

Dr. sc. Čedomir Dundović
Dr. sc. Svjetlana Hess
Livia Šantić
Pomorski fakultet u Rijeci
Studentska 2
51000 Rijeka

Pregledni članak
UDK: 627.332:621.869.88
656.615
Primljeno: 21. rujna 2006.
Prihvaćeno: 04. listopada 2006.

PRORAČUN OPTEREĆENJA I KAPACITETA KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE PLOČE

S obzirom na prostorno uređenje novog kontejnerskog terminala Ploče i predviđene faze izgradnje u radu, autori daju cjelovit prijedlog tehnologije rada, organizacije prijevozno-prekrcajnih operacija i operacija slaganja kontejnera. Za učinkovito obavljanje ovih operacija, a s obzirom na predviđenu količinu prometa, izvršen je odabir potrebne prijevozno-prekrcajne mehanizacije. Na temelju dimenzionirane opreme u radu je proračunat statički i dinamički kapacitet kontejnerskog terminala za pojedine faze izgradnje. Pri projektiranju obale i slagališta kontejnerskog terminala, autori posebnu pozornost posvećuju opterećenjima na površinu prekrcajnih i prijevoznih sredstava koja obavljaju tehnološke procese na obali i slagalištu terminala. Težište rada je na detaljnoj analizi konstrukcijskih značajki, odnosno opterećenja na podlogu prijevozno-prekrcajne mehanizacije raznih proizvođača koji su danas zastupljeni na tržištu, te njihovom konačnom odabiru.

Ključne riječi: *prijevozno-prekrcajna mehanizacija, opterećenje prijevozno-prekrcajne mehanizacije, kapacitet kontejnerskog terminala*

1. UVOD

Luka Ploče nalazi se u važnom razvojnom razdoblju koje je obilježeno značajnim investicijskim ulaganjem. Izgradnja modernog kontejnerskog terminala nije samo značajan investicijski projekt, već je ujedno i projekt kojim se bitno mijenja fizionomija poslovanja luke Ploče. Ta investicija utječe i na promjenu strukture prometa, jače uključivanje u kontejnerski promet na Jadranu te veće količine generalnih tereta u ukupnom prometu.

Pri projektiranju terminala bitno je što točnije odrediti budući kontejnerski promet. S obzirom na događanja na svjetskom, odnosno europskom kontejnerskom tržištu i ulogu jadranskih luka u tim kretanjima realno je pretpostaviti da

će budući poslovi novog kontejnerskog terminala u luci Ploče biti vezani uz feeder servis. Promet od 80.000 do 100.000 kontejnera godišnje je vjerojatno optimalan promet koji se može očekivati u narednih deset godina. Realno je pretpostaviti da na ovim pokazateljima treba zasnivati buduća ulaganja u nove lučke kapacitete.

Planiranje kao podloga budućeg investiranja je složen i nesiguran zadatak. Dulje razdoblje planiranja implicira veće pogreške. Dvije su osnovne pogreške koje se mogu dogoditi: potkapacitiranje i prekapacitiranje. Obje su pogreške skupe s nizom neugodnih posljedica za luku. U prvoj fazi eksploatacije potkapacitiranje je "jeftinija" pogreška, ali s težim dalekosežnim posljedicama. Prekapacitiranje je "skuplja" pogreška, ali može djelovati stimulatивно, tj. može biti motiv za privlačenje novih tereta i uspješnije (jednostavnije) iskorištavanje instaliranih lučkih kapaciteta.

2. FAZE IZGRADNJE I PROSTORNO UREĐENJE KONTEJNERSKOG TERMINALA PLOČE

Kontejnerski terminal u luci Ploče zauzimat će površinu od ukupno cca 154.000 m² (15,4 ha) na kopnu i cca 53.000 m² (5,3 ha) na moru, odnosno sveukupno cca 209.000 m² (21 ha).

Kopneni dio terminala je funkcionalna cjelina, unutar koje se razlikuje pet zona u kojima je predviđena određena vrsta izgradnje i uređenja površina (Slika 1):

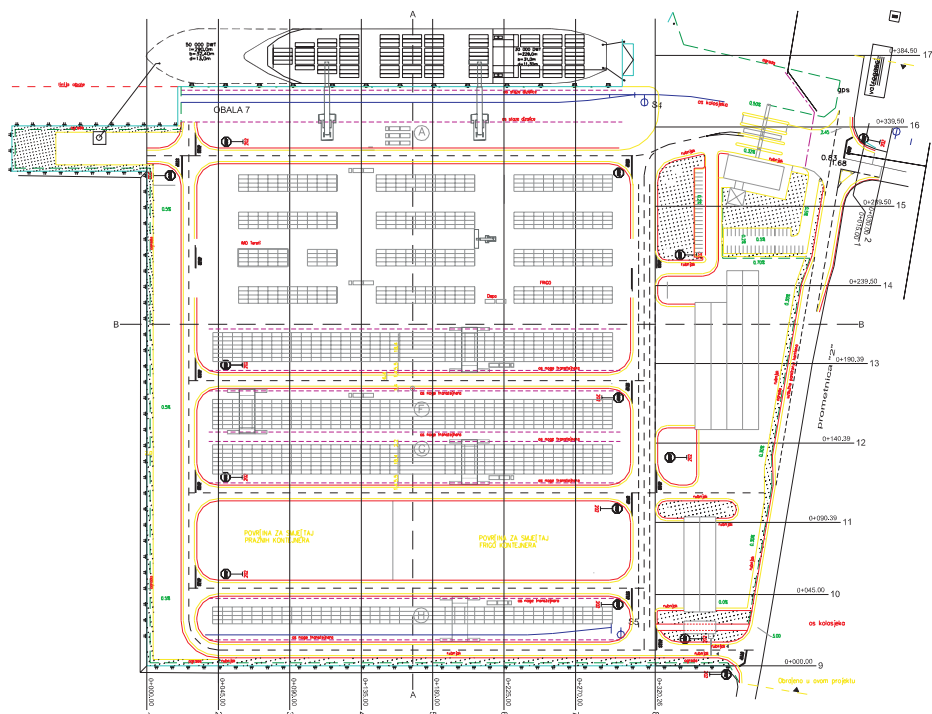
I. Lučko-operativne površine, na kojima se planira uređenje otvorenog skladišnog prostora za manipulaciju i skladištenje kontejnera površine 86.000 m²,

