

Razvoj modernih kontejnerskih brodova i autonomni brodovi

Petanjek, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:982931>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 124/OMIL/2022

**Razvoj modernih kontejnerskih brodova i autonomni
brodovi**

Filip Petanjek, 0336021910

Koprivnica, rujan 2022. godine



Sveučilište Sjever

Sveučilišni diplomski studij Održiva mobilnost I logistika; Održivi prometni sustavi

Diplomski rad br. 124/OMIL/2022

Razvoj modernih kontejnerskih brodova i autonomni brodovi

Student

Filip Petanjek, 0336021910

Mentor

Siniša Vilke, Izv. Prof. dr.sc

Koprivnica, rujan 2022. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

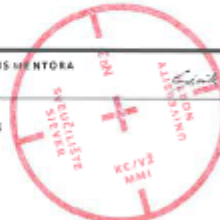
| | | | |
|-----------------------------|--|---------|---------------------|
| ODJEL | Odjel za logistiku i održivu mobilnost | | |
| STUDIJ | diplomski sveu ilišni studij Održiva mobilnost i logistika | | |
| PRISTUPNIK | Filip Petanjek | JMBAG | 0336021910 |
| DATUM | 05.09.2022. | KOLEGIJ | Promet i okoliš |
| NASLOV RADA | Razvoj modernih kontejnerskih brodova i autonomni brodovi | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Development of modern container vessels and autonomous ships | | |
| MENTOR | Siniša Vilke | ZVANJE | Izvanredni profesor |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. Doc.dr.sc. Predrag Brlek | | |
| | 2. Prof.dr.sc. Ljudevit Krpan | | |
| | 3. Izv.prof.dr.sc. Siniša Vilke | | |
| | 4. _____ | | |
| | 5. _____ | | |

Zadatak diplomskog rada

| | |
|------|---------------|
| BROJ | 124/OMIL/2022 |
| OPIS | |

Zadatak diplomskog rada je analizirati razvoj kontejnerskog prijevoza i kontejnerizacije, te prodiskutirati prednosti i nedostatke kontejnerizacije. Kontejnerski prijevoz je jedan od ključnih oblika intermodalne tehnologije prijevoza te je stoga u okviru diplomskog rada zadana analiza i tumačenje na koji način je implementacija kontejnerizacije utjecala na razvoj intermodalnog prijevoza. Nadalje, zadatak diplomskog rada je protumačiti razvitak suvremenih kontejnerskih brodova kroz razvoj pojedinih generacija brodova te objasniti značaj kojega su kontejnerski brodovi imali na cjelokupan razvoj transporta i logistike. Svrha rada je opisati autonomne brodove kao dijela automatizacije u transportu odnosno analizirati postojeća tehnološka dostignuća u tom polju i tendencije budućeg razvoja.

| | | | |
|----------------|--------|----------------|--|
| ZADATAK URUČEN | 5.9.22 | POTPIS MENTORA |  |
|----------------|--------|----------------|--|



Predgovor

Zahvaljujem se mentoru Siniši Vilke, Izv.Prof.dr.sc na pomoći i prijedlozima tijekom izrade ovog završnog rada. Najveća zahvala upućuje se svim profesorima i vanjskim suradnicima Sveučilišta Sjever koji su prenosili svoje znanje te mi pružili ugodno studiranje kroz preddiplomski i diplomski dio studija.

Zahvala ide i svim kolegama, prijateljima i obitelji koji su mi uvijek pomagali i bili na usluzi tijekom studiranja i zaslužni su za sve moje uspjehe tijekom ovih 5 godina.

Sažetak

Ovaj diplomski rad obuhvaća i kroz njega je obrađen kontejnerski prijevoz i navedena je definicija kontejnerizacije, kao i prednosti i nedostaci kontejnerizacije. Kroz rad kontejnerski prijevoz prikazan je kao jedan od najvažnijih oblika intermodalne tehnologije. Definirana je i opisana povijest kontejnerizacije, podjela kontejnera, označavanje kontejnera.

Drugi dio diplomskog rada obuhvaća razvitak modernih kontejnerskih brodova. Kontejnerski brodovi prikazani su i opisani kroz generacije razvoja i definiran je značaj koji su oni imali na kompletni razvoj transporta i logistike. Globalna priroda kontejnerskog transporta tjera budućnost na razmišljanje i dodatna poboljšanja. Autonomija i automatizacija budućnost je koja nam kuca na vrata. U tom smislu u zadnjem dijelu rada pažnja je usmjerena na budućnost i autonomne brodove i njihov razvitak.

Ključne riječi: kontejneri, kontejnerizacija, kontejnerski brod, autonomija, autonomni brodovi

Summary

This master's thesis includes and processes container transport, specifies the definition of containerisation, as well as the advantages and disadvantages of containerisation. Throughout the thesis, container transport is presented as one of the most important forms of intermodal technology. Further on, the history of containerisation, division and identification of it has been defined and described.

The second part of the thesis contains the development of the modern container ships. Container ships are presented and described through generations of development, and the importance they had on the complete development of transport and logistics is defined. The global nature of container transport forces the future into thinking and making further improvements. Autonomy and automation is the future that is knocking on our doors. In that regard, last part of the thesis is focused on the future and autonomous ships, as well as their development.

Key words: containers, containerisation, container ships, autonomy, autonomous ships

Popis korištenih kratica

| | |
|--------------|--|
| ISO | International Organization for Standardization |
| TEU | Twenty-foot equivalent unit |
| IMCO | International Maritime Organization |
| SOLAS | International Convention for the Safety of Life at Sea |
| IMO | International Maritime Organization |
| MASS | Maritime Autonomous Surface Ships |
| MSC | Mediterranean Shipping Company |

Sadržaj

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Uvod | 1 |
| 1.1. | Predmet rada | 1 |
| 1.2. | Postavljanje problema | 1 |
| 1.3. | Svrha i cilj rada | 2 |
| 1.4. | Hipoteza..... | 2 |
| 1.5. | Metode..... | 2 |
| 1.6. | Struktura rada..... | 2 |
| 2. | Kontejnerizacija..... | 4 |
| 2.1. | Povijesni razvoj kontejnerizacije i kontejnera | 6 |
| 2.2. | Označavanje kontejnera | 7 |
| 2.3. | Obilježja i podjela kontejnera | 8 |
| 2.3.1. | <i>Mali kontejneri</i> | 8 |
| 2.3.2. | <i>Srednji kontejneri</i> | 9 |
| 2.3.3. | <i>Veliki kontejneri</i> | 9 |
| 2.3.4. | <i>Univerzalni kontejneri</i> | 10 |
| 2.3.5. | <i>Specijalni kontejneri</i> | 11 |
| 2.3.6. | <i>Tereti koji se prevoze u kontejnerima</i> | 13 |
| 2.4. | Prednosti i nedostaci kontejnerizacije | 14 |
| 3. | Brodovi za prijevoz tereta | 16 |
| 3.1. | Podjela kontejnerskih brodova i tehnike prekrcaja | 18 |
| 3.2. | Kontejnerski terminali..... | 20 |
| 3.2.1. | <i>Prekrcajna mehanizacija na kontejnerskim terminalima</i> | 21 |
| 3.3. | Standardna konstrukcija i građa kontejnerskog broda | 24 |
| 4. | Razvitak kontejnerskih brodova prema generacijama | 26 |
| 4.1. | I. generacija | 27 |
| 4.2. | II. generacija | 27 |
| 4.3. | III. Generacija | 28 |
| 4.4. | IV. Generacija | 29 |
| 4.5. | V. Generacija | 30 |
| 4.6. | VI. Generacija | 31 |
| 4.7. | VII. Generacija..... | 32 |
| 4.8. | VIII. Generacija | 33 |
| 5. | Autonomni brodovi..... | 35 |
| 5.1. | Razvoj autonomnih brodova..... | 35 |
| 5.1.1. | <i>Munin</i> | 38 |
| 5.1.2. | <i>Rolls Royce i AAWA inicijativa</i> | 39 |
| 5.1.3. | <i>Kongsberg Maritime</i> | 41 |
| 5.1.4. | <i>Yara Birkeland</i> | 41 |
| 5.2. | Regulacija autonomnih brodova | 43 |
| 5.3. | Tehnologije autonomnih brodova | 46 |

