

# Analiza i specifičnosti ULCV brodova

---

**Dadić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:506968>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**IVAN DADIĆ**

**ANALIZA I SPECIFIČNOSTI ULCC  
BRODOVA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**ANALIZA I SPECIFIČNOSTI ULCC  
BRODOVA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**Doc.dr.sc. Rino Bošnjak, kap.**

**STUDENT:**

**Ivan Dadić**

**(MB:0171276236)**

**SPLIT, 2020.**

## SAŽETAK

Tema ovog rada je proučavanje ULCC (eng. *Ultra Large Container Carriers*) brodova te njihove uloge u današnjem brodarstvu. Danas se 90% generalnog tereta u svijetu prevozi kontejnerskim brodovima, a najveći i najmoderniji od njih mogu prevesti i preko 20 000 TEU-a. Štoviše, uzadnjem desetljeću sve je veća potražnja za većim i naprednijim brodovima sposobnima za brži transport što većeg broja kontejnera. To postavlja izazov cijeloj industriji, od brodogradilišta pa sve do brodarskih firmi, luka te klasifikacijskih društava jer je veliki pothvat izgraditi takve brodove te ih poslije održavati i učinkovito iskoristavati. Kroz ovaj rad će se proanalizirati povijest kontejnerske industrije, početke potražnje za kontejnerizacijom te napredak u rastu kontejnerskih brodova i njihovoj sve većoj primjeni. Naglasak će biti na suvremenim izazovima ULCC brodova, prednostima koje oni donose, njihovim tehničkim aspektima te problemima na koje danas nailaze.

**Ključne riječi:** *ULCC brodovi, kontejnerizacija, povijest industrije, današnja uloga, tehnički aspekti, suvoremeni izazovi*

## ABSTRACT

The subject of this thesis is studying of ULCC (*Ultra Large Container Carriers*) vessels and their role in nowadays shipping. Today, over 90% of non-bulk cargo is transported by container ships and the largest and the most advanced of them can carry over 23 000 TEU. Furthermore, in the last decade, there is an increase for bigger and more advanced ships capable for faster transport of large number of containers. That sets a great challenge in front of the whole industry from shipyards to shipping companies, ports and classification societies because it is a great project to build that kind of ships and both maintain and exploit them. Through this thesis, there will be an analysis on container industries history, beginnings in demand for container transportation and progress in growth of container vessels and their growing use. Accent will be on an actual challenges of ULCC vessels, benefits which they bring, their technical aspects and modern day problems they face.

**Key words:** *ULCC vessels, containerization, history of industry, todays role, technical aspects, modern day challenges*

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OPĆE INFORMACIJE O KONTEJNERSKOJ INDUSTRIJI</b> .....	<b>3</b>
2.1. POVIJEST KONTEJNERSKE INDUSTRIJE .....	3
2.2. RAZVOJ KONTEJNERSKIH BRODOVA.....	4
<b>3. ULCC BRODOVI</b> .....	<b>7</b>
3.1. PROFIL ULCC-a.....	7
3.2. KONSTRUKCIJSKA GRAĐA ULCC-a.....	8
3.3. STROJNE POTREBE ULCC-a.....	11
3.4. PROPULZIJA I HIDRODINAMIKA ULCC BRODOVA.....	13
3.5. MSC GULSUN.....	17
<b>4. UČINKOVITOST KOD PRIJEVOZA ULCC-om</b> .....	<b>19</b>
4.1. KONTEJNERSKI TERMINALI.....	19
4.2. PRISTUP LUCI ZA ULCC BRODOVE.....	23
4.3. OPERACIJE U LUCI.....	25
4.4. UVJETI OKO LUKE .....	27
<b>5. BUDUĆA RIJEŠENJA I INOVACIJE ZA ULCC BRODOVE</b> .....	<b>29</b>
5.1. RUKOVANJE TERETOM .....	29
5.2. PRILAGOĐENI TERMINALI .....	32
5.3. NOVI TRENDovi U KONSTRUKCIJI I NJIHOV UTJECAJ NA TRŽIŠTE .....	34
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>38</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>39</b>
<b>INTERNET IZVORI</b> .....	<b>39</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>42</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>43</b>
<b>POPIS KRATICA</b> .....	<b>44</b>

# 1. UVOD

Kontejnerski su brodovi, kako im i ime govori, posebno strukturirana plovila za prevoženje velike količine tereta smještenog u različite tipove kontejnera. Svojom su veličinom i ekonomičnošću promijenili svjetsko gospodarstvo, učinili ga bržim i efikasnijim, a robu dostupniju u svim dijelovima svijeta. Kontejnerski brodovi danas prevoze veliku većinu nerasutog odnosno generalnog tereta. Zbog sve veće potražnje na tržištu, povećanja kapaciteta za prijevoz tereta, povećanja radne učinkovitosti i poboljšanja okolišnih procesa i rada kontejnerskog broda u linijskom prometu oni danas postaju sve veći i veći. Kapacitet kontejnerskih brodova danas je porastao više od 1200% u odnosu na 1968. godinu. Oni su s vremenom postali tehnološki napredniji i efikasniji te danas mogu primiti ogromnu količinu tereta. Kapacitet nosivosti kontejnerskog broda mjeri se u jedinici ekvivalentnoj 20 stopa, odnosno TEU-a (eng. *twenty-foot equivalent units*). Tipično nakrcani kontejnerski brod se sastoji od kombinacije 20-stopnih i 40-stopnih kontejnera.

U posljednjih 20 godina se bilježi konstantan rast u potrebi za prijevozom robe morem i brodovima, a time se stvara i potreba za izgradnjom većih brodova. Kao posljedica su nastali kontejnerski brodovi kapaciteta većeg i od 15 000 TEU. Takvi brodovi se nazivaju ULCC (eng. *Ultra Large Container Carriers*). Oni spadaju u sami vrh pomorske industrije, a svojim izgledom, veličinom i kompleksnošću i u među najimpresivnija i najveća ljudska ostvarenja po pitanju prometa i prijevoznih sredstava. Danas većina toga što kupimo mora biti prevezena od mjesta na kojem je nastalo do krajnjeg kupca, a veliki obol tome daju kontejnerski brodovi. Istraživanja govore kako u bilo kojem trenutku svatko od nas drži, nosi na sebi ili gleda u nešto što je prevezeno brodom. S tog aspekta se može zaključiti koliki je doprinos brodarstva, a posebno kontejnerske grane i koliko samo znače funkcioniranju današnjeg svijeta.

U ovom radu će se proanalizirati upravo najveći primjerci te industrije, ULCC brodovi. U drugom poglavlju govorit će se o općim informacijama današnje kontejnerske industrije, njenoj povijesti te povijesti samih kontejnerskih brodova. U trećem poglavlju naglasak će biti na samoj temi rada, odnosno ULCC brodovima. Proanalizirat će se sve njihove sastavnice te dati i primjer takvog broda. U četvrtom poglavlju analizirat će se kolika je zapravo efikasnost i utjecaj ULCC brodova na današnje gospodarstvo. Peto poglavlje će dotaknuti potencijalna budućarješenja u dizajnu i korištenju ULCC brodova. Sama izgradnja takvog broda je golemi konstrukcijski i sigurnosni poduhvat, a to je samo početak. Danas se postavlja pitanje kako takav brod utječe na današnje uvjete u lukama i prometnim pravcima,

kolike se prilagodbe trebaju izvršiti, kako ostale prometne grane sudjeluju u njegovim operacijama itd. Sva ova pitanja i više će biti proanalizirana kroz ovaj rad te će se pokušati pronaći neka buduća rješenja za nesmetani nastavak rada ULCC brodova te njihov mogući napredak i još učinkovitiji rad.

## **2. OPĆE INFORMACIJE O KONTEJNERSKOJ INDUSTRIJI**

Od 2010. godine kontejnerski brodovi čine 13.3% svjetske flote u kontekstu ukupne tonaže nosivosti. Ukupna korisna nosivost kontejnerskih brodova je od 1980. narasla s 11 milijuna DWT na 169 milijuna DWT. Većina svjetske nosivosti u potpuno kontejnerskim brodovima nalazi se u linijskoj plovidbi gdje brodovi trguju redovnim rutama. Od siječnja 2010. godinetop 20 linijskih kompanija kontroliralo je 67,5% svjetskih kapaciteta mobilnih kontejnera. Neke od današnjih najvećih kompanija su Maersk Lines, MSC, COSCO, CMA CGM Group, Hapag-Lloyd Group.

### **2.1. POVIJEST KONTEJNERSKE INDUSTRIJE**

Čovječanstvo se bavi trgovinom od pamtivijeka. Mnogo prije razvoja modernog brodarstva dio ljudskog života je bila razmjena dobara, a s vremenom i razvojem civilizacije brodovi su počeli igrati sve veću ulogu u svjetskoj trgovini. Krcanje i prekrcavanje s broda na kopno (i obrnuto) robe koja se nalazila u bačvama, vrećama i drvenim kutijama nije bio jednostavan proces. Operacije u lukama su se odvijale sporo, uključivale su težak rad, a postojao je i veliki rizik od nezgoda, oštećenja tereta te krađe. Brodovi su nerijetko više vremena provodili u luci nego u plovidbi zbog dugotrajnosti samog procesa.

S vremenom su stvoreni novi načini kako bi se olakšali određeni procesi kao što su vezivanje trupca konopcima prilikom transporta, korištenje vreća za prijevoz robe u zrnju, skladištenje tih vreća na palete itd. Međutim, i ti novi načini su naišli na probleme s napretkom tehnologije.

Širenjem željeznica u 18. stoljeću dolazi do novih poteškoća prilikom prekrcavanja tereta s vlaka na brod i obrnuto. Sve je to trajalo do početka druge polovine 20. stoljeća. Dana 26. travnja 1956. godine prenamijenjeni tanker iz drugog svjetskog rata, Ideal X, u vlasništvu Malcolma McLeana, odradio je svoje prvo putovanje od luke Newmark do luke Houston u SAD-u. McLean je shvatio kako je mnogo jednostavnije i brže imati jedan kontejner koji bi se iz vozila mogao izravno podići na brod, a da prethodno nije potrebno istovariti njegov



sadržaj. Na konstrukcijski pojačanoj palubi, Ideal X imao je 58 metalnih kontejnera, a uz njih još i 15 000 tona nafte. Samo šest dana nakon što je brod pristao u Houston, kompanija je počela primala narudžbe za novi prijevoz tereta u kontejnerima.

McLeanovo poduzeće je poslije postalo poznato kao Sea-Land usluge, tvrtka čiji su brodovi prevozili teretne prikolice između sjevernih i južnih luka u SAD-u. Ubrzo su se i druge tvrtke okrenule ovome pristupu te je kontejnerska isporuka počela dokazivati svoju vrijednost na međunarodnoj razini. Od ovog trenutka industrija je počela rasti do točke kad je postala okosnica globalne trgovine te revolucionarno promijenila svjetsko tržište u idućih 60 godina, iako je malo njih u to vrijeme dalo tako odvažna predviđanja. [22] [23] [29]



**Slika 1.** "Ideal X" - prvi kontejnerski brod [23]

## **2.2. RAZVOJ KONTEJNERSKIH BRODOVA**

Razvoj kontejnerskih brodova je paralelno pratio razvoj kontejnerizacije. Od vremena nastanka, dizajn kontejnerskih brodova se mijenjao prema potrebama tržišta i razvoju tehnologije. Prema tome, kontejnerski brodovi se mogu razvrstati u nekoliko različitih kategorija ovisno o kriterijima podjele. Od početka samog procesa do danas postoji generalna podjela na šest generacija koja je bila uvjetovana promjenama na tržištu. Generacije su se razvijale s povećanjem veličine i kapaciteta brodova.