II. Obala sa zaobalnom površinom predviđena za ukrcaj i iskrcaj kontejnera s Ro-Ro rampama površine 17.000 m²,

III. Prometnice i objekti infrastrukture, nove prometnice na terminalu, cesta i željeznica, uređenje pristupnih cesta i pristupne željeznice terminalu, kroz lučko područje ukupne površine 24.000 m²,

IV. Zatvoreno skladište za potrebe punjenja i pražnjenja kontejnera površine 12.000 m²,

V. Pomoćni objekti, izgradnja građevine za kontrolu i zaštitu primarnog ulaza, uz koju će se urediti parkirališne površine za teretna i osobna vozila te radionica za popravak kontejnera i mehanizacije terminala ukupne površine 15.000 m².



Slika 1. Prostorni raspored kontejnerskog terminala luke Ploče

Izgradnja pristaništa predviđena je u dvije faze:

I. U prvoj fazi predviđa se izgradnja obale i skladišnog prostora za kapacitet od 40.000 TEU/god., s potrebnom komunalnom infrastrukturom te izgradnja dijela prometnica s nužnim dijelom objekata na ulazu u terminal i kolosijecima uz obalu. Za ukrcaj/iskrcaj kontejnera u I. fazi izgradnje terminala, na obali se predviđaju lučke mobilne dizalice. Realizacija (izgradnja i opremanje) I. faze kontejnerskog terminala može se odvijati kroz dvije odvojene etape (predfaze) pri čemu bi se u prvoj predfazi izgradila i opremila operativna obala i skladište ukupne površine 30.480 m². U drugoj predfazi I. faze izgradnje kontejnerskog terminala Ploče uz izgrađenu obalu i lučke operativne površine (ukupne površine 103.000 m²), skladišni prostor terminala bi se povećao i obuhvaćao bi ukupno 34.580 m².

II. U drugoj fazi planira se izgradnja preostalog dijela skladišnog prostora s kompletnom komunalnom infrastrukturom, izgradnja preostalih objekata skladišta, radionica i dijela objekata ulaza na terminal. Dovođenjem II. faze terminal će dostići projektirani kapacitet od 100.000 TEU/god.

Od obale prema južnoj strani platoa formirat će se površine za slaganje kontejnera te površine za smještaj frigo i praznih kontejnera. Uz zadnju

površinu za skladištenje kontejnera na južnom rubu platoa predviđena su dva kolosijeka za otpremu kontejnera željeznicom.

Pri izgradnji novog kontejnerskog terminala u luci Ploče posebno je važan izbor prekrcajnog mosta, čije karakteristike izravno utječu na izvedbu konstrukcije pristana. U ovome radu je, na temelju definiranih tehnoloških operacija, izvršen precizan izračun i dimenzioniranje opreme. Pri izboru opreme potrebno je voditi računa da ista, u normalnim okolnostima garantira minimalnu emisiju otpadnih tvari i dopuštenu razinu buke. Također, pri projektiranju tehnoloških procesa u prvoj fazi izgradnje potrebno je uzeti u obzir sve bitne čimbenike koji mogu utjecati na rješenja pri izvođenju II. faze.

3. OPTEREĆENJA PRIJEVOZNO-PREKRCAJNIH SREDSTAVA NA TERMINALU U POJEDINIM FAZAMA IZGRADNJE

Prijevozno-prekrcajna sredstva koja će obavljati tehnološke procese prekrcaja na terminalu luke Ploče predložena su s obzirom na značajke kontejnerskih brodova za koje se očekuje da će dolaziti u luku Ploče. U konačnoj, II. fazi izgrađenosti predviđa se mogućnost dolaska kontejnerskog broda tipa Panamax duljine 290 m i gaza 13,5 m. Kao mogući brodovi za prijevoz kontejnera u I. fazi izgrađenosti terminala predloženi su: brodovi Panamax duljine 220-230 m, višenamjenski brodovi duljine 190 m i Ro-Ro brodovi duljine 150 m.

Brod sa svojom veličinom (duljinom, širinom) i nosivošću (brojem TEU-a) determinira izbor odgovarajućih obalnih prekrcajnih sredstava. Predviđa se da u prvoj fazi luka Ploče može prihvatiti brodove četvrte generacije, a u drugoj fazi bi mogli biti prihvaćeni i brodovi pete generacije.

U početnoj fazi rada kontejnerskog terminala u luci Ploče za prekrcajne manipulacije koristit će se mobilna dizalica. S povećanjem kontejnerskog prometa, potrebno je instalirati kontejnerske mostove, optimalne veličine za prekrcaj Panamax kontejnerskih brodova.

U svijetu postoje različite konstrukcije kontejnerskih mostova, ali s obzirom na specifičnost izvedbe obale i potrebe prekrcaja unutar portala kontejnerskog mosta za kontejnerski terminal luke Ploče predlaže se raspon portala od 24 m.