| | |
|--|----|
| 5.3.1. Tehnologije za osjećanje okoline..... | 47 |
| 5.4. Komunikacija autonomnih brodova..... | 48 |
| 5.4.1. Satelitske komunikacije | 49 |
| 5.4.2. Inmarsat | 49 |
| 5.4.3. Zemaljske komunikacije | 50 |
| 5.4.4. Automatski identifikacijski sustav..... | 51 |
| 6. Zaključak..... | 53 |
| 7. Literatura..... | 55 |
| Popis slika..... | 57 |

1. Uvod

Svijet je postao cjelina koju u poslovnom smislu karakteriziraju dinamičnost, kvaliteta i brzina. Jedna od ključnih stvari u današnjem svijetu je kojom brzinom i kako prebaciti robu s jednog na drugo mjesto te za koju cijenu, a sve češće i veće promjene na tržištu ne olakšavaju situaciju. Konkurencija u današnjem svijetu predstavlja izazov ali i priliku glede stalnih poboljšanja i težnjom ka većem i boljem, no istovremeno predstavlja teret i stalne pritiske. Zbog svih tih razloga dolazi do pojave novim suvremenih tehnologija transporta kao što je i kontejnerizacija. Svaka transportna tehnologija obiluje prednostima ali i svojim manama te zbog toga treba biti vrlo pažljiv i odgovoran pri odabiru transportne tehnologije kojom će se obavljati transport.

Kontejnerizacija je suvremena transportna tehnologija koja podrazumijeva prijevoz robe pomoću posebnih spremnika odnosno kako se u naravi nazivaju kontejneri. Ovu transportnu tehnologiju krasi velika efikasnost i brzina manipuliranja robom što u konačnici rezultira manjim troškovima i manjim utroškom vremena. Njom se kao takvom puno lakše planira cjelokupni transportni proces te se lakše svladaju problemi na koje se može naići u transportu. Problem istraživanja u ovom radu ograničen je na razvoj modernih kontejnerskih brodova kroz generacije i pogled u budućnost kroz predstavljanje autonomnih brodova. Autonomija je ključ budućnosti modernog svijeta u transportu i logistici i kao takva nezaobilazna je i u pomorskom transportu. Razvoj takvih brodova pojednostavit će proces transporta od proizvođača pa sve do krajnjeg potrošača.

1.1. Predmet rada

Predmet rada je analiza modernih kontejnerskih brodova kroz njezine generacije i budućnost pomorskog transporta automatizacijom i primjenom autonomnih brodova.

1.2. Postavljanje problema

Problem koji će biti razrađen kroz ovaj diplomski rad je utjecaj kontejnerizacije na cjelokupno gospodarstvo svijeta, načini na koje je utjecala i njezin značaj uz naglasak na razvoj modernih kontejnerskih brodova i autonomne brodove.

1.3. Svrha i cilj rada

Svrha rada je proučiti i prikazati mogućnosti koje nam pruža kontejnerizacija kao transportna tehnologija, koje sve prednosti nam donose moderni kontejnerski brodovi i kako će autonomija promijeniti kompletno gospodarstvo kada će svijet za to biti spreman. Cilj rada je na temelju utvrđenih problema prikazati prednosti kontejnerizacije i ukazati na mogućnosti napretka gospodarstva korištenjem autonomije i automatizacije na različitim sustavima.

1.4. Hipoteza

Prema definiranom predmetu rada te svrsi i ciljevima istraživanja u ovom diplomskom radu postavljena je sljedeća hipoteza:

H: „Primjenom znanja kroz generacije izrade modernih kontejnerskih brodova modernizirati i poboljšati sustav autonomije u pomorskom prometu primjenom autonomnih brodova.“

1.5. Metode

U ovom diplomskom radu korištene su dvije osnovne vrste metoda, a to su; znanstvene i istraživačke. Istraživanje je provedeno na temelju dostupnih dokumenata te strategija i primjera dobre prakse određenih inicijativa. Metode koje će bile korištene u izradu ovog rada:

- Analiza postojećih dokumenata i saznanja;
- Induktivna metoda;
- Metoda dokazivanja;
- Metoda opažanja.

1.6. Struktura rada

U uvodnom dijelu rada definira se predmet istraživanja, postavlja problem istraživanja, utvrđuje svrha i cilj istraživanja, navode se metode istraživanja i postavlja hipoteza.

Druga cjelina detaljno opisuje kontejner, njegov nastanak, vrstu i značaj, svrhu korištenja i transportnu tehnologiju kontejnerizaciju.

U trećoj cjelini opisuju se detaljno brodovi za prijevoz tereta, njihova vrsta i podjela i prekrcajne tehnike. U nastavku su objašnjeni i kontejnerski terminali i njihova prekrcajna mehanizacija.

Četvrto poglavlje obuhvaća razvoj modernih kontejnerskih brodova kroz njihove generacije te поближе opisuje svaku generaciju zasebno.

Peta cjelina objašnjava razvitak autonomije i njezinu implementaciju u pomorski transport kroz nekoliko inicijativa koje su prikazane u radu. Navode se tehnologije autonomnih brodova , njihovi načini komunikacija i regulacija autonomnih brodova od strane krovnih svjetskih pomorskih organizacija.