Kontejnarski brodovi prve generacije, od 1956.g. do 1970.g., bili su modificirani tankeri i brodovi za rasute terete nosivosti do 1000 TEU-a. Ovakvi modificirani brodovi su bili spori (najveća brzina do 20 čv.) te su mogli krcati kontejnere samo na palubi jer je unutrašnjost bila rezervirana za generalni teret. Duljina ovih brodova je bila od 135m–200m, a gaz je bio manji od 9m. Ovi su brodovi bili opremljeni dizalicama jer lučka postrojenja nisu imala mogućnost rukovanja kontejnerima.

Godine 1970. kontejner je već bio prihvaćen način transporta, ali s razvojem tržišta pojavila se potreba za većim i bržim brodovima. Ova godina obilježava početak druge generacije kontejnerskih brodova koji se grade isključivo za prijevoz kontejnera – FCC (engl. *Fully Cellular Containership*). Brodovi druge generacije se sastoje od ćelija gdje se kontejneri slažu u redove i stupce te takav način gradnje omogućuje smještaj kontejnera po cijelom brodu. S vremenom je došlo do gradnje specijaliziranih kontejnerskih terminala pa su se brodske dizalice počele uklanjati s brodova što je dodatno povećalo njihov kapacitet. Prosječna duljina kontejnerskih brodova druge generacije je bila 215m, gaz do 10m, a nosivost je bila od 1000 do 2500 TEU. Došlo je i do povećanja brzine sa 20 na 24 čvora, što je i danas standardna brzina kontejnerskih brodova.

Daljnji razvoj ekonomije u 80-im godinama prošlog stoljeća doveo je do gradnje još većih kontejnerskih brodova. Zaključak je bio kako povećanjem broja prevezenih kontejnera se smanjuju troškovi, odnosno niža je cijena po TEU-u. Godina 1980. označava početak nove, treće generacije, kontejnerskih brodova izgradnjom *Neptune Garnet* kapaciteta 4100 TEU-a. Unatoč tome, tek 1985. godine dosegle su se maksimalne dimenzije kojima brodovi mogu proći kroz Panamski kanal izgradnjom kontejnerskog broda *American New York*. Zbog ovoga, kontejnerski brodovi treće generacije se nazivaju Panamax. Duljina Panamax brodova je u prosjeku bila od 250 do 290 metara dok je gaz bio do 12 metara.

American President Lines je 1988. godine izgradio brod koji je premašio dimenzije Panamskog kanala što je i označilo stvaranje nove Post Panamax generacije kontejnerskih brodova. To je bio *President Truman*, kontejnerski brod klase C10 s ukupnom nosivošću od 4500 TEU. Prosječna duljina Post Panamax brodova je bila od 275 do 305 metara, s gazom do 13 m i kapaciteta od 4500 do 8000 TEU-a.

Nakon izgradnje *Regina Maersk* 1996. godine, na tržište su izlazili još veći brodovi s još većim kapacitetom te se tako ušlo u novu, petu generaciju kontejnerskih brodova, odnosno Post Panamax Plus generaciju. Prosječna duljina im je bila 335 metara, gaz do 14 metara, a

kapacitet od 8000 do 12000 TEU. Ovi brodovi su građeni bez poklopaca grotla skladišta te se umjesto toga uveo novi sistem koji se sastojao od čeličnih vodilica koje su se protezale od dna skladišta.

Izgradnjom broda *Emma Maersk* 2006. godine, kapaciteta 14770 TEU započinje šesta generacija kontejnerskih brodova. *Emma Maersk* i njezinih sedam sestričkih brodova su bili najveći i najduži kontejnerski brodovi sve do 2013. godine kad je Maersk predstavio svoju Maersk Triple E klasu brodova kapaciteta 18000 TEU-a. Nova klasa je nazvana tako jer zadovoljava tri stvari: ekonomsku učinkovitost, energetska učinkovitost i ekološko poboljšanje. [8] [9] [10] [22]

**Tablica 1.** Generacije kontejnerskih brodova

	<b>1. gener. Konvertirani</b>	<b>2. gener. Celularni</b>	<b>3. gener. Panamax</b>	<b>4. gener. Post- Panamax</b>	<b>5. gener. Post- Panamax Plus</b>	<b>6. gener. Post- Panamax New</b>
<b>Kapacitet (TEU)</b>	Do 1000	1000-2500	2500-4500	4500-8000	8000-12000	>12000
<b>Duljina (m)</b>	150	150 - 200	200 - 280	305 - 335	335 - 400	400 - 470
<b>Širina (m)</b>	17 - 23	23 - 30	30 - 32	37 - 43	43 - 52	52 - 60
<b>Brzina (čv)</b>	17.5	18 - 21	22 - 24.5	25	25.5	25.5
<b>DWT (t)</b>	5000 - 13500	14000 - 26000	30000 - 55000	55000 - 93000	95000 - 137000	140000 - 240000
<b>Gaz (m)</b>	Do 9	9 – 11.5	11.5 - 12	12.5 – 13.6	14.8	15-18

### 3. ULCC BRODOVI

ULCC, skraćeno od *Ultra Large Container Carriers*, generički je naziv za kontejnerske brodove, nominalne zapremine od 10 000 TEU i više. Ovi brodovi su 400 metara dugi i 59 metara široki što znači da su samo 3 metra duži i 4 metra širi od E klase, a mogu nositi i do 2500 više kontejnera. Od 1. siječnja 2018. aktivno je 451 ULCC-a, dok je još 129 bilo naručeno za isporuku do 2020. MSC raspolaže najvećim brojem (90), a istovremeno ima najviše ULCC-a po narudžbi (11x 23.350 TEU).

#### 3.1. PROFIL ULCC-a

Prema posljednjim dizajnima, klasifikacijska društva su ULCC brodove podijelili u 3 skupine:

- kapaciteta 10 000 TEU-a,
- kapaciteta 12 000 TEU-a,
- kapaciteta 18 000 TEU-a i više, poznati još i kao *Mallaca max* s maksimalnim gazom od 21 m

Prva kategorija se smatra najmanjom u vidu kapaciteta. Brodovi te kategorije su dugi 360 m, široki 49 m i imaju gaz od 15.5 m. U potpalublju mogu imati 17 redova kontejnera poprijeko te još 19 redova na palubi. Nadgradnja se obično ne nalazi na krmenom dijelu broda.

ULCC kapaciteta 12 000 TEU-a su obično dugi 352 m, široki 56 m te imaju gaz od 15 m. U potpalublju se može smjestiti 20 redova kontejnera dok na palubu može stati 22 reda. Strojarnica je još više odvojena od smještaja posade u smjeru krme.

Dizajn *Mallaca max* ULCC brodova je taj s otvorenim vrhom i udvostručenim trupom. Takav trup je 5 metara širi kako bi brod tolikih dimenzija izdržao torzijska opterećenja. Obično su dugački 400 m, široki 60 m s gazom od 21 m. [5] [10]

### 3.2. KONSTRUKCIJSKA GRAĐA ULCC-a

Stalan porast u veličini kontejnerskih brodova stvara velike konstrukcijske izazove i probleme dizajnerima brodova. Paluba, koja je inače kod brodova prostrana i čvrsta, kod kontejnerskog broda je ćelijskog tipa. Time je palubna površina ograničena na dijelove između ćelijskih skladišta i bokova broda. Takva struktura bi trebala služiti za osiguranje čvrstoće broda i njegove stabilnosti. Posebna pozornost se pridodaje udvostručenom trupu broda. Posljedično, razvijena su dva konceptualna dizajna za ovakav tip brodova:

- opcija široke dvostruke oplata,
- opcija uske dvostruke oplata

Kod prve opcije, bočna struktura je dizajnirana tako da može primiti dva reda kontejnera na palubi sa svake strane. Dvostruka oplata i dvodno služi za balast. Koncept s uskom bočnom strukturom je zamišljen da se na bokovima još jedan red kontejnera. Naime, takav dizajn je mnogo zahtjevniji i teži.

Važna stavka u projektiranju ULCC brodova je fleksibilnost trupa, posebno kod torzije. Zbog toga su kontejneri koji su smješteni na palubi na poklopcima grotala podložni oštećenjima jer se poklopci prilikom ljuľljanja pomiću jedan prema drugome. Iz tog razloga su kontejneri smješteni na bočnim nosačima van poklopaca grotala još ranjiviji.

Važno pitanje kod dizajna je i smještaj strojarnice u odnosu na nadgrađe (eng. *superstructure*). Do pojave ULCC brodova strojarnica je bila smještena točno ispod nadgrađa. Sada, zbog njihove veličine, ona je odvojeno smještena na krmenoj trećini broda, što bliže krmenoj okomici. Mnogobrojni su razlozi, a prvi je taj što prema SOLAS-u svaki brod dužine 45 m ili više, pod teretom ili u balastu, sa zapovjedničkog mosta ne smije imati ispred pramca slijepi sektor koji je duži od dvije dužine broda ili 500 m, ovisno što je kraće.

Zbog toga je nadgrađe ULCC brodova smješteno na približno trećinu duljine broda od pramca. Drugi razlog je što se time povećao i kapacitet broda jer se koristi više središnji dio broda. Jedan od bitnih razloga je i udobnost posade. Odvojena strojarnica znači da posada u nadgrađu ne trpi vibraciju i buku iz strojarnice, a time što je takva strojarnica bliže krmi, smanjuje se i dužina osovine propelera.



**Slika 2.** CSCL Globe [12]

Nužni su veliki tankovi i snažne crpke kako bi se smanjio utjecaj *Hogginga*<sup>1</sup> i *Sagginga*<sup>2</sup> te kako bi se trim broda mogao prilagođavati. Teži se konstrukciji četvrtastog nosača teškog opločenja na završnom voju boka broda i voja oplata palube da bi se osiguralo vlačno naprezanje uzdužnih elemenata, krutost prema bočnim i torzijskim opterećenjima uzrokovanim od strane mora i otpor izvijanju kad je brod u progibu. Unutar dvodna se osigurava dodatno ukrućenje.

Kontejneri koji će se prevoziti velikim dijelom određuju izvedbu konstrukcije. Poklopci grotala moraju biti masivni kako bi osigurali čvrstu potporu kontejnerima složenim na palubi. Važna stavka konstrukcije je i izgled pramca koji je na udaru valova i frontalnih sila kada se brod kreće. Taj problem je i prije postojao, no kod ULCC brodova su dimenzije dovedene do limita pa je samim time i utjecaj sila puno veći, a time i opasniji. Zbog toga se

---

<sup>1</sup> Pregib broda (eng. *Hogging*) je svinuće trupa broda koje prouzrokuje suvišak uzgona u odnosu na težinu na sredini broda

<sup>2</sup> Progib broda (eng. *Sagging*) može se definirati i kao suvišak uzgona u odnosu na težinu na pramčanome i krmenome dijelu broda.

prilikom gradnje treba ustanoviti koji su dijelovi najkritičniji te ih kao takve dodatno ojačati. Još jedan važan problem je i voda koja dospije na palubu. Zbog vanjskih utjecaja valovi će nanositi dio mora na palubu, a tako dospjela voda može stvoriti oštećenja na prednjim redovima kontejnera te na samome brodu.