Pri projektiranju obale i slagališta kontejnerskog terminala obvezno treba voditi računa o opterećenjima od prekrcajnih i prijevoznih sredstava koja obavljaju tehnološke procese na obali i slagalištu terminala. U tabeli 1. navedeni su primjeri opterećenja različitih prekrcajnih sredstava na kontejnerskom terminalu.

Tabela 1. Primjeri opterećenja različitih prekrcajnih sredstava na kontejnerskom terminalu

Značajke	Kriterij			Izvor
Obalna kontejnerska dizalica				
Opterećenje kotača (kN/kotač)	Uvjeti rada	Vertikalno opterećenje	Horizontalno opterećenje	Podaci proizvođača iz sličnih projekata
	Normalni uvjeti			
	Morska strana	385	23	
	Kopnena strana	310	19	
	Vremenske nepogode			
	Morska strana	500	12	
	Kopnena strana	580	12	
	Seizmički (trusni) uvjeti			
	Morska strana	580	55	
	Kopnena strana	510	50	
Broj kotača	8 kotača po podvozju			
Razmak podvozja baze kotača	17 m			
Dohvat na morskoj strani	36 m od ruba obale			
Dohvat na kopnenoj strani	10 m			
Nosivost	40 t ispod spredera 45 t ispod kuke			
Mobilna dizalica				
Ukupna masa	235 t			Liebherr katalog, dizalica tipa LHM 250
Nosivost	max 64 t, 25 t uz radijus od 38 m			
Opterećenje oslonca	1600 kN (površina oslonca 5,5 m x 1,8 m)			
Autodizalica				
Ukupna masa	65 - 75 t			"Hyster" i "Kalmar" katalog
Nosivost	35 t			
Maksimalno opterećenje na prednjoj osovini	108 t (za vrijeme dizanja)			
Broj prednjih kotača	4			
Transtainer na gumenim kotačima				
Ukupna masa	200 - 250 t			"Mitsui", "Noell"
Nosivost	40 t			
Maksimalno opterećenje na jednom kotaču	36 t (za vrijeme dizanja)			
Broj kotača	minimalno 2 po kutu			

Pri projektiranju površine slagališta treba voditi računa o pritiscima na podlogu portalnih prijenosnika, teških viličara i sl. te težine kontejnera složenih na 4 do mogućih 5 visina, gdje je moguća težina 30 tona x 4x 20' kontejnera/15 m², odnosno 120 tona /15 m².

Predviđena su specifična prijevozno-prekrajna sredstva i dana opterećenja na obalu s obzirom na faze izgradnje i procese rada na terminalu kako slijedi:

1. Proces rada na kontejnerskom terminalu u I. fazi s lučkom mobilnom dizalicom i autodizalicom na skladištu

Relacija:	BROD-PRIKOLICA-SKLADIŠTE KONTEJNERA I OBRNUTO
Teret:	KONTEJNERI LO-LO, 20', 40'
Sredstva:	Mobilna lučka dizalica 40 t ispod spredera, vučno vozilo + prikolica, autodizalica (reach stacker)
Alat:	Spreder za kontejnere 40 t
Opis opterećenja na radnu površinu:	<p>Mobilnom lučkom dizalicom prenosi se kontejner iz broskog skladišta na lokalnu prikolicu postavljenu na prometnoj površini pod dohvatom iste. Nakon smještaja dva 20' ili jednog 40' kontejnera, vučno vozilo odvlači teret na skladište kontejnera te postavlja na prometnu traku pod dohvat autodizalice.</p> <p>Autodizalica obavlja podizanje i slaganje kontejnera na 4 visine.</p> <p>Obala: Mobilna lučka dizalica (preliminarni podaci prema proizvođaču Liebherr LHM 320)</p> <ul style="list-style-type: none"> - maksimalna nosivost: heavy lift rad - 1020 kN (104 t) - standardni rad - 687 kN (70 t) - maksimalni dohvat: 43 m - ukupan broj kotača: 28 - maksimalno opterećenje po kotaču (u vožnji): 5,9 kN (6 t) - raspon oslonaca u poprečnom smjeru: 12 m - raspon oslonaca u uzdužnom smjeru: 12 m - dimenzije standardnih oslonaca: 5,5 m x 1,8 m - broj oslonaca: 4 - ravnomjerno raspoređeno opterećenje oslonjene dizalice: 16,7 kN/m² (1,7 t/m²) - ukupna težina dizalice (bez tereta): 3188 kN (325 t) - maksimalno opterećenje po osloncu (grana pod 45°): 196 kN (20 t) <p>Prometnice: Vučna vozila i prikolice</p> <ul style="list-style-type: none"> - nosivost: 600 kN (61 t) - broj kotača (ukupno): 10 (P1-4) vučno vozilo, (P2-4, P3-2) prikolica - raspon između kotača: P1-1,3 m-P1 (vučno vozilo)Ž P1-7,2 m-P2-1,3 m-P2-3,3 m-P3 (prikolica) - opterećenja po kotaču: P1 – 68 kN P2 – 40 kN P3 – 18 kN

	<p>Skladište: Autodizalica (preliminarni podaci prema proizvođaču Liebherr – model LRS 645)</p> <ul style="list-style-type: none"> - nosivost: 1. / 2. / 3. red (bez oslonaca) – 441 / 343 / 177 kN (45/35/18 t) <li style="padding-left: 20px;">1. / 2. / 3. red (s osloncima) – 441 / 373 / 230 kN (45/38/23,5 t) - ukupna težina: 744 kN (75,8 t) - opterećenje na prednju osovinu: maksimalno (najnepovoljniji slučaj): 1094 kN (111,5 t) <li style="padding-left: 20px;">u vožnji s teretom: 886 kN (90,3 t) <li style="padding-left: 20px;">u vožnji bez tereta 300 kN (30,6 t) - opterećenje na stražnju osovinu: u vožnji s teretom: 300 kN (30,5 t) <li style="padding-left: 20px;">u vožnji bez tereta 443 kN (45,2 t) - broj kotača naprijed: 4 - broj kotača straga: 2 - dimenzija kotača: 18.00x25/PR40 - raspon osovina: 6,5 m - širina naprijed: 4,23 m - širina straga: 3,31 m
--	---