2. Kontejnerizacija

Kontejnerizacija je pojam koji sam kao takav ne može postojati bez sredstva koja je glavna okosnica cijele transportne tehnologije, a to je kontejner. Naziv kontejner je posuđenica i dolazi iz engleske riječi „containter“ (sadržavati), a znači sve ono što u sebi može sadržavati nešto drugo. Kao i kod svakog pojma ne postoji uvijek jedna točna i najbolja definicija za određeni pojam već bi ih trebalo nekoliko spojiti u jednu. Definicije se mogu pronaći i pročitati od mnogih autora, no najzastupljenija je definicija prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (ISO) a ona glasi da je kontejner posebna naprava, prenosivi spremnik, transportni sanduk, transportna posuda, savitljivo složena posuda, pokretna transportna oprema ili druga slična konstrukcija, koja treba ispunjavati određene uvjete koje zahtijevaju pravila i tržište. (Zelenika, 2001)

Definicija se može tumačiti sa više aspekata, a jedan od najvažnijih u ovom slučaju je tehnološki. S tehnološkog aspekta kontejner je element u kojem se sjedinjuju jedinice tereta koje u prijevozu ostaju jedinstvene na cijelom prijevoznom putu od pošiljatelja do primatelja, očuvane u prvobitno formiranom obliku.

Najvažniji i propisani standardi odnosno uvjeti koja mora ispunjavati svaki ISO kontejner su:

- napravljeni na način da se brzo, sigurno i jednostavno pune i prazne
- napravljeni na način tako da se ubrza prijevoz robe jednim ili više prijevoznih sredstava bez indirektnog prekrcaja(pretovara)
- opremljeni uređajima pogodnim za brzo, sigurno i jednostavno rukovanje, posebice za pretovar (prekrcaj) s jednoga na drugo prijevozno sredstvo
- dovoljno čvrsti i izrađeni od postojanog materijala
- otporni na sve vremenske prilike i prikladni za višekratnu uporabu
- potpuno ili djelomično zatvoreni, ali da čine odijeljeni prostor namijenjen za smještaj robe, s najmanje jednim vratima (Rogić, 2019)



Slika 1: ISO kontejner

Izvor- <https://www.containex.com/hr/hr/kontejneri-i-moduli>

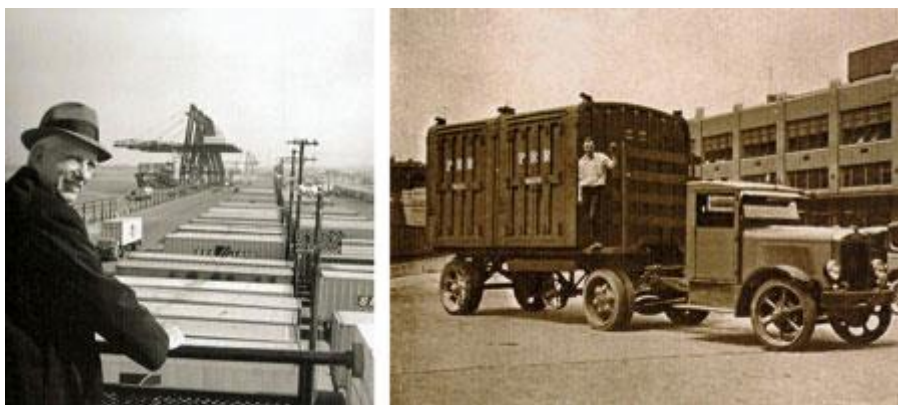
Kontejnerizacija je pojam koji predstavlja skup svih međusobno povezanih i uzajamno organizacijskih sredstava za rad i tehnoloških i tehničkih postupaka za automatizirano manipuliranje i transport okrupnjениm jedinicama tereta odnosno kontejnerima od sirovinske baze do samog potrošača. (Zelenika, 2001) Nagli rast kontejnerizacija proživljava još dan danas, a započeo je prije otprilike pedesetak godina kada se kao nešto novo i revolucionarno pojavila na transportnom tržištu i sa paletizacijom olakšala cjelokupni proces transporta. Afirmaciju je doživjela brzo i eksponencijalno u svim zemljama svijeta. Spomenuti kontejnerizaciju, a ne spomenuti integralni transport bio bi veliki propust jer se upravo kontejnerizacija smatra najvišim oblikom istog. Integralni transport je način transportne manipulacije pri čemu se roba ne ukrcava neposredno na transportno sredstvo nego se slaže na palete ili u kontejnere, tako da oni zajedno s robom postaju teret koji efikasno i racionalno mogu preuzeti sredstva svih oblika transporta tj. svih prometnih grana.

Kao jedan od osnovnih ciljeva ove suvremene transportne tehnologije nameće se poboljšanje i ubrzavanje transportnog procesa, naročito prekrcaja (na mjestima sučeljavanja više prometnih grana), i koji se uglavnom organizira suvremenim tehnologijama i pružanjem kompleksnih transportnih usluga "od vrata do vrata". (Zelenika, 2001)

Pored toga, kontejnerizacija pruža mogućnosti za ostvarivanje koordinacije i kooperacije između raznih prometnih grana. Takve a i sve ostale slične pogodnosti direktno utječu na smanjenje troškova transporta i ubrzavaju proces transporta što je od presudnog značaja za prijevoznike i korisnike prijevoza.

2.1. Povijesni razvoj kontejnerizacije i kontejnera

Prve ideje i zahtjevi koji su bili približni kontejneru javljaju se nakon Drugog svjetskog rata u Sjedinjenim Američkim Državama . U samim počecima to su bili robusni spremnici koji nisu imali neku značajnu iskoristivost ali su služili svrsi i mogli su se koristiti u više vrsta transporta. Prvi put kontejner je korišten kod transporta do Puerto Rica. Ideja o metalnom kontejneru rodila se u glavi američkog prijevoznika Malcolma McLeana - 1956, dok je beskonačno čekao na ukrcaj robe u svoj kamion, - pa je pomislio ne bi li bilo pametnije da umjesto tog sporog ukrcaja komad po komad tereta - jednostavno nekako montiraju čitav stražnji dio kamiona sa svim potrebnim teretom. (Executive, 2016)



Slika 2 : Malcolm McLean

Izvor- <https://www.qstockinventory.com>

Razvojem osnovnih sredstava za transport odnosno kontejnera te prijevoznih sredstava kao što su kontejnerski brodovi potaknuo je značajan razvoj kontejnerizacije. Počeci razvoja kontejnerizacije su vrlo komplicirani i postoje mnoga mišljenja, međutim, većina autora ističe da kontejnerizacija započinje 26. travnja 1956. godine. Tog dana ukrčan je prvi kontejner na palubu broda „Ideal X“. Ovaj preuređeni tanker, plovio je od Port Newarka do Houstona prevozeći 58 kontejnera od 33 stope. (Executive, 2016)

Nakon toga datuma svijet transporta se promijenio, već 1957. pojavljuje se prvi brod koji je bio posebno specijaliziran za prijevoz kontejnera, a zvao se „Gateway city“. Iako je danas to neusporedivo brod je za one standarde imao kapacitet za nevjerojatnih 226 kontejnera.

Jedno desetljeće bila je blaga stagnacija tehnologije do 1966. godine kada je izvršen prvi prijevoz kontejnerskim brodom preko Atlantika.

Do lagane pomutnje u svijetu kontejnerizacije došlo je 1965. godine kada je od strane ISO-a stigla službena potvrda oko standardizacije kontejnera. Naime kontejneri koji su se do tada

najviše koristili odnosno oni 35 stopni nisu dobili zeleno svjetlo za transport već su se standardizacijom na tržište plasirali kontejneri od 20 i 40 stopa kakve i danas poznajemo.