Postoje i slučajevi gdje je došlo do gubitka tereta uslijed ovog problema. Zbog toga se pribjegava izgradnji takozvanih razbijača valova (eng. *breakwater*) koji štite teret, brod, a i posadu koja obavlja svoju zadaću na tom dijelu broda. [2] [5][26]



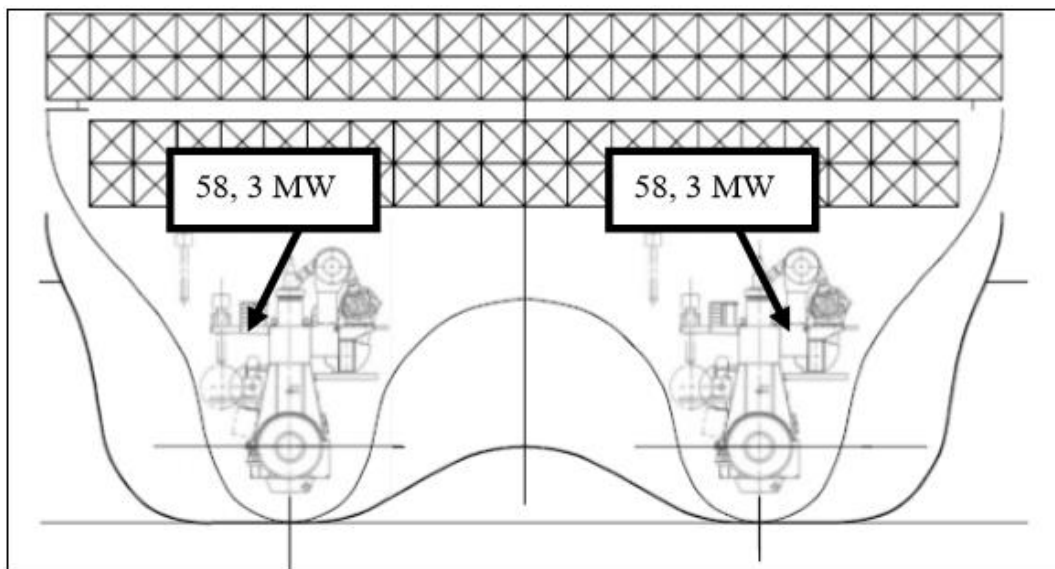
**Slika 3.** Primjer *breakwatera* [28]

### 3.3. STROJNE POTREBE ULCC-a

Zbog svojih velikih dimenzija, pogonske potrebe ULCC brodova su bitno različite i veće od ostalih brodova. Potrebna snaga im se kreće od 80 MW do 116 MW. U trenutnoj situaciji glavni motor čak i nije limitirajući faktor kod pitanja rasta brodova. To je cijena goriva koja je u stalnom porastu te je natjerala brodograditelje da se prilagode na ekonomičniju brzinu od 21 čvora u usporedbi s prijašnjih 25 ili više čvorova.

Ovako veliki brodovi za sat vremena plovidbe potroše skoro 9 tona goriva. Kontejnerski brodovi kapaciteta od 10000 do 12000 TEU-a imaju veću fleksibilnost kod odabira motora nego oni veći. Ključan aspekt u ovome je odabir twin motora jednostavne građe vijka. To označava maksimalnu iskoristivu snagu koja se može rasporediti na dva propelera. Twin motori su u upotrebi već duže vrijeme tako da s njima nema problema jer su već provjereni i testirani. Postoje dvije opcije kod njihovog odabira:

- 12 cilindrični motor, ali s povećanjem promjera provrta (eng. *bore diameter*) s 960 mm na 1080 mm,
- 14 cilindrični motor, s promjerom provrta od 960 mm

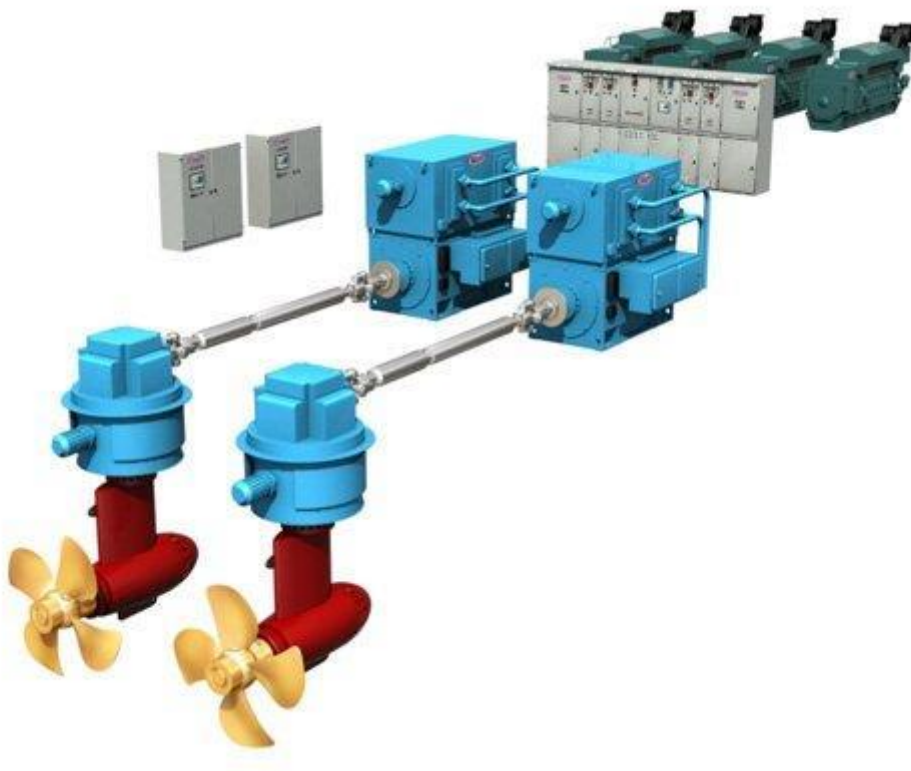


Slika 4. Izgled i raspored twin motora [5]



Kod ULCC brodova većih od 18 000 TEU-a strojne potrebe su najveće u brodarskoj industriji. U startu je nemoguće projektirati motor koji će samostalno proizvoditi snagu od 116,6 MW. Zbog toga se koristi twin propulzija gdje se snaga prenosi preko dva vratila od kojih svako prima snagu od 58,3 MW.

U ovim situacijama se koristi 12 cilindrični motor promjera provrta od 960 mm. U zadnje vrijeme su sve zastupljeniji brodovi pogonjeni električnom energijom, ali takva opcija ima i pozitivnih i negativnih strana. Kod kontejnerskih brodova, cjelokupni električni pogon bio bi preskup. Prihvatljivija ideja je dizel-električna propulzija. Tada dolaze do izražaja prednosti obje opcije. Uz hidrodinamičke prednosti, velika je prednost i na ekonomskom planu. Ovakav koncept se pozitivno pokazuje i kod brodskih operacija i kod samog dizajniranja broda. [5] [17]



**Slika 5.** Dizel-električna twin propulzija [17]

### 3.4. PROPULZIJA I HIDRODINAMIKA ULCC BRODOVA

Hidrodinamički i propulzijski problemi se javljaju zbog ekstremne građe ULCC brodova te velikog stresa koju trpi brodska konstrukcija i propulzija. To je sada već uobičajeno, a neki od najčešćih su:

- kavitacija,
- brodovi s jednim propelerom ne mogu ostvariti optimalnu brzinu,
- zbog dizajna trupa i njegovih ekstremnih dimenzija javlja se problem parametarskih kretanja broda

Sa strane hidrodinamike, brodski vijak je jedan od problematičnijih dijelova za projektirati. Vrijednost gustoće snage preko brzine vrhovička kontejnera vrlo je velika. To zahtjeva vrlo precizan i pažljiv dizajn vijka, a i samog kormila. Nadalje, važan dio dizajna je i promjer vijka. On ponajviše ovisi o gazu broda. S gazom do 16 m, vijci promjera većeg od 9 m ne mogu biti proizvedeni, a i kad bi bili, nebi bili učinkoviti. Danas postoje računalni programi koji uvelike pomažu prilikom izrade vijka koji će biti učinkoviti, dovoljno otporni na kavitaciju i koroziju te dobre povezanosti s trupom broda.



**Slika 6.** Brodski vijak na kojem se pojavljuje kavitacija [32]

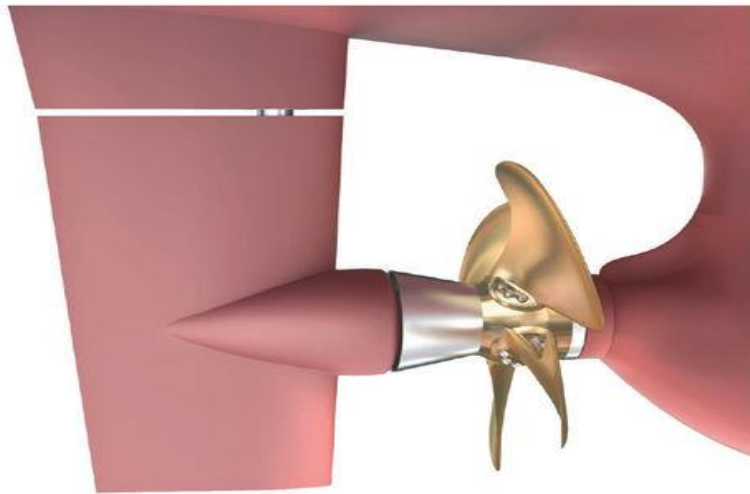
Drugi problem po pitanju kavitacije je kormilo koje je postavljeno u neposrednoj blizini vijka te sva kavitacija koja se stvara na vijku, izravno utječe i na kormilo. Projektirati kormilo za ULCC brodove nije jednostavno te se ne može samo preuzeti koncept koji se

koristio do tada. Dizajneri zato moraju proći duboku analizu te pronaći kormilo koje će efektivno djelovati uz već odabrani vijak. Kavitacija kod kormila može dovesti do erozije, buke te vibracija, a neizbježni popravci koji slijede smanjuju profitabilnost operacija samoga broda. Jedno od rješenja je dizajn kormila s tzv. *ljuljnim listovima*. Ovakav dizajn je otporniji na kavitaciju, a time i na eroziju, povećana je propulzijska učinkovitost, smanjena je debljina lista kormila, a smanjene su i vibracije te povećana efikasnost u djelovanju vijka s trupom broda. [5] [32]



**Slika 7.** Kormilo s ljuljnim listovima (*twisted rudder*) [9]

Još jedna opcija je korištenje gumenog bulba na kormilu točno iza glavčine vijka čime se eliminira stvaranje virova koji će utjecati na kavitaciju. U tom dizajnu vrh vijka se nalazi u posebnom prostoru te samim time tokom rotacije vijka njegova glavčina nije izložena moru pa nema ni stvaranja virova. Možda i najbolja opcija od gore navedenih je korištenje kombinacije gumenog bulba i kormila s ljuljnim listovima.



**Slika 8.** Primjer bulba kormila [34]

Kao što je već spomenuto, korištenje jednog vijka za kontejnerske brodove veće od 12 000 TEU-a nije praktično niti korisno jer snaga koja se prenosi je prevelika te ju jedna osovina ne može izdržati. Zato se pribjegava twin propulziji te opcijama unutar nje koje su praktične i zadovoljavajuće. Jedna od njih su podstavljeni kontra rotirajući propeleri PCRCP (eng. *podded contra rotating propeller*).