2. Proces rada na kontejnerskom terminalu u I. fazi s lučkom mobilnom dizalicom i transtainerom na skladištu

Relacija:	BROD-PRIKOLICA-SKLADIŠTE KONTEJNERA I OBRNUTO
Teret:	KONTEJNERI LO-LO, 20', 40'
Sredstva:	Mobilna lučka dizalica 40 t ispod spredera, vučno vozilo + prikolica, transtainer
Alat:	Spreder za kontejnere 40 t
Opis opterećenja na radnu površinu:	<p>Mobilnom lučkom dizalicom prenosi se kontejner iz broskog skladišta na lokalnu prikolicu postavljenu na prometnoj površini pod dohvatom iste. Nakon smještaja dva 20' ili jednog 40' kontejnera, vučno vozilo odvlači teret na skladište kontejnera te postavlja na prometnu traku pod dohvata transtainera.</p> <p>Transtainer obavlja podizanje i slaganje kontejnera na 5 visina.</p> <p>Skladište: Transtainer (preliminarni podaci prema proizvođaču Konecranes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - nosivost: s jednim kontejnerom - 400 kN (40,6 t) <li style="padding-left: 20px;">dva 20-stopna kontejnera - 500 kN (50,8 t) <li style="padding-left: 20px;">dva 20-stopna kontejnera pri smanjenoj brzini dizanja - 600 kN (61 t) - raspon nogu u poprečnom smjeru: 22,86 m - raspon nogu u uzdužnom smjeru: 7,9 m - broj kotača po nozi: 4 - raspon kotača: 2,1 m - razmak kotača u paru: 1,08 m - promjer kotača: 1,35 m

	<p>- maksimalna opterećenja po kotaču (najnepovoljniji slučaj – mačka na strani diesel-generatora): maksimalna brzina vjetra u radu (7 redova kontejnera + prometna traka, 5 skladišnih visina + 1 prolazna): nosivost 400 kN: 164 kN (16,7 t) nosivost 500 kN: 176 kN (17,9 t)</p>
--	---

3. Proces rada na kontejnerskom terminalu u II. fazi s kontejnerskim mostom i transtainerom na skladištu

Relacija:	BROD-PRIKOLICA-SKLADIŠTE KONTEJNERA I OBRNUTO
Teret:	KONTEJNERI LO-LO, 20', 40'
Sredstva:	Kontejnerski most 40 t ispod spredera, vučno vozilo+prikolica, transtainer
Alat:	Spreder za kontejnere 40 t
Opis opterećenja na radnu površinu:	<p>Obalnim kontejnerskim mostom prenosi se kontejner iz broskog skladišta na lokalnu prikolicu postavljenu na prometnoj površini pod dohvatom iste. Nakon smještaja dva 20' ili jednog 40' kontejnera, vučno vozilo odvlači teret na skladište kontejnera te postavlja na prometnu traku pod dohvat transtainera. Transtainer obavlja podizanje i slaganje kontejnera na 5 visina.</p> <p>Obala: Kontejnerski most (preliminarni podaci prema proizvođaču Konecranes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - nosivost: 392 kN (40 t) - dizalične tračnice: tip A 100 - rasponu tračnica: 24 m - ukupan broj kotača po nozi: 8 - raspon nogu u uzdužnom smjeru: 15,5 m - promjer kotača: 500 mm - razmak između kotača: 1120 mm - maksimalna opterećenja po kotaču <ul style="list-style-type: none"> vertikalna: u radu, morska strana – 414 kN u radu, kopnena strana – 347 kN olujni uvjeti, morska strana – 358 kN olujni uvjeti, kopnena strana – 446 kN vertikalna linearna (razmak između kotača 1120 mm): <ul style="list-style-type: none"> u radu, morska strana – 369 kN/m u radu, kopnena strana – 310 kN/m olujni uvjeti, morska strana – 320 kN/m olujni uvjeti, kopnena strana – 398 kN/m horizontalna: olujni uvjeti, u smjeru tračnica <ul style="list-style-type: none"> morska strana – 251 kN opnena strana – 296 kN olujni uvjeti, poprijeko na tračnice u smjeru mora <ul style="list-style-type: none"> morska strana – 296 kN kopnena strana – 296 kN

4. Proces rada na RO-RO terminalu s RO-RO viličarom i autodizalicom na skladištu

Relacija:	BROD-PRIKOLICA-SKLADIŠTE I OBRATNO
Teret:	KONTEJNERI RO-RO, 20', 40'
Sredstva:	1 viličar 28/46 t, 3 vučna vozila, 3 prikolice
Alat:	Spreder za kontejnere ili vilice
Opis opterećenja na radnu površinu:	<p>U brodskom skladištu RO-RO viličarom nosivosti 28/42 t, kontejner se slaže na lokalnu kontejnersku prikolicu koju vučno vozilo odvozi preko rampe na poziciju slaganja pod dohvatom autodizalice na skladištu kontejnera.</p> <p>Autodizalica podiže kontejner i slaže na 4 visine.</p> <p>Kod ove manipulacije moguća je i opcija pražnjenja kontejnera u skladištu prijemno otpremne zone na već opisani način, a prazni kontejneri se čeonim viličarom slažu na posebnoj lokaciji terminala.</p> <p>Obala: RO-RO viličar</p> <ul style="list-style-type: none">- maksimalna nosivost: rad sa sprederom - 451 kN (46 t) rad s vilicama - 275 kN (28 t)- vlastita težina - maksimalno: 588 kN (60 t)- vlastita težina - standardno: 392 kN (40 t)- broj kotača naprijed: 4- broj kotača straga: 2