Slika 3: Gateway City- prvi specijalizirani kontejnerski brod

Izvor- Wikipedia.hr

2.2. Označavanje kontejnera

Kao i kod ostale transportne opreme, i označavanje kontejnera je nužni segment koji značajno olakšava identifikaciju.

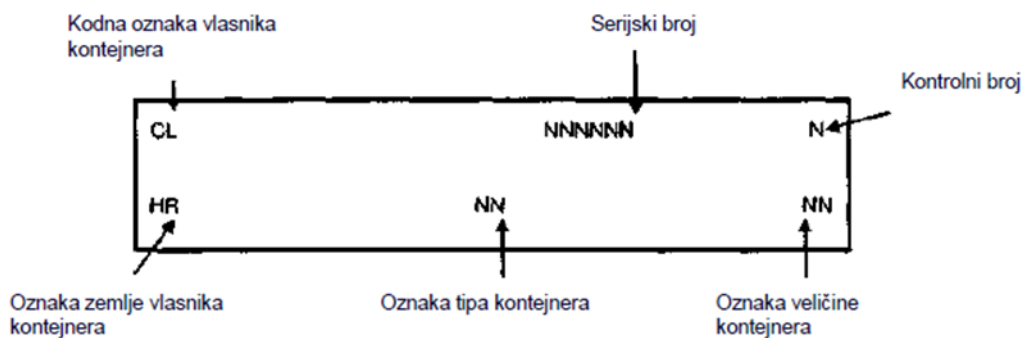
Prema konvenciji IMCO o sigurnosti kontejnera iz 1972. godine koja je poznata i kao “tablica sigurnosti”, pod nazivom CSC na svakom se kontejneru nalazi oznaka (slika 4.) i sadrži podatke o:

- nazivu zemlje koja je izdala priznanje o sigurnosti,
- datumu izrade kontejnera,
- identifikacijskom broju,
- najvećoj brutotežini i
- dopuštenoj težini pri slaganju. (Rogić, 2019)

Uz te podatke na kontejneru su i dopunske oznake kao:

- naziv zemlje kojoj pripada kontejner, oznaka vlasnika kontejnera,
- posebne oznake koje za vlastitu evidenciju postavlja vlasnik,

Na sljedećoj slici prikazan je način označavanja kontejnera.



Slika 4: Oznake na kontejneru

Izvor- Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika 1

2.3. Obilježja i podjela kontejnera

Kroz prethodni dio diplomskog rada već smo upoznali više vrste kontejnera koji se koriste u različitim prilikama i u različitim namjenama. Svaka vrsta kontejnera ima određene ciljeve i zadaće koje mora ispunjavati :

- da se rabi kao manipulacijsko-transportna,
- da ima sve značajke "karike" u neprekidnom transportnom lancu od proizvođača do potrošača (tj. "od vrata do vrata"),
- da se rabi kao jedinica tereta za uskladištenje i pakiranje jedinice tereta (Zelenika, 2001)

Najvažnija i najosnovnija podjela kontejnera dakako podjela je po njihovoj veličini pa iz prema tome dijelimo na male, srednje i velike kontejnere te prema namjeni na univerzalne i specijalne.

S obzirom na veličinu kontejneri se dijele na:

- male kontejnere
- srednje kontejnere
- velike kontejnere (Zelenika, 2001)

2.3.1. Mali kontejneri

Imaju zapreminu od 1 do 3 m³ i nosivost do 3000 kg. Rabe se u željezničkom nacionalnom i međunarodnom teretnom prometu. Prema standardima Međunarodne željezničke unije (UIC), mali se kontejneri dijele u tri kategorije, i to:

- A - unutarnje zapremine od 1,0 do 1,2 m³
- B - unutarnje zapremine od 1,2 do 2,0 m³
- C - unutarnje zapremine od 2,0 do 3,0 m³ (Rogić, 2019)

Ti su kontejneri izrađeni od drveta, od obloženog drveta s metalnim spojka ili od metala. Mogu imati pregrade ili rešetke za osiguranje tereta. U uporabi su otvoreni i zatvoreni kontejneri, univerzalni i specijalni kontejneri sa ili bez kotača (...).

2.3.2. Srednji kontejneri

Imaju korisnu zapreminu od 3 do 10 m³ i nosivost do 10.000 kg, a maksimalno su dugački do 6 m. U tu se skupinu ubrajaju i tzv. "pa"-kontejneri ("pa" = parteur anemage), koji su opremljeni uređajima za manipulaciju (tj. fiksnim kotačima) a prevoze se specijalnim željezničkim vagonima opremljenim uređajima za pričvršćivanje takvih kontejnera. (Rogić, 2019) Rabe se pretežito u željezničkom, a rjeđe u cestovnom nacionalnom i međunarodnom prometu. Ti kontejneri mogu biti univerzalni i specijalni, a građeni su od različitih materijala. Glavna karakteristika ovih kontejnera je opremljenost uređajima za manipulaciju odnosno takozvanim fiksnim kotačima. Najviše se koriste u Njemačkoj, Belgiji, Italiji i skandinavskim zemljama Danskoj i Finskoj.

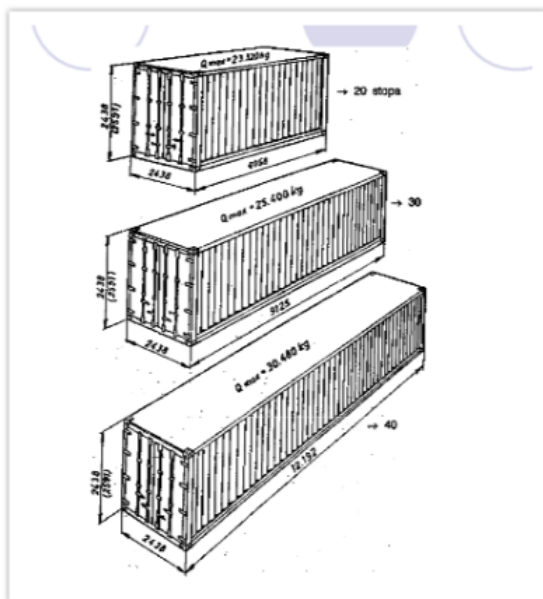
2.3.3. Veliki kontejneri

Imaju zapreminu veću od 3 m³ i vanjska duljina veća od 6 m. Vrlo se često nazivaju i transkontejnerima, jer se pretežito rabe u pomorskom prometu. Danas se najčešće rabe tri osnovne vrste transkontejnera prema ISO standardizaciji, i to: od 20, 30 i 40 stopa duljine i od po 8 stopa širine i visine. U USA rabe kontejnere i od 40 i 45 stopa.

