj metodološki način istraživanja vrlo djelotvoran u praktičnoj svakodnevnoj uporabi. Kraće rečeno, primijenjena znanstveno istraživačka metoda simulacije, potpuno opravdava teoretsku, ali i praktičnu primjenu upravljanja prekrcajnim procesima, odnosno lukom kao cjelinom.

Međutim, luka je tek polazište prema potrošaču i tehničko tehnološka sastavnica u složenom sustavu integralnog i multimodalnog transporta.

Primjenom ovih transportnih tehnologija, postiže se dojmljiva *racionalizacija* u cijelom postupku *premjestanja* i prijevoza tereta od proizvođača do potrošača. Znatno se povećava iskorištenje prijevoznih sredstava, prateće opreme, služba i ukupno zaposlenog kadra. Štedi se vrijeme, a povećava kvaliteta usluga i brzina prijevoza. Ovi su transportni sustavi već prešli kontinentske granice i sve više djeluju prema načelima *interkontinentalnosti*. Izvrsni rezultati postižu se i korištenjem suvremenih transportnih tehnologija kao kontejnerizacija, Ro-Ro, *huckepack* itd. U cestovnom, željezničkom i zračnom prometu, razvoj suvremenih tehnologija je nešto sporiji, jer na kopnu manjkaju kontejnerski terminali i postaje, *huckepack* postaje, kamioni, dizalice, vagoni i dr.

Predlaže se dosljedno poštovanje obveza o *unifikaciji*, *tipizaciji* i standardizaciji prijevoznih i prekrcajnih sredstava, te opreme, kao i usklađivanje zakonske regulative s međunarodnom. Pogodovanje uvoznicima opreme iz inozemstva carinskim olakšicama. Djelatno organizirati logističke infrastrukturne objekte i omogućiti njihovu bržu izgradnju, te materijalno poticati djelovanje cijelog sustava.

LITERATURA:

[1] Bilić, M.: *Optimizacija lučkih prekrcajnih procesa uporabom sistemske dinamike*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2008.

[2] Žmegač, D. i D. Kaužljar: *Prijevoz robe željeznicom*, Biblioteka labirint, Zagreb, 1999.

[3] Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prometa*, Pomorski fakultet, Rijeka, 2001.