5. Proces rada na RO-RO terminalu s RO-RO viličarom i transtainerom na skladištu

Relacija:	BROD-PRIKOLICA-SKLADIŠTE I OBRATNO
Teret:	KONTEJNERI RO-RO, 20', 40'
Sredstva:	1 viličar 28/46 t, 3 vučna vozila, 3 prikolice
Alat:	Spreder za kontejnere ili vilice
Opis opterećenja na radnu površinu:	<p>U brodskom skladištu RO-RO viličarom nosivosti 28/42 t kontejner se slaže na lokalnu kontejnersku prikolicu koju vučno vozilo odvozi preko rampe na poziciju slaganja pod dohvatom transtainera na skladištu kontejnera.</p> <p>Transtainer podiže kontejner i slaže na 5 visina.</p> <p>Kod ove manipulacije moguća je i opcija pražnjenja kontejnera u skladištu prijemno otpremne zone na već opisani način, a prazni kontejneri se čeonim viličarom slažu na posebnoj lokaciji terminala.</p>

4. PRORAČUN KAPACITETA KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE PLOČE

Optimalan kapacitet lučkoga kontejnerskog terminala pretpostavlja da su kapaciteti pojedinih elemenata sustava (infrastrukture, suprastrukture, ljudskog rada, itd.) usklađeni međusobno i s postojećom potražnjom za lučke operacije s kontejnerima i kao takvi čine funkcionalnu cjelinu koja korisnicima omogućuje pružanje lučkih usluga sa što manje zastoja, a kontejnerskom terminalu rentabilno poslovanje.

U praksi je vrlo teško odrediti i dimenzionirati optimalan kapacitet lučkoga kontejnerskog terminala zbog oscilacija lučkog prekrcaja uvjetovanih neravnomjernim pristizanjem kontejnerskih brodova na terminal i nejednolikim trajanjem operacija s kontejnerima. Kontejnerski terminal bi trebao raspolažati *rezervnim kapacitetom* za uvjete dnevnog ili mjesečnog maksimalnog prometa da bi se u svakom trenutku mogao obaviti prekrcaj kontejnera, ali bi takve rezerve kapaciteta smanjile stupanj iskorištenja terminala, i povećale udio fiksnih troškova u njegovom poslovanju.

4.1. Proračun kapaciteta pristana kontejnerskog terminala luke Ploče

Ulazni podaci za ovaj proračun su sljedeći: kontejnerski terminal bit će lociran na parceli površine od oko 250.000 m². Na polovici površine parcele, na njenom istočnom dijelu bit će izgrađen kontejnerski terminal i RO-RO terminal godišnjeg kapaciteta do 100.000 TEU. Projektirani godišnji promet od 100.000 TEU odnosi se na konačnu izgrađenost terminala (u II. fazi). Ostatak površine je dugoročnim planom razvoja predviđen za njegovo proširenje do kapaciteta od 200.000 TEU godišnje.

Obala sa zaobalnom površinom koja će se koristiti za ukrcaj i iskrcaj kontejnera uključujući RO-RO rampu ima površinu 17 000 m². Obala za kontejnere je dužine priveza 280 m, dubine 15 m.

U prvoj fazi izgradila bi se kompletna obala i skladišni prostor za kapacitet od 40.000 TEU/god., s potrebnom komunalnom infrastrukturom. Za rukovanje kontejnerima u I. fazi izgrađenog terminala, na obali se predviđaju mobilne lučke dizalice. Dovođenjem II. faze, kada bi se na obali postavila dva kontejnerska mosta, terminal bi dostigao projektirani kapacitet od 100.000 TEU/god.

Planirani promet obaviti će se radom u dvije smjene u radne dane kad to dopuštaju vremenski uvjeti uporabom odgovarajuće mehanizacije. Planirani kapacitet terminala zasniva se na 200 efektivnih radnih dana tijekom godine.

Teorijski kapacitet pristana u I. fazi s mobilnom lučkom dizalicom iznosi 18 TEU/h, odnosno 288 TEU/dan, ako kontejnerski terminal radi u dvije smjene s po 8 sati. Vrijednost koeficijenta ϕ kreće se u praksi od 0,3 do 1; vrijednost koeficijenta t od 0,5 do 0,9 (zbog mogućih zastoja u radu dizalice, kva-

rova, nestanka struje, čekanja na vagone i sl.). Dakle, ako je teorijski kapacitet 288 TEU/dan, $\varphi=0,75$ i $t=0,6$, **stvarni kapacitet kontejnerskog pristana** s jednom mobilnom dizalicom iznosi 130 TEU/dan.

Dinamički kapacitet (kapacitet pristana u godini dana) iznosio bi prema prethodnim pretpostavkama (200 radnih dana) 26.000 TEU.

S obzirom na predviđeni promet u I. fazi izgradnje terminala od 40.000 TEU/god., te na temelju dobivenih rezultata zaključuje se da bi bile dovoljne dvije mobilne dizalice za rad na pristanu kojima bi se mogao ostvariti maksimalni kapacitet od 52.000 TEU/god.

Teorijski kapacitet pristana za II. fazu izgrađenosti i opremljenosti terminala s kontejnerskim mostom iznosio bi 25 TEU/h, odnosno 400 TEU/dan.