Uvjeti koje moraju ispunjavati ISO-kontejneri koji vrijede za sve vrste kontejnera na bilo kojem području:

1. minimalan otpor cjelokupne konstrukcije pri proporcionalnom opterećenju osnovice kontejnera,
2. otpornost kontejnera na udare u tijeku prijevoza,
3. otpornost kontejnera pri slaganju jednog na drugog,
4. posjedovanje opreme (nauglice i dr.) za manipuliranje i pričvršćivanje kontejnera na transportna sredstva,

5. otpornost kotnejnara na naprezanja pri manipuliranju,
6. unutarnja nepropustljivost kontejnera. (Zelenika, 2001)



| Veličina kontejnera | DIMENZIJE (m) | | |
|---------------------|-----------------|--------|--------|
| | Duljina | Širina | Visina |
| 10 stopa | 3,06 | 2,44 | 2,44 |
| 20 stopa | 6,09 | 2,44 | 2,44 |
| 30 stopa | 9,12 | 2,44 | 2,44 |
| 40 stopa | 12,19 | 2,44 | 2,44 |

Slika 5: Tehnički parametri ISO kontejnera i prikaz dimenzija

Izvor- Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika 1

Najvažnija podjela kontejnera je ona prema namjeni , a podijeljena je u dvije skupine: univerzalni kontejneri i kontejneri za prijevoz posebnih vrsta roba.

2.3.4. Univerzalni kontejneri

Sam naziv univerzalni kontejneri govori kako se taj tip kontejnera koristi ponajprije za prijevoz robe pakirane u tvorničku ambalažu koja je u većoj mjeri namijenjena za široku potrošnju. Imaju konstrukcijske karakteristike da osiguraju uredno i sigurno punjenje i pražnjenje kontejnera seobom i prijevoz kontejnera s robom s mogućnošću pretovara (prekrcaja) s prijevoznog sredstva jedne na prijevozno sredstvo druge grane prometa. U većini prometno razvijenih zemalja univerzalni kontejneri čine i više od 75% cjelokupnog kontejnerskog fonda.

Univerzalni kontejneri obuhvaćaju više podskupina:

- kontejneri za opću uporabu- kontejneri koji su namijenjeni za smještaj, čuvanje i prijevoz raznih tereta. Ovaj oblik kontejnera karakteriziraju nepokretni elementi kao što su krov i pod , te najčešće jedna vrata koja se nalaze na bočnim ili čelnim stranama (slika 6.)

• kontejneri za posebne namjene- glavna značajka ove vrste kontejnera odnosi se na konstrukcijska rješenja koja omogućuju brže i jednostavnije manipuliranje. Kontejneri za posebne namjene mogu se podijeliti na : otvoreni kontejner, zatvoreni kontejner s provjetravanjem, kontejneri- platforme s otvorenim bočnim stranicama i s cjelokupnom nadogradnjom. (Zelenika, 2001)



Slika 6: Prikaz univerzalnog kontejnera

Izvor- <https://www.containex.com>

2.3.5. Specijalni kontejneri

Ova skupina kontejnera predstavlja kontejnere koji služe za prijevoz posebnih vrsta roba , a podijeljeni su u nekoliko vrsta , a najvažnije vrste su:

- kontejneri s izotermičkim obilježjima
- kontejneri – cisterne
- kontejneri za prijevoz rasutog tereta
- kontejneri za prijevoz drveta
- kontejneri za prijevoz praškastih roba

Kontejneri s izotermičkim obilježjima (Slika 7.) su kontejneri koji imaju izolirane zidove, vrata, pod i krov kako bi se u unutrašnjosti kontejnera zadržala potrebna temperatura (toplina ili hladnoća) bez obzira na temperaturu izvan kontejnera. Kontejneri s izotermičkim obilježjima, koji

nemaju vanjski izvor energije, mogu koristiti led, snijeg sa ili bez kontrole sublimacije ili tekuće plinove, sa ili bez kontrole isparivanja. Takvi kontejneri mogu, dakle, biti opremljeni s uređajima za hlađenje i/ili uređajima koji proizvode toplinu. Već su desetak godina u uporabi frigo kontejneri s kompjutorima, koji reguliraju temperaturu odgovarajućim programima ovisno o vrsti robe koja se u njima prevozi.

Kontejneri-cisterne za prijevoz roba u tekućem i plinovitom stanju imaju dva osnovna elementa, i to:

- cisternu (ili cisterne), odnosno specijalnu posudu sa cjevovodima i cijevnim zatvaračima koja je namijenjena za punjenje, prijevoz i pražnjenje robe u tekućem i/ili plinovitom stanju i
- okvir s dijelovima koji štite cisternu i prenose statička i dinamička opterećenja prilikom utovara, pretovara, prijevoza i istovara kontejnercisterni, odnosno njihovog učvršćivanja na prijevozna sredstva. (Rogić, 2019)

Ti kontejneri vrlo uspješno zamjenjuju klasičnu ambalažu za prijevoz roba u tekućem ili plinovitom stanju (npr. staklenih posuda, bačava i si.), ali i željeznička i cestovna vozila - cisterne.



| | FRIGO 20' | | FRIGO 40' | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| UNUTRAŠNJA DUŽINA | 17'8" | 5.38 m | 37'8" | 11.48 m |
| UNUTRAŠNJA ŠIRINA | 7'5" | 2.26 m | 7'5" | 2.26 m |
| UNUTRAŠNJA VISINA | 7'5" | 2.26 m | 7'2" | 2.18 m |
| ŠIRINA VRATA | 7'5" | 2.26 m | 7'5" | 2.26 m |
| VISINA VRATA | 7'3" | 2.20 m | 7'0" | 2.13 m |
| KAPACITET | 1,000 ft ³ | 28.31 m ³ | 2,040 ft ³ | 57.76 m ³ |
| TEŽINA KONTEJNERA | 7,040 lb | 3,193 kg | 10,780 lb | 4,889 kg |
| TEŽINA TOVARA MAX. | 45,760 lb | 20,756 kg | 56,276 lb | 25,526 kg |

Slika 7: Prikaz i dimenzije kontejnera s izotermičkim obilježjima

Izvor- zir.nsk.hr

2.3.6. Tereti koji se prevoze u kontejnerima

Otkrićem većeg broja suvremenih transportnih tehnologija svijet transporta postao je „komfor“ zona za transport različitih vrsta tereta. Svaka suvremena transportna tehnologija više teži određenoj vrsti tereta koji se njom prevozi odnosno transportira pa je tako i slučaj kod kontejnerizacije. U kontejnerima se prevoze raznovrsni tereti koji se klasificiraju prema različitim kriterijima. Tereti se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: klasični tereti, specijalni tereti.

Klasični tereti su generalni tereti koji se javljaju u pomorskom transportu: tereti u vrećama, bačvama, balama, sanducima, kutijama, krletkama, svežnjevima; automobili, alatni, poljoprivredni i pogonski strojevi s rezervnim dijelovima; uređaji koji se upotrebljavaju u kućanstvu, razni poluproizvodi, odljevci kovina, profili, cijevi, daske, grede, igle; kamen, mramor i ostali građevinski materijali; gume, tekućine u posudama, konzerve, proizvodi tekstilne industrije, obuća, vuneni proizvodi, namještaj, papir, celuloza itd. Ova skupina tereta dalje će se razvrstavati prema ambalaži i načinu pakiranja. (Rogić, 2019)

- tereti u vrećama- Prevoze se u jutenim, papirnim ili plastičnim vrećama koje se pravilno slažu u kontejnere. Nepravilno složene vreće mogu deformirati bočne stijenke kontejnera i izazvati izbočenja što može dovesti do teškoća prilikom slaganja kontejnera na brodu.