Oni se postavljaju na električnu podstavu. Oba su tipa FPP (eng. *fixed pitch propeller*) te imaju bolja hidrodinamička svojstva jer se eliminira upotreba kormila. Mogu se okretatiza 360° što im daje velike manevarske sposobnosti. To je posebno važno ULCC brodovima jer se puno vremena gubi u luci i pristajanju zbog njihove veličine. Trenutno jedini problem koji se javlja je kavitacija kada su propeleri okrenuti pod određenim kutovima prilikom manevriranja. Još neke od prednosti su: jednostavnost instalacije u brodogradilištima, nema potrebe za krmenim potisnicima, njihova upotreba ne zauzima previše mjesta u strojarnici što znači više mjesta za teret, manja je potreba za tegljačima u luci, izuzetno dobro rade pri nižim brzinama te imaju i bolje karakteristike u nuždi. [15]



**Slika 9.** Prikaz kontra rotirajućih propelera [15]

Drugo dobro rješenje za ULCC brodove je korištenje jednog vijka, ali uz dodana dva *wing pod-a*. Dizajn se sastoji od centralnog mehaničkog vijka te po dva električna azipoda sa svake strane. Ovakav način se pokazao efikasnim jer se opterećenje dijeli na tri vijka, umjesto jednog ili dva. Najpogodniji je kod brodova kapaciteta većeg od 15 000 TEU-a. Kod većih brzina na otvorenom moru, brod se pogoni centralnim vijkom. Međutim, kada se prilazi luci te smanjuje brzina, uključuju se azipodi. Oni imaju odlične manevarske sposobnosti te kao i kod kontra rotirajućih propelera, smanjuju vrijeme u luci i eliminiraju potrebu za tegljačima. [5]



**Slika 10.** Primjer centralnog vijka s dva wing azipoda [5]



### 3.5. MSC GULSUN

U vrijeme svog porinuća 2019. godine, MSC Gulsun je bio, i do danas ostao, najveći kontejnerski brod na svijetu. Sa 400 m dužine te 62 m širine ova „mrcina“ ima kapacitet od nevjerovatnih 23 756 TEU-a. Ujedno je i prvi brod sposoban postaviti 24 reda (*rows*) kontejnera po širini. Plovi pod zastavom Paname, a u vlasništvu je *Mediterranean Shipping* kompanije sjedišta u Švicarskoj koja planira u budućnosti predstaviti još 10 ULCC brodova kapaciteta minimalno 23 000 TEU-a. Maksimalna zapremnina mu je oko 224 900 tona. Opremljen je novom next-generation tehnologijom te sustavom pročišćivanja ispušnih plinova.

Da bi se osigurala buduća fleksibilnost goriva, plovilo je dizajnirano tako da omogućava jednostavnu pretvorbu u sustav s dvostrukim gorivom. Plovilo je opremljeno i SHI-jevim sustavom podataka Svesel, koji analizira navigacijske podatke kako bi pružio podršku za optimizaciju putovanja. Sustav je također dizajniran za pružanje nadzora stanja opreme i dijagnosticiranja kvarova. MSC Gulsun ima 11-cilindrični, 950 mm provrtasti G-tip motor s ultra dugim hodom koji smanjuje brzinu motora, što rezultira manjim brojem okretaja za pogon propelera. To omogućava upotrebu većeg propelera te pomaže samoj učinkovitosti. Brod također sadrži 3 x MAN 9L32 / 40 i 2 x MAN 6L32 / 40 jedinice, a sve su izgrađene od strane licenciranog motora STX Engine. [14] [24]



**Slika 11.** MSC Gulsun [35]

Još jednom najvažnije informacije o MSC Gulsunu:

- Dužina preko svega (LOA) 384.50m
- Širina 61.50m
- Visina 33.2 m
- Gaz 26.0 m
- Deadweight 224,999 t
- Kapacitet 23 756 TEU
- Glavna propulzija Hyundai - MAN B&W 11G95ME-C9.5
- Glavni motori 3 x STX Engine-MAN 9L32/40 + 2 x STX Engine -MAN 6L32/40
- Zastava Panama



**Slika 12.** MSC Gulsun u luci [33]

## 4. UČINKOVITOST KOD PRIJEVOZA ULCC-om

Do nastanka ULCC brodova je došlo prvenstveno razvitkom tržišta i tehnologije te potrebom za što većim kapacitetima. Automatizacijom je omogućeno povećanje proizvodnje i smanjenje radne snage, a uvođenjem Panamax generacije brodova posada se smanjila za 50%. Suvremena kontejnerizacija zasniva se na načelu «*hub & spoke*», odnosno veliki kontejnerski brodovi matice (eng. *mother vessel*) pristaju prvenstveno u velikim prekrcajnim lukama (eng. *hubs*) iz kojih se dalje kontejneri prevoze manjim kontejnerskim brodovima (eng. *feeder*) do konačnih luka iskrcaja (također se iz manjih luka s *feeder* brodovima kontejneri dopremaju do velikih *hub*-ova gdje se krcaju na velike brodove matice).

Osim prekrcajnih luka, matice dodiruju i velike regionalne kontejnerske luke koje samostalno generiraju velike količine uvoznih i/ili izvoznih tereta, odnosno iz kojih se obavlja daljnja distribucija kontejnera do krajnjih kopnenih destinacija. ULCC brodovi su velik dio brodova matice. Pojednostavnili su tržište, prijevoz je jeftiniji i efikasniji, na jednom brodu nalazi se širok spektar tereta koji je dio svakodnevnog života u svim sferama te se sa sigurnošću može reći da daju veliki obol svjetskom gospodarstvu.

### 4.1. KONTEJNERSKI TERMINALI

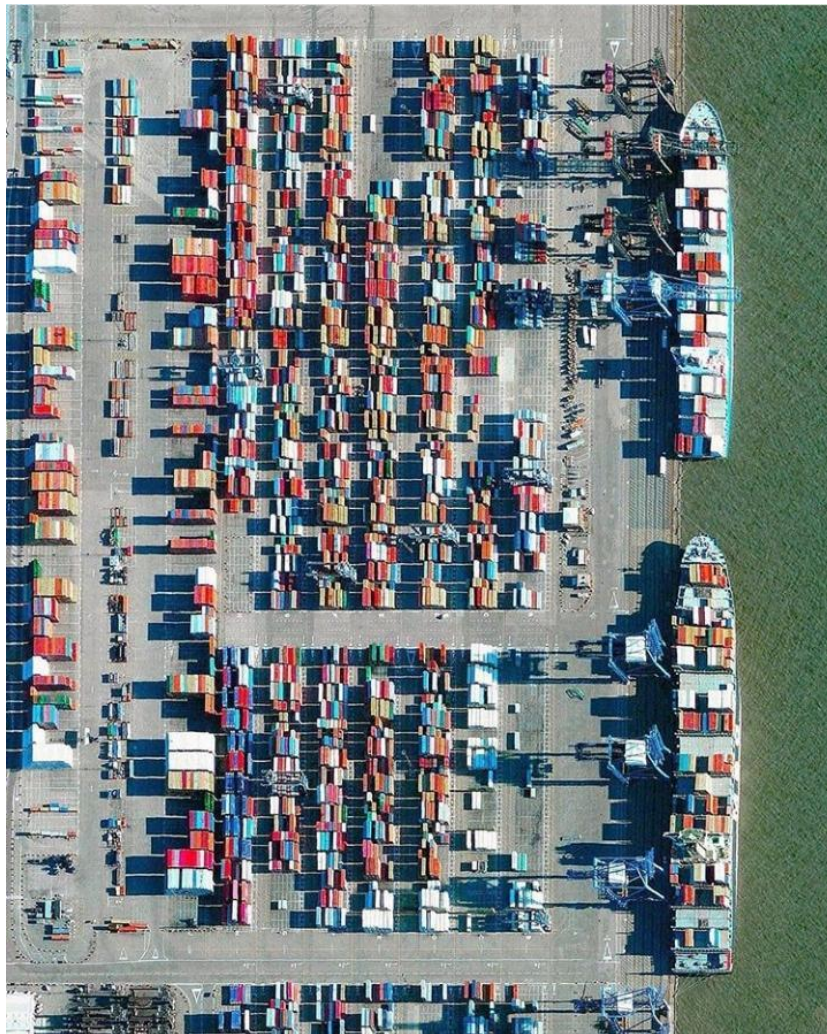
Lučki kontejnerski terminal dio je lučkog sustava koji predstavlja posebno izgrađen i opremljen objekt namijenjen prekrcaju kontejnera izravnim ili posrednim rukovanjem između morskih brodova i kopnenih prijevoznih sredstava. Posredno rukovanje koje prevladava na lučkim kontejnerskim terminalima zbog sve većeg raskoraka u veličini kapaciteta broda i kopnenih vozila, ali i mogućnosti učinkovite organizacije tehnološkog procesa, nalaže da se u projektiranju kontejnerskog terminala posebna pozornost posveti određivanju površine slagališta i odabiru tehnološkog procesa u pojedinim segmentima i u cjelini.

Komponente koje čine tipičan kontejnerski terminal su: pristajalište, obalne kontejnerske dizalice, parkirališna površina, skladište za punjenje kontejnera, skladište



otpreme, skladišna prekrcajna mehanizacija, radionica za popravak i inspekciju kontejnera, prostor za ulaz na terminal s operativnom zgradom i dr.

Pristajalište za kontejnerske brodove duže je od konvencionalnih pristajališta zbog razlike u veličinama brodova. Duljina ovisi o veličini broda koji se očekuje, a prema iskustvenim podacima ne bi smjela biti manja od 260 m. Budući da kontejnerizacija podrazumijeva intermodalnost, kontejnerski terminal mora biti smješten tako da omogući brz prilaz na cestovne i željezničke prometnice. [4] [5]



**Slika 13.** Luka Felixstowe u UK-u

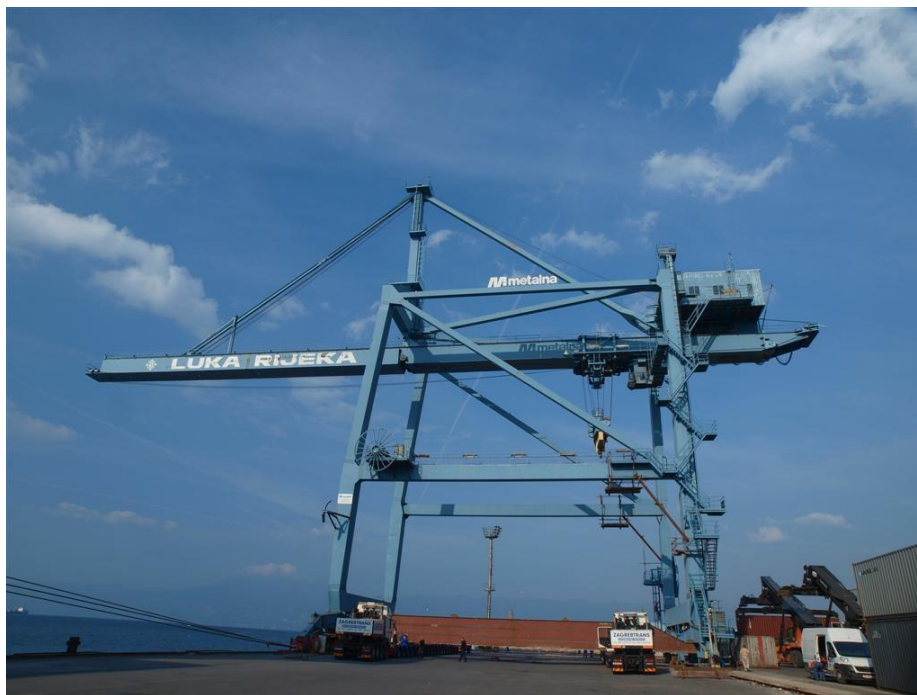
*Izvor: Instagram stranica „maxarttechnologies“*

(Dostupno: 31.5.2020.)

Kontejnarski terminali opremaju se sa dva osnovna sustava u tri verzije rukovanja iz kojih proizlaze načini prekrcaja i skladištenja kontejnera. To su LO-LO (vertikalni) sustav koji prevladava u zoni operativne površine luke, RO-RO (horizontalni) sustav i kombinirani LO-RO sustav koji prevladavaju u zoni skladišne, primopredajne i servisne zone terminala. Na operativnoj obali nalaze se specijalne obalne kontejnerske dizalice za iskrcaj i ukrcaj kontejnera u brodove.