Dakle, ako je teorijski kapacitet 400 TEU/dan, $\varphi=0,85$ i $t=0,8$ **stvarni kapacitet kontejnerskog pristana** s jednim kontejnerskim mostom iznosi 272 TEU/dan. Treba napomenuti da je za rad s kontejnerskim mostom, vrijednost koeficijenta φ (koeficijent iskorištenja nosivosti) veća nego kod rada s mobilnom dizalicom. Isto vrijedi i za koeficijent iskorištenja vremena t .

Dinamički kapacitet za jedan kontejnerski most iznosio bi 54.400 TEU/god. Prema tome, s obzirom na predviđeni promet u II. fazi izgradnje terminala od 100.000 TEU/god., na temelju dobivenih rezultata zaključuje se da su potrebna dva kontejnerska mosta za rad na pristanu kojima bi se mogao ostvariti promet od 108.800 TEU/god.

4.2. Kapacitet slagališta za kontejnere

Kapacitet slagališta za kontejnere treba razmatrati u kontekstu funkcioniranja ostalih elemenata lučkoga kontejnerskog terminala. Prvenstveno kapacitet slagališta treba biti dimenzioniran u ovisnosti o kapacitetu pristana, budući da veličina slagališta ovisi o vrsti, broju i veličini kontejnera koje nakon iskrcaja s broda treba smjestiti na slagalište.

Za prvu fazu predviđena je tehnologija skladištenja kontejnera uporabom reachstackera/viličara koji za slaganje kontejnera na tri visine zahtijevaju cca 15 m²/TEU. Uzimajući u obzir da je operativna visina slaganja manja i zavisna o broju premještanja kontejnera prije odlaska na odredište, težini, pravcu (uvoz/izvoz), tipu te redovitosti brodske linije određuje se faktor visine 0.8. Pretpostavlja se da je zadržavanje kontejnera na terminalu 15 dana.

Kod primjene transtainera, prema nekim preporukama proizvođača treba imati cca 32.000 m² za 250 m obale, odnosno 128 m²/m obale. Također se navodi da bi se na tom prostoru trebao postići (organizirati) teoretski kapacitet jednokratnog uskladištenja za cca 2.660 TEU po jednom pristanu, odnosno 10,64 TEU/m pristana.

U **predfazi** je predviđena ukupna površina terminala od 32.000 m². Ukupna površina se sastoji od: ulaza (1.280 m²), skladišnih površina/područje šljunčanih pilota (14.800 m²), skladišne površine (7.300 m²), površine za slaganje frigo

kontejnera (4.700 m²) i manipulativne površine (2.400 m²). Slagališne površine zauzimaju 22.100 m².

Ako se koristi tehnologija slaganja kontejnera uporabom reachstackera tada je moguće na slagališnu površinu jednokratno složiti 1.440 TEU-a. Uz pretpostavku da je vrijeme zadržavanja kontejnera na slagalištu do 10 dana, dinamički kapacitet bi iznosio 51.840 TEU-a.

Ako se koristi tehnologija slaganja kontejnera uporabom transtainera tada se jednokratno može složiti (statički kapacitet) 1.200 TEU-a, a dinamički kapacitet bi iznosio 43.200 TEU-a.

Za **prvu fazu** izgradnje terminala, budući da je predviđen rad na slagalištu s reachstackerima, odnosno viličarima, treba uzeti u obzir sljedeće parametre za izračunavanje statičkog i dinamičkog kapaciteta:

- raspoloživi prostor slagališta je u I. fazi 34.580 m² (125 x 276 m),
- reachstackeri zahtijevaju 13 m prostora za kontejnere složene u 4 širine,
- kontejneri se slažu na tri visine,
- zadržavanje kontejnera na terminalu je prosječno 15 dana.

a) Raspoloživi prostor od 34.580 m² koristi se za slaganje kontejnera uporabom reachstackera. Budući da 4 širine kontejnera zauzimaju 10 m, a prostor između njih je 13 m, na širini od 125 m može se složiti 2.736 TEU na tri visine slaganja, a dinamički kapacitet je 66.576 TEU/god.

Za opisani način slaganja trebalo bi 6 reachstackera za pune kontejnere te 3 reachstackera za prazne kontejnere.

b) Alternativno se u I. fazi slaganje kontejnera može izvesti kombinacijom reachstackera i transtainera pri čemu bi se reachstackeri koristili na prvoj površini slaganja, a transtainer na drugoj površini. U tom se slučaju na prvoj površini slaganja s reachstackerima u tri visine može složiti 1.368 TEU, a na drugoj površini koristeći transtainere i slažući kontejnere u četiri visine 1.824 TEU, što ukupno iznosi 3.192 TEU. Dinamički kapacitet je u ovom slučaju 77.672 TEU/god.

Za neometan i efikasan rad trebala bi 4 reachstackera za pune kontejnere, 3 reachstackera za prazne kontejnere te 2 transtainera. Po jednom reachstackeru treba osigurati 3 tegljača i 10 prikolica. Za promet od 40.000 TEU/god. i predviđena sredstva za rad na slagalištu - autodizalice i viličare, raspoloživi prostor od 34.580 m² bio bi dovoljan. Treba napomenuti da su po jednoj mobilnoj dizalici potrebne tri autodizalice, te stoga za I. fazu rada terminala treba osigurati 6 autodizalica.

Za **drugu fazu** se preporuča uporaba transtainera na slagalištu, te se uzimaju u obzir sljedeće značajke slagališta kontejnerskog terminala:

- raspoloživi prostor slagališta u II. fazi: 50.440 m²,
- 36 traka za odlaganje kontejnera (6x6),
- mogućnost slaganja u 4 visine,

- duljina trake od cca 256 m (38 TEU).