- tereti u balama- Najčešće se koristi za prijevoz tekstila, kože, vune, papira, jute i sličnih proizvoda. Ukrcaj u kontejnere se treba obaviti pažljivo kako ne bi došlo do oštećenja vanjskog zaštitnog omotača.
- tereti u kartonskim kutijama (prikaz slika 8.)- Ovaj način koristi se za prijevoz lakih tereta, konzerva, boca, lomljivih tereta i dr. Relativno veliki postotak vlage doveo je do izrade plastičnih kutija koje imaju bolja svojstva u odnosu na kartonske kutije. Loša svojstva kartonskih kutija odnose se na visoki stupanj upijanja vlage što je opasno ako se u kutijama prevoze limenke.
- tereti u sanducima i košarama- Najčešće su to drveni sanduci u koje se pakiraju laki i teški, krhki, lomljivi te robusni tereti. Prilikom slaganja potrebno je voditi računa da se teški tereti čvrste ambalaže slažu na dno kontejnera, a lakši tereti se slažu na njih.
- tereti u bačvama (prikaz slika 8.)- Najčešće se prevoze tekućine, prašinski i zrnati materijali, ali se mogu prevoziti i neki kruti materijali. Bačve za prijevoz robe slažu se u kontejnere i mogu biti drvene i limene. Razlikuju se u tome da su drvene bačve uvijek okovane čeličnim obročima dok limene mogu ali i ne moraju. Također

razlikuju se i po načinu slaganja u kontejner. Drvene bačve slažu se u kontejner po dužini a limene bačve slažu se u kontejner u uspravnom položaju.



Slika 8: Tereti u bačvama i kutijama

Izvor- Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika I

2.4. Prednosti i nedostaci kontejnerizacije

Prednosti i nedostaci sastavni su dio svake suvremene transportne tehnologije. Isticanje prednosti no i jasno prikazani nedostaci jedini su put ka savršenom transportu prvenstveno zbog poboljšanja brzine i točnosti transporta. Uočavanjem najvećih prednosti i nedostatka mora se konstatirati što je to zapravo cilj kontejnerizacije te kakve mogućnosti pruža. Osnovni cilj kontejnerizacije kao procesa upotrebe kontejnera je poboljšavanje i ubrzanje transportnog procesa, posebno prekrcaja (na mjestima sučeljavanja više prometnih grana), koji se uglavnom organizira suvremenim tehnologijama i pružanjem transportnih usluga "od vrata do vrata". Kontejnerizacija pruža mogućnosti za ostvarivanje koordinacije i kooperacije između raznih prometnih grana. Sve ove pogodnosti utječu na smanjenje troškova transporta i ubrzanje procesa transporta, što je od značajno i za prijevoznike i za korisnike prijevoza.

Prednost i nedostatak kao pojam u logistici uvijek možemo sagledati iz dva najvažnija aspekta odnosno iz aspekta samog prijevoznika te iz aspekta korisnika prijevoza. (Rogić, 2019)

Prednosti kontejnerizacije s **aspekta prijevoznika** su :

- ubrzavanje tehnoloških operacija u transportnom lancu,
- smanjenje potreba za ručnim radom,
- smanjenje troškova manipulacije po jedinici transportnog rada,
- višestruko skraćanje vremena ukrcaja, prekrcaja i iskrcaja,

- skraćanje vremena obrta transportnih sredstava i kontejnera uz povećanje brzine dostave robe,
- povećanje broja obrta vozila i kontejnera,
- povećanje stupnja iskorištenja nosivosti transportnih sredstava i
- mehanizacije,
- univerzalna primjena jedinstvene tehnologije na cijelom prijevoznom putu

Prednosti kontejnerizacije s **aspekta korisnika prijevoza:**

- ušteda u troškovima pakiranja i osiguranja robe,
- mogućnost horizontalnog i vertikalnog manipuliranja,
- zaštita robe od negativnih utjecaja,
- pojednostavljenje komercijalnih i carinskih operacija
- mogućnost korištenja za posebne vrste roba (specijalni kontejneri)
- uštede u troškovima skladištenja i dr.

Svijet transporta doživio je preporod upotrebom kontejnerizacije, no i ona kao takva sadži određene nedostatke koji su u nekoj mjeri više ili manje vidljivi.

Osnovni **nedostaci** kontejnerizacije:

- visoke investicije za sredstva i infrastrukturne objekte,
- otežane dispozicije kod usklađivanja veza u redovima vožnje,
- zahtijeva se određen intenzitet robnih tokova,
- potreban je jedinstven nivo tehnologije,
- znatna financijska sredstva i druge mjere radi razvoja ove
- tehnologije,
- problem distribucije praznih kontejnera i osiguravanja povratnih
- ukrcanih vožnji,
- djelimično odricanje od vlastite autonomije pojedinih prometnih grana,
- problem disponiranja praznih kontejnera na mreži,
- prilagođavanje ispunjenju carinskih i drugih državnih propisa. (Rogić, 2019)

3. Brodovi za prijevoz tereta

Kontejnerski brod je pojam koji predstavlja teretni brod koji prevozi sav svoj teret u kontejnerima, uz pomoć tehnike koja se naziva kontejnerizacija. Kao takvi kontejnerski brodovi su sredstvo koje se prvenstveno koristi glede komercijalnog intermodalnog teretnog prijevoza i sada prevoze većinu pomorskih ne rasutih tereta dok se rasuti teret poput ugljena ili pšenice prevozi brodovima za prijevoz takve vrste tereta, tj. brodovima za rasuti teret.

Kontejnerski brodovi su konstruirani tako da mogu prevoziti velike količine tereta i zato je bitno optimizirati konstrukciju (potpogavlje 3.1) kako bi se smanjila masa i krutost. Ovisno o konstrukciji broda, oni mogu imati samo jednu palubu ili je uopće ne imati. Ukoliko brod nema palubu to dodatno pojednostavljuje proces ukrcaja i iskrcaja tereta. (Rudić D, 2005)

Kao i kod drugih transportnih tehnologija tako i u kontejnerizaciji postoji veća i manja transportna sredstva odnosno različitih veličina. Brodovi različitih veličina raspoređeni su po rutama s obzirom na količinu robe koju moraju prevoziti. Brodovi s kapacitetom od oko 1.000 TEU-a odnosno manji kontejnerski brodovi prikladni su za feeder usluge, dok veći brodovi odnosno brodovi matice kapaciteta većih od tisuću TEU-a mogu ploviti na prekooceanskim rutama.