Tehnologija prekrcaja kontejnera na brodu može se zasnivati na primjeni brodskih prekrcajnih sredstava, obalnih kontejnerskih dizalica ili mobilnih lučkih dizalica. Kod ULCC brodova se koriste obalne dizalice. Njihova veličina je utjecala na promjenu dohvata i nosivosti kontejnerskih dizalica. Nosivost suvremenih dizalica iznosi 300-500 kN, s dohvatom od 45 i više metara.

Osim promjene u nosivosti i dohvatu, znatno su povećane i brzine gibanja dizalica, što je utjecalo i na veći učinak prekrcaja. Obalne kontejnerske dizalice kreću se po tračnicama, a za zahvat i prijenos kontejnera upotrebljavaju kruti ili podesivi *hvatač kontejnera* (eng. *spreader*), koji se pomiče zajedno s voznim kolicima duž mosta dizalice.



**Slika 14.** Obalna lučka dizalica u Rijeci [30]

Bitna tehnička obilježja obalne kontejnerske dizalice su: nosivost, dohvat, visina podizanja tereta, brzina vožnje kolica te brzina podizanja tereta. Veličina dohvata prema

modernim je uvjetima osnovno mjerilo dimenzija odnosno veličine kontejnerskih dizalica, prema kojem se razlikuju sljedeći tipovi dizalica:

- Panamax – veličina dohvata ispod 44 m od obalne tračnice
- Standard post panamax – dohvat od 44 do 48 m
- Extra post panamax – dohvat veći od 48 m

Jasno je da će se sve stavke kontejnerskih terminala morati i dalje mijenjat sukladno rastu brodova i zahtjevima tržišta. [2] [3] [5]



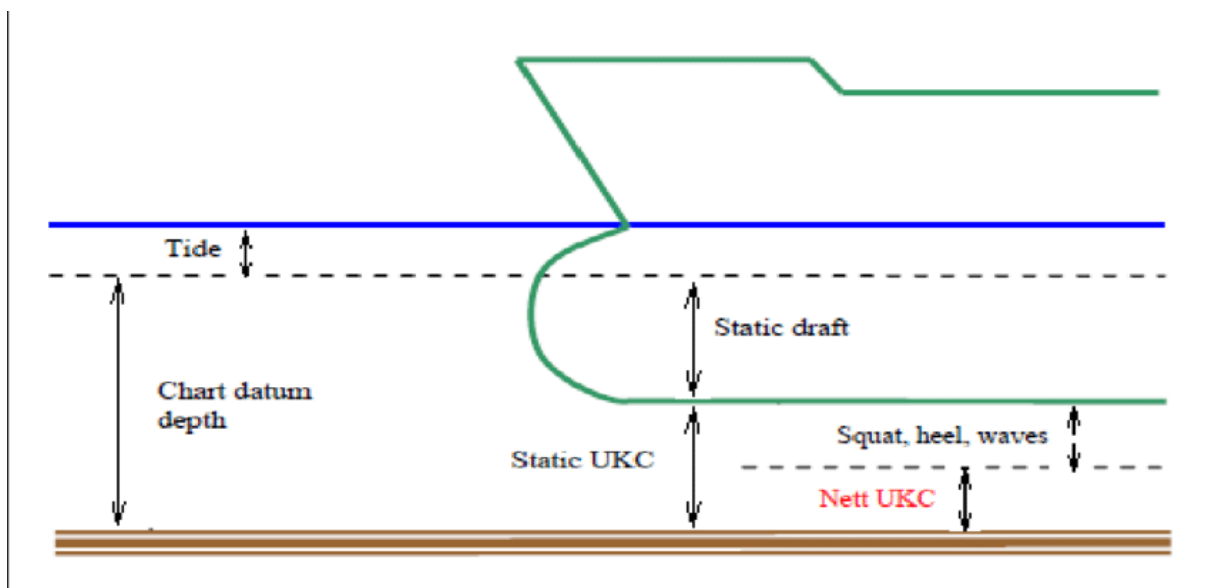
**Slika 15.** Kontejnerski terminal u Shanghaiu [21]



## 4.2. PRISTUP LUCI ZA ULCC BRODOVE

Puno stavki ulazi u obzir od trenutka kada brod prilazi luci pa do trenutka kada je vezan za obalu. Jedna od glavnih je dubina luke, posebno za ULCC brodove. Gaz ULCC brodova varira od 16 m do maksimalnih 21 m. Zbog toga, sve luke teže tome da im dubina nije manja od 17 m. Trenutno azijske luke većinom zadovoljavaju te standarde dok europske i američke luke još uvijek zaostaju.

Nadalje, pozornost treba posvetiti i utjecaju plime i oseke. Kada je brod vezan u luci na njega nebi smjele utjecati morske mijene, odnosno udaljenost od kobilice do dna bi uvijek trebala biti na nekoj određenoj minimalnoj razini. Jedno od rješenja je jaružanje, međutim problem može nastati zbog sastava dna. Dno može bit kamenito ili na njemu mogu biti objekti koji jaružanje čine nemogućim (npr. cjevovod). Ako se ono i izvede, takvo dno treba nastaviti održavati jer može ponovno doći do nanosa mulja.



**Slika 16.** Podvodne stavke kod privezanog broda [27]

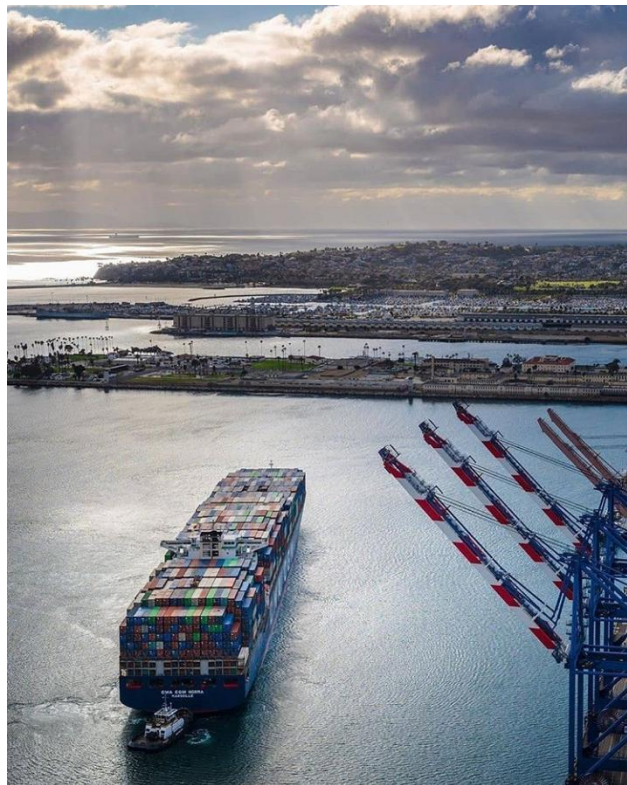
Širina broda također je jedna od ograničavajućih stavki u lukama. Širina ULCC brodova varira od 50 do 60 m što stvara problem ukoliko luka zbog svojih geografskih karakteristika ne nudi mogućnost dobrog manevriranja. Moguće je i da brod na putu za luku mora proći kroz kanal. Tu se uz problem širine javlja i problem duljine broda. Duljina ULCC brodova mora posebno biti uzeta u obzir kada se projektiraju luke. Efikasnost luke se najviše

gleda u tome koliko brodova dizalice obrade u određenom vremenskom roku, odnosno koliko brzo prekrcajavaju teret. Zato je i važno da svaki ULCC brod ima minimalno 500 m prostora za pristajanje.

Postojeće luke koje trenutno nemaju zadovoljavajuću duljinu trebale bi početi planirati produljenje svojih pristaništa. Ali po tom pitanju se opet dolazi do problema geografskih karakteristika luke. One koje su u mogućnosti to učiniti svakako bi trebale i uz to omogućiti većem broju dizalica da budu na raspolaganju ULCC brodu kada pristane. Također bi dovoljan broj tegljača trebao biti na raspolaganju.

Novi kontejnerski terminali u budućnosti, a i trenutno postojeći, bi se trebali usmjeravati prema primanju više od jednog ULCC broda istovremeno. Trenutno operacija na jednom ULCC brodu je popriličan posao, a luke koje to obavljaju su svakako u svjetskom vrhu, međutim u budućnosti bi ograničenost na samo jedan brod mogla biti negativan faktor.

[2] [5]



**Slika 17.** Pristajanje ULCC broda u luci Los Angeles

*Izvor: Instagram profil „nsouzphoto“*

(Dostupno: 20.05.2020.)

### 4.3. OPERACIJE U LUCI

Za velike luke i terminale koji rade s ULCC brodovima veoma je bitna dobra organizacija i razvijena tehnološka razina. Kontejneri moraju proći popriličan put u samoj luci prije nego ih se ukrca na željeni brod ili nakon što ih se s njega iskrvalo. Procesi koji su tu uključeni su iskravanje i ukrcavanje na brod, premještanje do skladišnog mjesta koje ovisi o tome koliko će dugo kontejner biti u luci, hoće li ga se odvesti nekim drugim načinom prometnog transporta kao npr. kamionom, vlakom itd. Glavni dio čitavog prekrcajnog sustava je brodski, odnosno obalni prekrcajni sustav preko kojega treba proći čitav teret bilo u ukrcaju ili iskrcaju. Teret s broda može biti upućen na tri moguća načina kroz obalni prekrcajni sustav, pa se tako razlikuje:

- direktan sustav prekrcaja,
- poludirektan sustav prekrcaja,
- indirektan sustav prekrcaja

Direktnim sustavom kontejneri se izravno ukrcavaju ili iskravaju iz ili u sredstva kopnenog transporta. Kod poludirektnog sustava teret se prvo iskrcaje na obalu, a zatim se kasnije otprema vozilima. Ovaj sustav se rjeđe upotrebljava i to uglavnom na manjim terminalima. Najzastupljeniji sustav je indirektni sustav koji danas dominira na lučkim kontejnerskim terminalima. Pod njim se podrazumijeva odlaganje kontejnera na otvorena slagališta gdje čekaju daljnju otpremu sredstvima kopnenog transporta. Efikasnost prekrcajnog procesa na kontejnerskom terminalu bitno ovisi o pravilnom izboru sustava prijevoza i slaganja kontejnera. U svijetu su se razvili razni oblici rukovanja, a mnogobrojni proizvođači svojom raznovrsnom ponudom prekrcajno-prijevoznih sredstava nameću potrebu pažljiva odabira. Metode rukovanja kontejnera na kontejnerskom terminalu mogu se podijeliti na:

- slaganje kontejnera s pomoću poluprikolice,
- slaganje kontejnera s pomoću portalnog prijenosnika,
- slaganje kontejnera s pomoću pokretne mosne kontejnerske dizalice
- kombinirane metode

Odabir načina i opreme za rukovanje kontejnerima kao i modula slaganja kontejnera ponajprije ovisi o veličini i strukturi prometa, broju pristana, veličini skladišno-slagališnog prostora, postojanju posebnih katnih skladišta, udaljenosti pristana od skladišta, cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi itd.