Statički kapacitet kontejnerskog terminala luke Ploče za pretpostavljene uvjete iznosio bi 5.484 TEU.

Na kontejnerskom terminalu, u konačnoj fazi, jednokratno uskladištenje kontejnera pod transtainerima za jednu visinu slaganja iznosilo bi 1.371 TEU, za dvije visine 2.742 TEU, za tri visine 4.113 TEU te za četiri visine slaganja 5.484 TEU.

Na temelju dobivenog statičkog kapaciteta i broja izmjena kontejnera u godini može se dobiti dinamički kapacitet, odnosno ukupna količina kontejnera koja se može uskladištiti na slagalištu kontejnerskog terminala luke Ploče tijekom godine dana od 133.444 TEU/god.

Shodno tome, u II. fazi je rad sa transtainerima neophodan da bi se osigurao dovoljan kapacitet slagališta, a preporuča se uporaba 4 transtainera za učinkovito obavljanje operacija slaganja.

Prethodno izračunati kapaciteti slagališta odnose se na prve tri površine slagališta terminala. Na četvrtoj površini predviđen je prostor za smještaj frigo i praznih kontejnera. Budući da se radi o prostoru površine 53 m x 276 m, na kojem treba osigurati priključak na električnu mrežu, moguće je složiti oko 64 TEU. Na petoj površini za slaganje, kontejneri se mogu slagati u četiri reda uzdužno, uz dva kolosijeka koje može opsluživati transtainer. Kapacitet jednokratnog uskladištenja kontejnera na zaobalnom željezničkom punktu za 4 visine slaganja iznosi 608 TEU.

Ukupan statički kapacitet slagališta kontejnerskog terminala luke Ploče, prema fazama izgradnje iznosio bi:

STATIČKI KAPACITET SLAGALIŠTA	I. FAZA (TEU) 3 visine slaganja	II. FAZA (TEU) 4 visine slaganja
Ispod transtainera	a) 2.736; b) 3.192	5.484
Na željezničkom pretpunktu	-	608
UKUPNO	a) 2.736; b) 3.192	6.092

U konačnoj fazi (100.000 TEU) kada se planira izgradnja zbirnog skladišta, predviđa se 5.000 TEU/god koji će imati status LCL (*less than container load*). U CFS skladištu prostor potreban za rukovanje koji se odnosi na jedinicu TEU iznosi 29 m². Tranzitno vrijeme zadržavanja robe je 10 dana. Faktor koji uzima u obzir pristup vozilima i rad u skladištu je 0,4 (veći faktor znači veću potrebu za prostorom). Rezerva u prostoru iznosi 25%. Skladište bi trebalo imati površinu od cca 4.000 m². Uz pretpostavku da je koeficijent slaganja 0,75, a nosivost površine 4 t/m², proizlazi da bi jednokratni kapacitet zatvorenog skladišta iznosio 12.000 t.

5. ZAKLJUČAK

Izgradnja kontejnerskog terminala luke Ploče predviđena je u dvije faze. Za predviđene faze izgradnje kontejnerskog terminala luke Ploče preporuča se uporaba sljedećih vrsta i broja prijevozno-prekrcajnih sredstava:

- **Prva faza rada kontejnerskog terminala** (pretpostavljeni godišnji promet od 40.000 TEU na jednom pristanu)

Vrsta sredstva	Komada
Mobilna lučka dizalica (42/100 t)	2
Reachstacker (rad na skladištu kontejnera)	6
Čeoni viličar nosivosti 28/32 t (rad na skladištu kontejnera)	1
Terminalsko vučno vozilo	6
Terminalska poluprikolica za prijevoz kontejnera	12
Čeoni viličar (RO-RO) nosivosti 28/32 t	1
Čeoni viličar nosivosti 10 t (rad s praznim kontejnerima)	1
Čeoni viličar nosivosti 3 t (rad na punjenju/praznjenju kontejnera)	2
Sredstvo za vuču vagona	1

Za predfazu ukupne površine 30.480 m² vrsta i broj mehanizacije je isti kao i za I. fazu s izuzetkom jedne lučke mobilne dizalice, naime u predfazi se predviđa samo jedna lučka mobilna dizalica.

- **Konačna (II. faza) rada kontejnerskog terminala** (pretpostavljeni godišnji promet od 100.000 TEU na jednom pristanu)

Vrsta sredstva	Komada
Obalna kontejnerska dizalica (kontejnerski most)	2
Transtainer na gumenim kotačima	4
Terminalsko vučno vozilo	8
Terminalska poluprikolica za prijevoz kontejnera	16
Čeoni viličar (RO-RO) nosivosti 28 (32) t	2
Čeoni viličar nosivosti 10 t (rad s praznim kontejnerima)	2
Čeoni viličar nosivosti 3 t (rad na punjenju/praznjenju kontejnera)	2
Sredstvo za vuču vagona	2

Tehničko-tehnološke značajke predloženih prijevozno-prekrcajnih sredstava s posebnim naglaskom na opterećenje površine su sljedeće:

- Predložena je lučka mobilna dizalica MHC 130 (Reggiane) maksimalnog opterećenja po uporniku 190 t (površina upornika 4,68 m²) u najnepovoljnijem položaju kraka.
- Značajke kontejnerskog mosta, optimalne veličine za prekrcaj Panamax kontejnerskih brodova su: nosivost 500 kN (50 t) na sprederu (2 x 20' kon-

tejnera s dvostrukim spreaderom); nosivost na kuki 700 kN (70 t); dohvat na morskoj strani – 38 m; raspon nogu (SPAN) od 24 m; broj kotača po nozi (postolju) dizalice – 8. Potrebno je razmotriti i mogućnost nabavke kontejnerske dizalice veće nosivosti (600 kN na sprederu, odnosno 800 kN na kuki) s obzirom na potrebu istovremenog podizanja dva puna 20' kontejnera.