Feeder servis je namijenjen za prikupljanje kontejnera i opskrbe sa velikih matičnih kontejnerskih brodova kako bi se izbjegao njihov poziv na previše luka. U posljednjih dvadeset godina došlo je do značajnih promjena u veličini feeder brodova. Od početnih 100 do 300 TEU, kapacitet najmodernijih feeder brodova penje se i do 1.000 TEU. (Rudić D, 2005)

Prema posljednjim podacima kontejnerskim brodovima prevozi se čak oko 90% ne rasute robe u cijelom svijetu, a najveći kontejnerski brodovi imaju kapacitet do 23 000 TEU-a . Posljednjih godina kontejnerski brodovi jedini su konkurenti po veličini najvećim tankerima svijeta i slove kao najveća komercijalna plovila na moru.

Kao što i samo ime govori, plovilo strukturirano posebno za držanje ogromnih količina tereta zbijenog u različitim vrstama kontejnera naziva se kontejnerskim brodom. Proces prijevoza tereta u posebnim kontejnerima poznat je pod nazivom kontejnerizacija.

Kontejnerski brodovi rade jednu od najmoćnijih metoda prijevoza robe. Ti su brodovi omogućili istovremeno prijenos velikih količina tereta i učinkovito su promijenili globalnu trgovinu.



Slika 9: Prikaz kontejnerskog broda

Izvor- brodosplit.hr

Zahtjev za što većim kontejnerskim brodovima javlja se zbog potražnje na tržištu, povećanja nosivosti kontejnera, povećanja operativne učinkovitosti i poboljšanja procesa zaštite okoliša što je u 21. stoljeću jedan od glavnih ciljeva ove vrste transporta. Podacima iz prošlosti možemo iščitati kako se je nosivost kontejnera kroz povijest povećala za čak 1200% u odnosu na 1968. godinu kao okosnicu prvog kontejnera i prijevoza takvom tehnologijom. Od tada pa sve do danas, brodovi su postali tehnološki napredniji i štedljiviji.

Pokretanje broskog kontejnera predstavlja jedan od najznačajnijih događaja u pomorskoj industriji tereta. Kontejnerski brodovi, vrsta teretnog broda, revolucionirali su način na koji se zalihe tereta prevoze i dovoze u zemlje diljem svijeta, pružajući sigurnost u prijevozu tereta. Neke od najvećih brodarskih kompanije danas se uglavnom bave kontejnerskim oblikom tereta. (Notteboom, 2016)

Kao što je već ranije kroz diplomski rad objašnjeno dvije su glavne vrste suhog tereta: rasuti teret i razbiti rasuti teret. Rasuti tereti, poput žita ili ugljena, prevoze se nepakirani u trup broda, uglavnom u velikom volumenu. S druge strane, rasuti tereti prevoze se u paketima i uglavnom su to proizvedena roba. Ranije kroz povijest odnosno davnih 1950. godina lomljeni predmeti i tereti ukrcavali su se, vezali, odvezivali i iskrcavali s broda jedan po jedan komad. Međutim, grupiranjem tereta u kontejnere, odjednom se premješta od 1.000 do 3.000 kubičnih stopa (28 do 85 m³) tereta ili do oko 29.000 kg, a svaki kontejner jednom se na standardiziran način učvršćuje na brodu. (Notteboom, 2016)

Pojava kontejnera i kasniji razvitak kontejnerizacije je uvelike pripomogla učinkovitosti premještanja tereta, ponajviše govoreći o rasutim teretima, smanjujući vrijeme ukrcanja te iskrcanja, odnosno kompletne otpreme tereta za 84% i troškove otpreme navedene vrste tereta za 35%.

Podaci govore da se 2001.godine više od 90% svjetske trgovine robe koja nije u rinfuzi prevezlo upravo u ISO kontejnerima, dok se 8 godina kasnije dolazi do podataka da je gotovo jedna četvrtina suhog tereta na svijetu otpremljena upravo ovim načinom prijevoza (kontejnerom), taj podatak procjenjuje da se 125 milijuna TEU ili 1,19 milijardi tona tereta 2009.godine prevezlo uz pomoć kontejnerskog prijevoza.

3.1. Podjela kontejnerskih brodova i tehnike prekrcaja

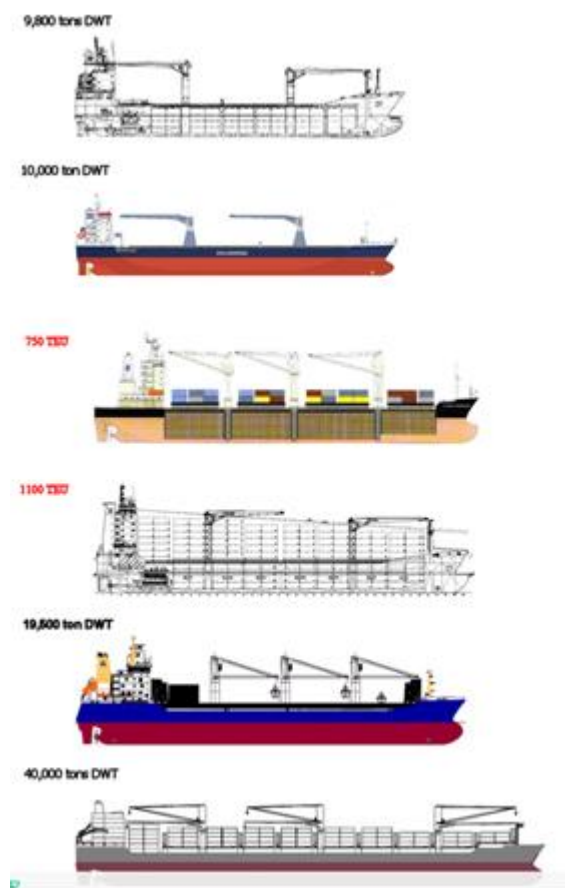
Prije obrade same teme diplomskog rada važno je definirati podjelu kontejnerskih brodova:

- Klasični trgovački brodovi
- Preuredivi kontejnerski brodovi
- Djelomično kontejnerski brodovi
- Potpuno kontejnerski brodovi. (Rogić, 2019)

Brodovi za prijevoz kontejnera se dijele u 3 glavne skupine ovisno o tehnici prekrcaja.

1. LO-LO tehnika. Tu skupinu kontejnerskih brodova čine LO-LO brodovi (podigni)-(spusti) za koje je karakterističan vertikalni ukrcaj i iskrcaj kontejnera s robom pomoću lučke mehanizacija odnosno velikih mosnih dizalica sa kopna ili broda na specijalne, univerzalne, kombinirane ili višenamjenske brodove. Ovakva tehnologija transporta počela se primjenjivati prva u pomorskom prometu. U početku se ona primjenjivala na primitivan način odnosno uglavnom manualnom radnom snagom ili primitivnim sredstvima za rad (dizalicama, vitlima) vrlo male nosivosti i brzine. LO-LO brodovi (slika 10.) mogu se podijeliti u podskupine:

- Potpuno kontejnerski brodovi koji se koriste isključivo za prijevoz kontejnera. Ovu skupinu kontejnerskih brodova smatra se najboljom za prijevoz kontejnera, u odnosu na sve ostale vrste.
- Djelomično kontejnerski brodovi koji su građeni za prijevoz generalnog tereta, ali posjeduju opremu i kapacitet za prijevoz kontejnera.
- Preuredivi kontejnerski brodovi- vrsta broda koji se osim za prijevoz nekontejneriziranog tereta mogu preurediti i za prijevoz kontejnera.
- SEA- TRAIN brodovi- ovu vrstu broda karakteriziraju tračnice pomoću kojih se teret pomiče s jednog na drugi kraj broda.
- Klasični trgovački brodovi- oblik broda koji ne posjeduje uređaje za smještaj, pričvršćivanje i manipulaciju kontejnera pa ih prevozi kao klasičan teret.