U većini slučajeva najbolje je kombinirati različitu opremu. Iskustva su pokazala da su za prijevoz od slagališta do operativne obale i obratno najpogodniji tegljači i prikolice. Izbor opreme za slaganje i razvrstavanje kontejnera ovisi o uvjetima rada pri čemu primjeri pokazuju da se u radu terminala najčešće upotrebljavaju mosne dizalice na kotačima ili na tračnicama u kombinaciji s brzim kontejnerskim prijenosnicima. U kojem su odnosu zastupljeni, ponajprije ovisi o veličini prometa. [4] [5] [7]



**Slika 18.** Lučki kontejnerski terminal u Pločama [18]

#### 4.4. UVJETI OKO LUKE

Da bi luka efikasno djelovala, prvi uvjet je da je lako dostupna i s kopna i s mora. Operacije koje uključuju ULCC brodove su zato među najvažnijim stavkama kojima treba posvetiti pozornost prilikom projektiranja luka. Važno je da je luka u blizini cestovnih prometnica, odnosno dostupna kamionima, na čvorištu željezničkog prometa te da joj njen reljef i prirodno okruženje dopušta nesmetani rad.

U današnje vrijeme luke se iz gore navedenih razloga nastoje još više širiti premda to nije uvijek pozitivno. Vlakovima i kamionima treba omogućiti nesmetani protok te eliminirati nepotrebna zadržavanja. Iz tog razloga bi se brodovi, luka i sama okolica luke trebali smatrati jednim jedinstvenim operativnim lancem u kojem ukoliko zakaže jedna karika, cijeli sustav pati.

Za konkretno kontejnere željeznički promet je trenutno isplativiji i jednostavniji od cestovnog. Cijena prijevoza vlakom je u prosjeku 20-30% jeftinija u odnosu na prijevoz cestom. Zbog toga je i njihov omjer u transportu tereta veći na strani vlakova. Luke su obično izdvojene iz većih gradova, odnosno nalaze se na marginama baš iz razloga da svakodnevni urbani život i gužve ne utječu na rad luke, a i obrnuto.

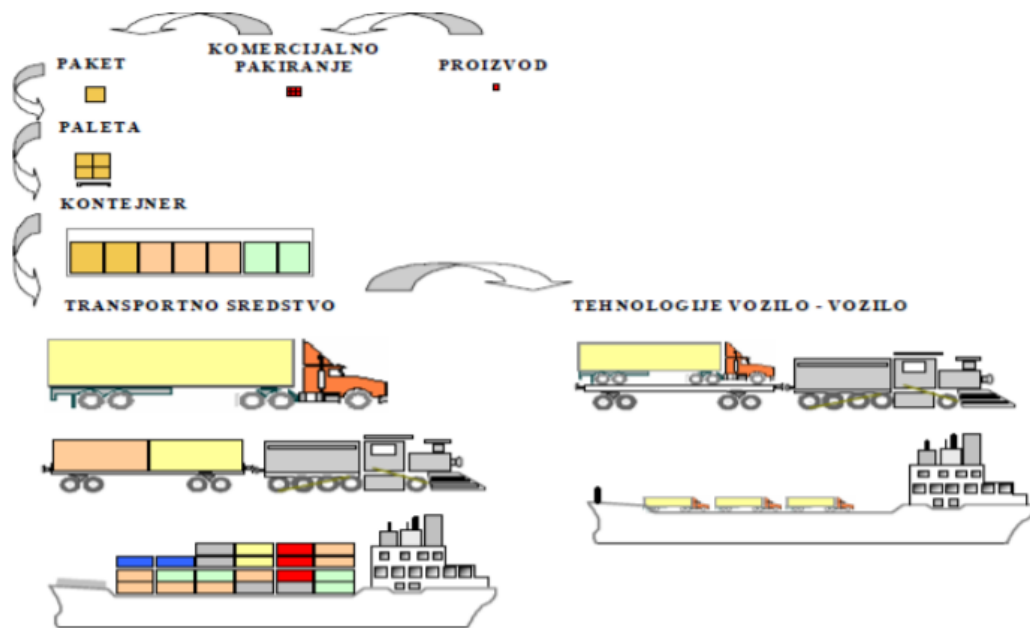
One se ne bi smjele nalaziti niti blizu velikih građevina ili mostova, ali ipak moraju biti u blizini mreža autocesta koje su dovoljno velike da se na njima ne stvara nepotreban zastoj. Postoje i okolišni problemi koji također imaju veliki značaj prilikom planiranja i samog rada luka, a najvažniji su:

- preinake na morskome dnu i u salinitetu mora jaružanjem i drugim operacijama,
- rukovanje otpadom
- povećanu buku i zagađenje zbog velikog prometa kamiona, vlakova i drugih vozila
- svjetlosno zagađenje i zagađenje zraka
- zagađenje od strane brodova, posebno ULCC brodova koji su među najvećim zagađivačima

Jaružanje je danas nužno jer luke jednostavno nisu sposobne primiti najveće svjetske brodove. Samo jaružanje stvara preinake na morskome dnu, narušava morski ekosustav, podiže salinitet, a na kraju se javlja i problem odlaganja tla koje je jaružano. Ono se obično odvozi na otvoreno more gdje također stvara problem kod morskih životinja i samoga dna mora.



Nadalje, širenje luka blizu urbanih područja također znači povećani promet prema luci, povećanu upotrebu lučkih strojeva i infrastrukture što sve povećava zagađenje. Pozitivna strana je veći broj radnih mjesta, no buka i zagađenje koje luke stvaraju mogu proizvesti više komplikacija nego pozitivnih strana. Jedino rješenje je uska suradnja lokalne zajednice, lučkih vlasti te organizacija za zaštitu okoliša kako bi se pronašlo najbolje rješenje za sve strane. [4] [5] [7]



**Slika 19.** Prikaz ključnih koraka u intermodalnom prijevozu [7]

## **5. BUDUĆA RIJEŠENJA I INOVACIJE ZA ULCC BRODOVE**

Do sada je analizirana aktualna problematika ULCC brodova te kontejnerskog brodarstva. U ovom poglavlju će se govoriti o mogućem napretku te novim smjerovima u kojima bi se ULCC brodovi i operacije vezane za njih trebale razvijati. Naglasak će biti na rukovanju teretom, potencijalno novim i naprednijim terminalima te novim prilagodbama u konstrukciji ULCC brodova. Brodarstvo i dalje ostaje najbolji i najekonomičniji način prijevoza robe svijetom, no pitanje je kakve će posljedice biti u budućnosti.

### **5.1. RUKOVANJE TERETOM**

Kao što je već rečeno, problem današnjih ULCC brodova je usluga u luci te njena brzina. Tu se ponajprije misli na dizalice. Istina je da su dizalice napredovale te danas one najveće, extra post panamax, mogu prekravati veliku količinu tereta u kratkom roku. Doduše, moderan svijet uvijek traži brže i bolje, a brodovi i dalje rastu te postaje teško pratiti njihov razvoj. Danas je više dizalica potrebno kod obrađivanja jednog ULCC broda, a kapacitet takvih brodova stvara i problem smještaja u lukama.

Do potencijalnog rješenja su došli u Amsterdamu u terminalu Ceres Paragon. Konstruiran je bazen u koji brod uđe te ga s obje strane paralelno mogu opsluživati dizalice. Procjena je da istovremeno 11 dizalica može obavljati prekrcaj na jednom ULCC brodu. Sukladno tome, rukovanje teretom je značajno brže, a ovakav način rada terminal u Amsterdamu čini jednim od najbržih u svijetu. Trenutno se ovo rješenje pokazuje kao održiva alternativa.

Iz slika je vidljivo da takve dizalice imaju mogućnost kretanja po tračnicama što ih čini fleksibilnima po pitanju ostalih poslova u luci. Primjerice, ukoliko svih 11 dizalica nije potrebno za prekrcaj na ULCC brodu, neke se mogu premjestiti na pristajalište koje se nalazi odmah pokraj bazena. Na ovaj način i drugi brodovi se mogu koristiti dizalicom. Još jedna od prednosti ovog dizajna je što su ULCC brodovi koji uđu u bazen zaštićeni od vanjskih utjecaja valova i struje. To omogućuje i veću stabilnost u dokušto ponovno olakšava poslove iskrcaja i ukrcaja.



**Slika 20.** Bazen u Ceres Paragon terminalu [31]

Dizalice koje se koriste u rukovanju teretom na ULCC brodovima su u pravilu uvijek extra post panamax dizalice jer imaju najveći dohvat te su i najveće nosivosti.

#### **Extra (Super) Post-Panamax - dohvat veći od 48 m**

- Nosivost ispod hvatača /spredera 65 / 60 t  
(*engl. Capacity below Spreader*)
- Način podizanja (*engl. Handling Mode*) 20/40 ft/ twin twenty/ double twin twenty
- Dohvat prema moru (*engl. Outreach Waterside*) ne veći od 60m(23cnts/w)
- Dohvat sa obalne strane (*engl. Outreach Landside*) 0-30 m
- Visina podizanja (*engl. Hoisting Height*) tereta 42 m
- Kontejnera na sat (*engl. Boxes per Hour*) 45 single lift /80 twin lift / 90 to 100 double twin twenty



**Slika 21.** Extra post panamax dizalica na tračnicama u Amsterdamu [20]

Još jedno od rješenja je korištenje mosnih dizalica. Time je postupak rukovanja teretom još brži. Prostor skladištenja kontejnera je uglavnom cijeli pokriven mosnim dizalicama. Kontejner se s broda spušta obalnom dizalicom, zatim ga preuzima automatizirano lučko vozilo za prijevoz kontejnera koje ga odvozi do mosne dizalice koja ga dalje sortira na njegov skladišno mjesto. Takav kontejner je spreman za daljnji ukrcaj na novi brod ili odvoženje nekim drugim prijevoznim sredstvom. [2] [3] [4]

## 5.2. PRILAGOĐENI TERMINALI

Kao što je već rečeno, stalan rast na području kontejnerske industrije dovodi do problema prekrcaja i skladištenja tereta na već postojećim terminalima. Jedno od rješenja koje se pojavilo su automatizirani kontejnerski terminali. Automatizirani kontejnerski terminali, (eng. *Automated Controlled Terminals – ACT*) su opremljeni automatskim sustavom za manipulaciju kontejnerima koji se sastoji od automatskih dizalica i automatski navođenih vozila. Njihova dugoročna prednost je u uštedi na vremenu, radnoj snazi te samim time i pogreškama uzrokovanim ljudskim faktorom. Automatski navođena vozila se smatraju onima koja nemaju vozača te im je ugrađen procesor preko kojega softver prenosi naredbe za navigaciju. Računalo u vozilu, koristeći bežični prijenos podataka, komunicira s kontrolnim centrom što omogućuje kretanje do bilo koje točke luke, pružajući učinkovito i fleksibilno manevriranje s minimalnim zahtjevima za ljudskom snagom, velikim protokom tereta uz smanjene troškove, te mogućnost kontinuiranog djelovanja.