- Za specifične potrebe Lučke uprave Ploče, s obzirom da je odlučeno da raspon portala bude 24 m, kao konačno rješenje odabrana je kontejnerska dizalica nosivosti 400 kN proizvođača Fantuzzi, sličnih karakteristika kao i prethodno navedeni kontejnerski mostovi, čija su maksimalna opterećenja za vrijeme rada na kopnenoj strani 41,7 t/kotaču, a na morskoj strani 42,2 t/kotaču, te u stanju mirovanja na kopnenoj strani 48,7 t/kotaču i na morskoj strani 39,5 t/kotaču (8 kotača).
- S obzirom na specifične zahtjeve da transtainer bude na 16 kotača kao konačno rješenje u radu je predložen transtainer proizvođača Konecranes na 16 kotača, raspona 6 redova kontejnera + 1 prometna traka i 4 skladišne visine + 1 prolazna (preliminarni podaci prema proizvođaču Konecranes). Maksimalna opterećenja po kotaču (najnepovoljniji slučaj – mačka na strani diesel-generatora) uz maksimalnu brzinu vjetra u radu za transtainer nosivosti 400 kN iznose 164 kN (16,7 tona), a za nosivost od 500 kN, 176 kN (17,9 t).
- Slagališne operacije i prijenos kontejnera na skladištu mogu se obavljati autodizalicom (reachstacker) pri čemu je predložena autodizalica (preliminarni podaci prema proizvođaču Liebherr – model LRS 645), čije je opterećenje na prednju osovinu za najnepovoljniji slučaj 1.094 kN (111,5 t). U vožnji s teretom je 886 kN (90,3 t), a u vožnji bez tereta 300 kN (30,6 t). Opterećenje na stražnju osovinu u vožnji s teretom je 300 kN (30,5 t), a u vožnji bez tereta 443 kN (45,2 t).
- Za obavljanje operacija na operativnoj obali i slagalištu kontejnerskog terminala luke Ploče odabran je tip reachstackera CS 45 (Fantuzzi Reggiane).

Na temelju izvedenih proračuna statičkog i dinamičkog kapacitet pristana i slagališta za I. i II. fazu izgradnje kontejnerskog terminala Ploče, predlaže se sljedeće:

- S obzirom na predviđeni promet u I. fazi izgradnje terminala od 40.000 TEU/god., na temelju dobivenih rezultata zaključuje se da bi bile dovoljne dvije mobilne dizalice za rad na pristanu kojima bi se mogao ostvariti maksimalni kapacitet od 52.000 TEU/god.
- S obzirom na predviđeni promet u II. fazi izgradnje terminala od 100.000 TEU/god., na temelju dobivenih rezultata zaključuje se da su potrebna

dva kontejnerska mosta za rad na pristanu kojima bi se mogao ostvariti promet od 108.800 TEU/god.

- **U konačnoj (izgrađenoj) I. fazi slagališta za neometan i efikasan rad trebala bi 4 reachstackera za pune kontejnere, 3 reachstackera za prazne kontejnere te 2 transtainera. Za promet od 40.000 TEU/god. i predviđena sredstva za rad na slagalištu - autodizalice i viličare, raspoloživi prostor od 34.580 m² bio bi dovoljan.**
- **U II. fazi izgrađenosti terminala za dobiveni dinamički kapacitet od 133.444 TEU/god neophodan je rad s transtainerima, te se stoga predlažu 4 transtainera za učinkovito obavljanje operacija slaganja.**

Sustavnim razmatranjem kompleksne problematike tehnologije prekrcaja i skladištenja kontejnera na kontejnerskom terminalu Ploče utvrđeno je da će predviđeni prometni kapaciteti kontejnerskog terminala u I. i II. fazi u cijelosti moći biti ostvareni na zadanoj površini s predloženim prekrcajnim i prijevoznim sredstvima.

LITERATURA

1. Dundović, Č., Prekrcajna sredstva prekidnog transporta, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005.
2. Dundović, Č., Lučki terminali, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2003.
3. Dundović, Č., B. Kesić, Tehnologija i organizacija luka, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2001.
4. Idejni projekt "Tehnologija manipulacija", Rijekaprojekt d.o.o., 2004.
5. Lokacijska dozvola za zahvat u prostoru "Izgradnja kontejnerskog terminala Ploče u luci Ploče na k.č. 4559/1 k.o. Komin u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, 2005.
6. Prospekti i katalozi (tehnički podaci) proizvođača: Fantuzzi Reggiane, Gottwald, Konecranes, Liebherr, 2006.

Summary

THE PORT OF PLOČE CONTAINER TERMINAL LOAD AND CAPACITY CALCULATIONS

Considering the regional plan of the new Ploče container terminal and the foreseen phases of construction, this paper aims at presenting a complete working technology, that is, the organization of the transport, transshipment and stowage of containers. For an efficient operation and considering the foreseen quantity of container traffic, a selection of the transshipment and transport facilities has been made. Based on the facilities dimensions, the authors of this paper have calculated the static and dynamic capacity of the container terminal for every phase of its construction. When designing the container terminal and its open stowage area, the authors have particularly taken into account the loads of the transshipment and transport facilities on the area. Therefore, the paper is focused on a detailed analysis of the construction characteristics, namely, on the loads of the transshipment and transport facilities, manufactured by a wide range of producers and presented today on the market, as well as to their final selection.

Key words: *transshipment and transport facilities, load of the transshipment and transport facilities, capacity of the container terminal*

*Faculty of Maritime Studies Rijeka
Studentska 2
51000 Rijeka
Croatia*