Problemi prilikom projektiranja AGV-a su: projektiranje ceste po kojoj će se AGV-i kretati, kontroliranje sveukupnog prometa u luci, planiranje ruta za AGV te problem lokacija na koje će AGV dovoziti kontejnere. Automatske skladišne dizalice koriste se primarno na kontejnerskim terminalima za razmještanje i slaganje u skladištima i odlagalištima točno određenih putanja kretanja. Kreću se na tračnicama, a kretanje se kontrolira iz središnje kontrolne jedinice. Automatske dizalice rade kombinirano sa AGV-ima tako da uzimaju ili stavljaju kontejner sa ili na AGV. [4] [5]



**Slika 22.** Najveći ACT na svijetu u Shanghaiu [1]

Još revolucionarnija ideja od automatiziranih kontejnerskih terminala je ideja plutajućih terminala. Oni se mogu koristiti u situacijama kada je pristup luci ograničen zbog prevelikog gaza, prevelikih dimenzija broda ili zbog prevelikog prometa u luci u tom trenutku. Veoma su praktični jer su mobilni pa ih se može premjestiti na odgovarajuće mjesto. U budućnosti će mnoge luke morati obavljati jaružanje, a plutajući terminali se nameću kao jeftinije i praktičnije rješenje. Nadalje, u luci mogu pristajati brodovi manjeg gaza i dimenzija od onih ULCC-a pa će to dovesti i do bržeg transporta robe i efikasnijeg rada luke. Međutim, i dalje postoje neke restrikcije koje bi trebale biti uzete u obzir:

- vanjski utjecaji valova, struji i vjetra koji mogu uvelike utjecati na rad terminala,
- terminal nesmije utjecati na već postojeće brodske rute niti na ikakav način remetiti prilaz luci,
- terminal ne smije biti predaleko od obale,
- potrebno je osigurati dovoljno mjesta da se paralelno mogu obavljati operacije i na ULCC brodovima kao i na feeder brodovima
- privezivanje za terminal mora biti što efikasnije da se izbjegne nepotreban zastoje i kašnjenje
- terminal treba biti dobro opskrbljen potrebnom električnom energijom za rad
- mjesto terminala treba imati i tržišno povoljnu poziciju, odnosno takvu da brodari ne moraju prevaljivati dodatan put da dođu do njega te da luka može ostvariti svoj ekonomski potencijal
- treba osigurati dovoljno brzu povezanost i komunikaciju s obalom kako transport osoblja nebi utjecao na rad terminala (to se lako postiže s raznim manjim plovilima sposobnima za velike brzine i koja imaju dovoljno mjesta)

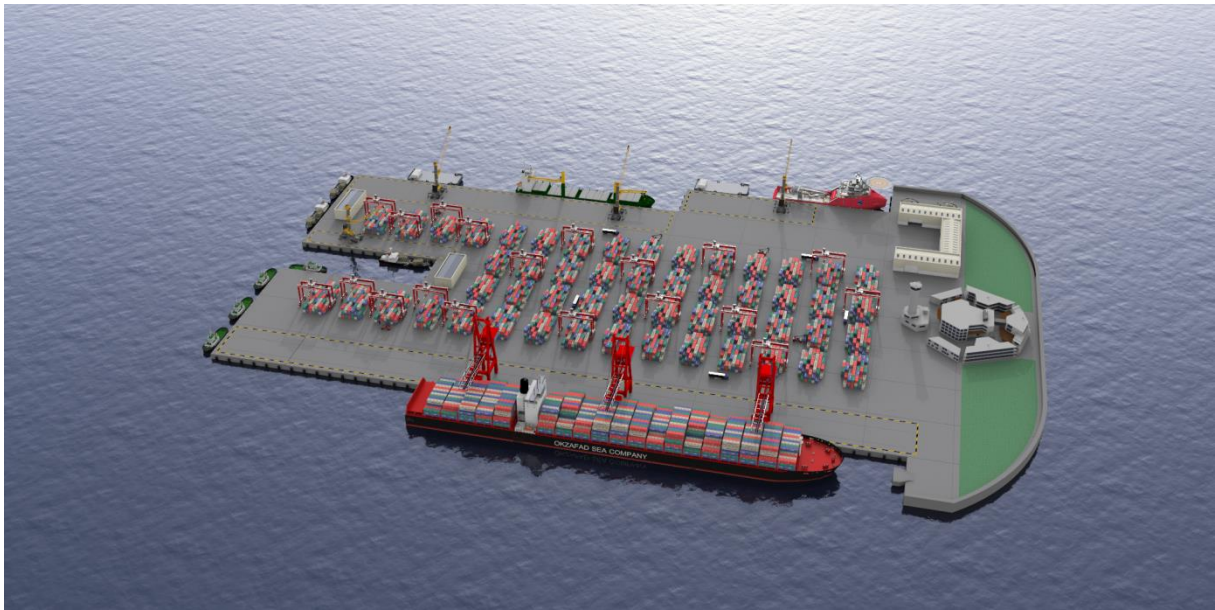
Ideje koje su se nastavile razvijati iz prethodno navedenih rješenja su kombinacija plutajućeg terminala i bazena za prihvata brodova. Na ovaj način pozitivni čimbenici obje opcije dolaze do izražaja. Nema potrebe za dodatnim jaružanjem lučkog podmorja ili za ikakvim drugim operacijama preinake.

S druge strane, javlja se problem kretanja plutajuće strukture u odnosu na brod, posebno tijekom loših vremenskih uvjeta. Rješenje ovoga bi moglo biti u dovoljno dobrom usidrenju cijelog terminala kao i u korištenju balastnih tankova i dovoljnoj veličini prihvatnog bazena. Bazen bi trebao biti dovoljne duljine i širine tako da u bilo kojem slučaju ne dolazi do



kontakta s brodom, a time i do oštećenja na samome brodu kao i na terminalu. Takvo rješenje čini se najprihvatljivijim.

Jedini problem predstavljaju troškovi gradnje i održavanja. Međutim, neizbježnim rastom luka i postojećih terminala svakako će se javljati daljnji troškovi u budućnosti, stoga se opisana rješenja ipak čine izglednima. [1] [4]



**Slika 23.** Animacija mogućeg izgleda budućih plutajućih terminala [16]

### **5.3. NOVI TRENDovi U KONSTRUKCIJI I NJIHOV UTJECAJ NA TRŽIŠTE**

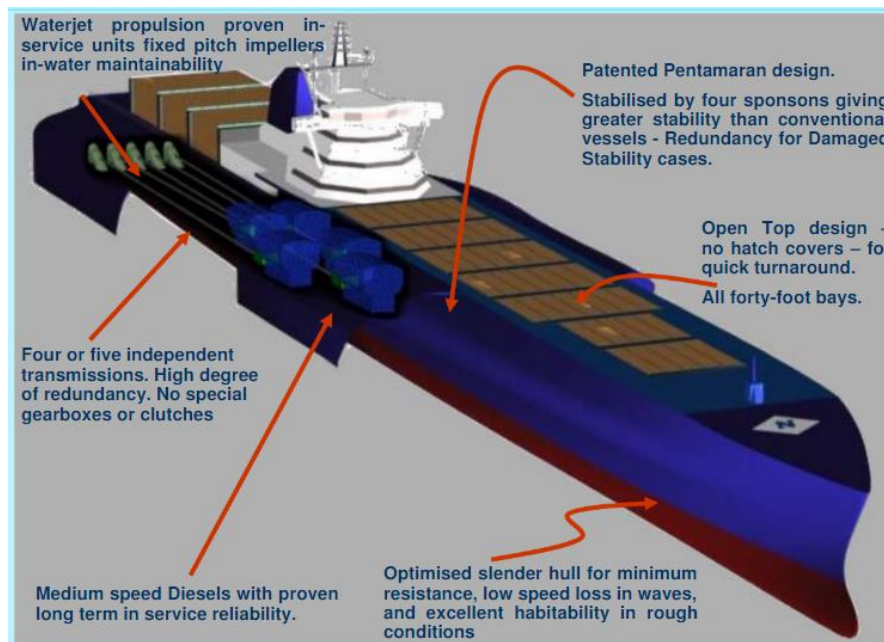
Sve većim ulaskom ULCC brodova na svjetsko tržište stvara se potreba za što bržim transportom tereta. ULCC brodovi su utjecali na razvoj takozvanih „feeder“ brodova koji se koriste za transport kontejnera iz velikih luka u manje luke koje nemaju kapacitet primiti ULCC brod. Daljnjim rastom brodova, feeder brodovi se moraju prilagoditi novoj situaciji na tržištu.

Njihov kapacitet se treba povećati, a također i brzina transporta kako bi vrijeme koje teret provodi u luci bilo što manje. Postoje mnoge inovativne ideje koje su predložene za daljnji razvoj. Jedna od njih je drukčiji dizajn trupa. Trenutna opcija su brzi brodovi

jedinstvene forme iako se u budućnosti rješenje vidi u trimaran i eventualno pentamaran konstrukcijitrupa.

Cilj je da budući feeder brodovi mogu razviti brzine od 30 do 35 čvorova. Tako visoke brzine naravno zahtijevaju velike preinake što gradnju broda čini izazovnom. Kao što je već rečeno, najbolje rješenje je u trimaran i pentamaran dizajnu koji trup čini tanjim i gipkijim te se tako može ostvariti tražena brzina.

Energetske potrebe na brodu jedinstvenog trupa bi također bile veće da se postigne brzine veća od 30 čvorova, međutim s obzirom da trimaran i pentamaran dizajn ostvaruje manji otpor, tražena brzina se može postići i uz manje uloženu energiju. Korištenje pomoćnih bočnih trupova je nužno jer bez njih bi brod bio veoma nestabilan i nesposoban za plovidbu. Kapacitet feeder brodova bi se trebao kretati od 1000 do 1500 TEU-a.



**Slika 24.** Primjer budućeg pentamaran kontejnerskog broda [13]

U idealnom slučaju, optimalni feeder brodovi u budućnosti bi velikom brzinom trebali biti u mogućnosti prevoziti minimalno 1000 TEU-a s popriličnom uštedom energije, odnosno potrebnom snagom koja ne ide preko 40 MW. Ova dva dizajna se još uvijek smatraju malo daljom budućnošću. Potrebno je još istraživanja, ali ona trenutno provedena zajedno s računalnim simulacijama pokazuju da je ovakav dizajn realan.



U nešto bližoj budućnosti su naručeni feeder brodovi koji mogu postići maksimalnu brzinu od 25 čvorova. To se trenutno smatra limitom za brodove jedinstvenog trupa (eng. *monohull*).

S potrebnom snagom od 19 MW ovi brodovi će moći prevesti 1400 kontejnera. Ovakav dizajn se trenutno može koristiti jer nema velike energetske potrebe, a može razviti velike brzine. [13]



**Slika 25.** Feeder kontejnerski brod *Kristen Schepers* [23]

O poziciji strojarnice je već rečeno. Međutim, novi planovi i nacrti brodova pokazuju da bi u budućnosti moglo doći do potpune promjene pozicije strojarnice. Ona bi se mogla premjestiti na palubu, umjesto u potpalublje, gdje se trenutno nalazi.

Time bi se moglo dobiti na kritičnom kapacitetu. Trenutni dizajni ULCC brodova pokazuju da postoji neiskorišteni prostor na palubi točno iznad strojarnice, između dva dimnjaka. Prostor je poprilično velik te može poslužiti za glavni motor ili pomoćne strojeve.

Izračuni pokazuju da bi se time dobilo i do 400 TEU-a mjesta. Također ovakvim dizajnom se dolazi do toga da je dizel-električna propulzija idealna u ovome slučaju. Ovom idejom se brodski prostor može u još većoj mjeri iskoristiti, bez prevelikih troškova, a s velikim utjecajem na transport.

Nadalje, GTT, CMA CGM i DNV GL objavili su studiju tehničke izvodljivosti za novi 20.000 TEU kontejnerski brod koji nema strojarnicu. Brod je na LNG-u, pogonjen je kombiniranim plinskim (COGAS) i parnom turbinom, a pokreće se električnim pogonom. Splinskim i parnim turbinama integriranim unutar iste palube kao i LNG spremnici, prostor koji obično zauzima konvencionalna strojarnica može se iskoristiti za povećanje tereta za oko 300 TEU-a u odnosu na brod na teško gorivo.

Rezultat je postignut usprkos LNG spremnicima koji zahtijevaju više prostora od tradicionalnih rezervoara za lož ulje. Dva spremnika za LNG gorivo od 10 960 m<sup>3</sup> smještene su ispod palube, što plovilu daje dovoljno kapaciteta goriva za relaciju Azija-Europa.[5] [19] [25]



**Slika 26.** Primjer ULCC broda na LNG pogon [19]

## 6. ZAKLJUČAK

U ovome završnom radu obrađena je tema ULCC brodova te njihovog položaja u današnjem suvremenom brodarstvu. Na ideju njih se prvenstveno došlo zbog konstantnog rasta u potrebi za transportom tereta kontejnerima. Na temelju prethodnog istraživanja, može se doći do nekoliko zaključaka. S gledišta arhitekture, prepreke u izgradnji ULCC brodova mogu biti nadvladane bez većih poteškoća. Danas postoji tehnologija dostatna za strukturne, propulzijske i energetske potrebe broda. Brodar će platiti takav brod ukoliko je siguran da će mu se ulaganje vratiti tokom brodskog životnog vijeka, koji je otprilike 30 godina. Upravo je rizik ulaganja najveći problem, poglavito u zadnjim mjesecima kada je cjelokupno svjetsko gospodarstvo, a samim time i broderska industrija, pogođeno krizom uzrokovanom pandemijom Covid-19 virusa. Kontejnerska grana ne pati možda toliko koliko firme koje obavljaju putnički prijevoz, ali gubitci su svakako značajni. ULCC brodovi se mogu smatrati potrebnima i isplativima jedino ako se nastavi rast u potrebi za najvećim mogućim kontejnerskim brodovima. Kina, kao ključna karika u svjetskom gospodarskom lancu, a posebno u kontejnerskoj industriji, trenutno proživljava krizu, ali u kojoj poduzima korake oporavka.

Zaključak koji se može donijeti je da se u ULCC brodove isplati ulagati, ali postoji rizik da nešto u budućnosti pođe u krivo, a tada jedna velika investicija, što ULCC brod jest, propada te za sobom vuče daljnje probleme. Ovo je možda i ključni faktor u odluci za gradnjom i korištenjem ULCC broda. Rizik je velik, ali također i moguća dobit je velika i samim time primamljiva i vrijedna rizika. Što se tiče kontejnerskih luka i terminala, situacija je još kompliciranija. Kao što je već spomenuto, da bi se udovoljilo zahtjevima ULCC brodova, luke moraju proći kroz velike preinake i dorade. Dubina lučkog bazena i rukovanje teretom od strane dizalica je trenutno najveći problem. Lučke vlasti trebaju uložiti puno više sredstava od brodovlasnika, samim time se izlažući i većem riziku. Plutajući terminali se nude kao odlično rješenje jer je njihova izgradnja isplativija od jaružanja i drugih radova na morskome dnu. Također su fleksibilni po pitanju pozicioniranja jer ih se lako može transportirati na mjesta na kojima su potrebni. Kontejnerska industrija i općenito brodarstvo svakim danom napreduje. ULCC brodovi su sasvim sigurno dobra opcija i pozitivan smjer razvoja. U trenutku pisanja ovog teksta, čak je izašao podatak da je MSC Gulsun sustignut od strane HMM Algericasa po pitanju veličine. To je dokaz koliko brodarstvo napreduje iz dana u dan te je sasvim sigurno da potreba prijevoza tereta kontejnerima neće padati u skorašnjoj budućnosti, dapače, zahtijevat će izgradnju novih i većih ULCC brodova.

## LITERATURA

- [1] Adriaansen, A.C.: *An automated guided vehicle system in a container terminal*, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2011.
- [2] Belamarić, G.: *Suvremene transportne tehnologije*, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, travanj 2017.
- [3] Cudahy, B.J., *Box boats-How container ships changed the world*, New York, 2006.
- [4] Dundović, Č., *Lučki terminali*, Rijeka, 2002.
- [5] Evangelos, F.: *Ultra large container ships: Technical implications and solutions for the design of the vessels and the port terminal facilities*, World Maritime University, Malmö, Švedska, 2006.
- [6] Karmelić, J., *Kontejnersko brodarstvo na kraju 2008. godine*, Pomorstvo, god. 23, br. 1
- [7] Vučurević, S.: *Intermodalni transport u Europskoj Uniji*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2013.
- [8] Mišković, D.; Ivče, R., Popović, M.: *Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest*, Naše more, 63(1)/2016.- supplement, pp. 9-15

## INTERNET IZVORI

- [9] Becker marine systems [http://schilling-rudder.com/03\\_products/products\\_twisted\\_flap.html](http://schilling-rudder.com/03_products/products_twisted_flap.html) (Dostupno: 29.05.2020.)
- [10] Bhuvan, J.: *What are Container Ships – History, Types And Design*, travanj 2020. <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-container-ships/> (Dostupno: 14.04.2020.)
- [11] Damen <https://products.damen.com/en/ranges/container-feeder/container-feeder-800/deliveries/kristin-schepers> (Dostupno: 02.06.2020.)
- [12] Gcaptain, lipanj 2015. <https://gcaptain.com/hyundai-heavy-worlds-biggest-shipbuilder-sees-mega-ships-leading-global-demand/> (Dostupno: 30.04.2020.)
- [13] Gee N.: *Applications of the Pentamaran Hull Form for Fast Sealift and Freight Applications*, ožujak 2005. <https://pdfslide.net/documents/applications-of-the-pentamaran-hull-form-for-fast-sealift-and-freight-applications.html> (Dostupno: 01.06.2020.)

- [14] Jones C.: *World's biggest container ship MSC Gülsün makes waves on first European visit*, The Times, kolovoz 2019. <https://www.thetimes.co.uk/article/worlds-biggest-container-ship-msc-guelsuen-makes-waves-on-first-european-visit-3z7sfdlbq> (Dostupno: 01.06.2020.)
- [15] Joules [http://www.joules-project.eu/Joules/technologies/consumption\\_propulsion](http://www.joules-project.eu/Joules/technologies/consumption_propulsion) (Dostupno: 10.06.2020.)
- [16] Marine Investment for the Blue Economy <https://maribe.eu/blue-economy-growth-science-research-floating-shipping-terminal-aquaculture-2/> (Dostupno: 13.06.2020.)
- [17] MarineInsight, siječanj 2017. <https://www.marineinsight.com/shipping-news/diesel-electric-propulsion-systems-for-biggest-shipyard-in-taiwan-reduce-fuel-costs/> (Dostupno: 25.03.2020.)
- [18] MojaRijeka, kolovoz 2010. <https://www.mojarijeka.hr/luka-ploce-nije-konkurencija-rijeci/> (Dostupno: 05.07.2020.)
- [19] Mulligan T.: *LNG as fuel: Challenges & Opportunities*, MarineLink, lipanj 2017. <https://www.marinelink.com/news/opportunities-challenges426052> (Dostupno: 03.07.2020.)
- [20] Schuttevaer, kolovoz 2012. <https://www.schuttevaer.nl/nieuws/havens-en-vaarwegen/2012/08/29/ect-sluit-act-ceres-paragon-amsterdam/> (Dostupno: 21.05.2020.)
- [21] SeaNews, srpanj 2017. <https://www.seanews.com.tr/yangtze-river-delta-home-to-5-of-world-s-top-100-ports/168217/> (Dostupno: 30.06.2020.)
- [22] The Geography of Transport Systems [https://transportgeography.org/?page\\_id=2232](https://transportgeography.org/?page_id=2232) (Dostupno: 15.03.2020.)
- [23] The Geography of Transport Systems [https://transportgeography.org/?page\\_id=1323](https://transportgeography.org/?page_id=1323) (Dostupno: 12.05.2020.)
- [24] The Motorship, srpanj 2019. <https://www.motorship.com/news101/ships-and-shipyards/shi-delivers-23,000-teu-ulcs-for-msc> (Dostupno: 19.06.2020.)
- [25] TheMaritimeExecutive, listopad 2019. <https://maritime-executive.com/article/container-ship-gains-300-slots-by-removing-engine-room> (Dostupno: 07.06.2020.)
- [26] Visser, D.: *Snapshot: The World's Ultra Large Container Ship Fleet*, The Maritime Executive, lipanj 2020. <https://www.maritime-executive.com/editorials/snapshot-the-world-s-ultra-large-container-ship-fleet> (Dostupno: 23.06.2020.)
- [27] Waleed Y., Research gate, lipanj 2017. [https://www.researchgate.net/figure/Components-of-underkeel-clearance-3-Nett-UKC-Chart-datum-depth-Tide-Static\\_fig1\\_313087465](https://www.researchgate.net/figure/Components-of-underkeel-clearance-3-Nett-UKC-Chart-datum-depth-Tide-Static_fig1_313087465) (Dostupno: 01.07.2020.)

- [28] Wartsila <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/breakwater> (Dostupno: 05.05.2020.)
- [29] WorldShippingCouncil <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/history-of-containerization> (Dostupno:19.05.2020.)
- [30] Zagrebtrans <http://www.zagrebtrans.hr/hr/detalji/projekti/2009-rijeka-lucka-dizalica-725t-36-osovina-20> (Dostupno: 11.06.2020. )
- [31] <http://www.wrk.ru/forums/attachment.php?item=490480> (Dostupno: 07.07.2020.)
- [32] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kavitacija> (Dostupno: 22.05.2020.)
- [33] <https://www.msc.com/nld/about-us/new-ships/msc-gulsun-press-materials> (Dostupno: )
- [34] <https://www.nauticexpo.com/prod/rolls-royce/product-39194-389325.html> (Dostupno: 30.05.2020.)
- [35] <https://www.ship-technology.com/news/macgregor-cargo-msc-gulsun/> (Dostupno: 18.05.2020.)
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=XDCAzne6cTE> (Dostupno: 10.07.2020.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. "Ideal X" - prvi kontejnerski brod.....	4
Slika 2. CSCL Globe.....	9
Slika 3. Primjer <i>breakwatera</i> .....	10
Slika 4. Izgled i raspored twin motora .....	11
Slika 5. Dizel-električna twin propulzija.....	12
Slika 6. Brodski vijak na kojem se pojavljuje kavitacija .....	13
Slika 7. Kormilo s ljuljnim listovima (twisted rudder) .....	14
Slika 8. Primjer bulba kormila .....	15
Slika 9. Prikaz kontra totirajućih propelera.....	16
Slika 10. Primjer centralnog vijka s dva wing azipoda.....	16
Slika 11. MSC Gulsun.....	17
Slika 12. MSC Gulsun u luci.....	18
Slika 13. Luka Felixstowe u UK-u.....	20
Slika 14. Obalna lučka dizalica u Rijeci .....	21
Slika 15. Kontejnerski terminal u Shanghaiju.....	22
Slika 16. Podvodne stavke kod privezanog broda.....	23
Slika 17. Pristajanje ULCC broda u luci Los Angeles.....	24
Slika 18. Lučki kontejnerski terminal u Pločama .....	26
Slika 19. Prikaz ključnih koraka u intermodalnom prijevozu.....	28
Slika 20. Bazen u Ceres Paragon terminalu .....	30
Slika 21. Extra post panamax dizalica na tračnicama u Amsterdamu .....	31
Slika 22. Najveći ACT na svijetu u Shagnhaiju.....	32
Slika 23. Animacija mogućeg izgleda budućih plutajućih terminala.....	34
Slika 24. Primjer budućeg pentamaran kontejnerskog broda.....	35
Slika 25. Feeder kontejnerski brod <i>Kristen Schepers</i> .....	36
Slika 26. Primjer ULCC broda na LNG pogon.....	37



## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Generacije kontejnerskih brodova.....	6
--	---

## POPIS KRATICA

ULCC (eng. <i>Ultra Large Container Carrier</i> )	ultraveliki kontejnerski brod
MSC (eng. <i>Mediterranean Shipping Company</i> )	mediteranska brodska kompanija
TEU (eng. <i>Twenty-foot equal unit</i> )	standardna kontejnerska jedinica za teret
ACT (eng. <i>Automated Controled Terminals</i> )	automatizirani terminali
AGT (eng. <i>Automated Ground Vehicles</i> )	automatizirana vozila na terminalu
LNG (eng. <i>Liquified Natural Gas</i> )	ukapljeni zemni plin