Slika 10: LO-LO brodovi

Izvor- GlobalSecurity.org

2. tehniku predstavljaju RO-RO brodovi (dokotrljaj) – (otkotrljaj) za koju je karakterističan horizontalan ukrcaj i iskrcaj najčešće utovarenih kopnenih transportnih sredstava. Ukrcaj i iskrcaj većinom se izvodi pomoću viličara ili mosnim traktorom preko ukrcajne rampe, koja spaja brod sa obalom ili skladištem. Takav tip brod može se upotrijebiti i za sjedinjeni teret i za krcanje na kotačima što je u današnje vrijeme više korišteno i karakteristično , a klasificira se prema osnovnoj namjeni u projektu. Primjer takvih vozila mogu biti: utovareni kamioni i prikolice, utovareni autobus s putnicima, utovareni spavači vagoni s putnicima i dr.

3. tehniku predstavljaju FO- FO brodovi- ovu skupinu kontejnerskih brodova čine FO- FO brodovi (doplutaj)- (otplutaj) za koju je karakterističan horizontalni ili vertikalni način prekrcaja kontejnera na LASH brodove. Prekrcaj kontejnera obavlja se tako da se kontejneri najprije ukrcaju na barže ili teglenice a nakon toga zajedno na LASH brodove. Tri najvažnije skupine tih brodova su: klasični LASH brodovi , SEA-BEE brodovi i BACAT brodovi.

Prvi dio teme diplomskog rada bazira se na potpuno kontejnerskih brodovima. Oni spadaju u 1. skupinu tehnika prekrcaja, odnosno tehnika koja se koristi prilikom njihovog prekrcaja je LO-LO tehnika. U nastavku rada proučavati će se klase kontejnerskih brodova koje ovise o njihovoj

veličini koja se mijenjala tijekom generacija razvoja kao i njihov kapacitet te će se u cijelosti razlike koje se javljaju pri pojedinoj generaciji pobliže tumačiti. (Rogić, 2019)

3.2. Kontejnerski terminali

Pojam koji predstavlja glavnu sponu na transportnom putu robe od proizvođača do potrošača te istovremeno služi iza preradu, doradu, prepakiranje, razvrstavanje, uzorkovanje, carinjenje i druge usluge vezane uz robu naziva se kontejnerski terminal. Na terminalu se roba zaštićuje od atmosferskih utjecaja, održava u ispravnom stanju i obavlja koncentracija i distribucija robe.

Osnovna podjela kontejnerskih terminala podijeljena je u tri osnovna kriterija: Integralni i granski terminali, Tehnološko-specijalizirani terminali, Lučki (pomorski) i kopneni terminali (robno-transportni centri). (Rogić, 2019)

Kontejnerski terminali javljaju se kao spona odnosno mjesta na kojima se susreću dvije ili više prometnih grana radi dovoza ili predaje, preuzimanja i odvoza robe za transport, odnosno mjesta za skladištenje i dr. Služe se isključivo transportnim uređajima—kontejnerima, pomoću koji stvaraju okrupnjene jedinice te olakšavaju ukrcaj, iskrcaj, transport te manipuliranje robom. Jedan od glavnih ciljeva terminala je zaštita robe od atmosferskih utjecaja te uzdržavanje robe u ispravnom stanju. Drugi važni cilj temelji se na koncentraciji i distribuciji robe.

Lučki kontejnerski terminali su dio luke namijenjen prekrcaju kontejnera između morskih i kopnenih prijevoznih sredstava s mogućnošću izravnog ili neizravnog rukovanja. U današnje vrijeme, većina tehnoloških procesa koji se pojavljuju na lučkim terminalima temelji se na posrednom rukovanju kontejnerima. Taj oblik rukovanja kontejnerom znači da se uključuje boravak na slagalištu.

Efikasnost funkcioniranja kontejnerskih terminala podrazumijeva koordiniran rad kontejnerskih prekrcajnih mostova i kontejnerskih prijevozno-prekrcajnih sredstava (mosne dizalice na kotačima ili tračnicama -transtainers; portalni prijenosnici malog raspona - stradle carriers; itd.). Intenzivno povećanje obujma prekrcaja kontejnera zahtijevalo je povećanje brzine protoka kontejnera kroz luku što se postiglo automatizacijom radnih procesa, uvođenjem cjelovitog upravljačkog sustava i kontrole kompletnog prekrcajno-prijevoznog sustava.

S obzirom na tržište logičan je zaključak da većina najvećih kontejnerskih luka i terminala smještena u Aziji odnosno u Kini. Od 10 najvećih terminala u svijetu čak ih je 6 smješteno u Kini.

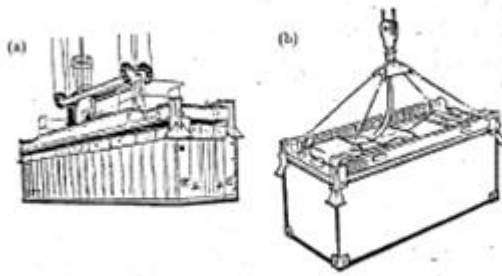


Slika 11: Kontejnerski terminal u Kini (Shanghai)

Izvor- <https://www.marineinsight.com/know-more/10-major-ports-in-china/>

3.2.1. Prekrcajna mehanizacija na kontejnerskim terminalima

Jedan od ključnih čimbenika kod svake suvremene transportne tehnologije su sredstva za prekrcaj i manipulaciju robe. Razina tehnologije i tehnološkog aspekta sredstava izrazito je važna za brzinu i pouzdanost manipulacija u kontejnerskim terminalima. Kvalitetna usluga koju pruža prekrcajna mehanizacija podrazumijeva pružanje pravilnog smještaja i rukovanja teretom, njegovo čuvanje te da radna postrojenja imaju odgovarajuću opremu u ovom slučaju mehanizaciju. Modernizacija prekrcajne mehanizacije automatski se odražava na bolju i kvalitetniju uslugu transporta. Modernizacija i nabavljanje novih strojeva za prekrcaj robe za sobom povlače velike troškove, stoga treba procijeniti da li se isplati nabavljati neki stroj i da li će se kroz neko određeno vrijeme njegovim radom vratiti sva uložena sredstva uz dodatno ostvarenje profita. Za prekrcaj i prijenos kontejnera u lukama najčešće se koriste specijalne kontejnerske ili portalne dizalice na obali, viličari, pokretne dizalice na pneumaticima ili tračnicama, kontejnerski jahači i autotegljači s prikolicama na lučkom području. Svi ovi uređaji uglavnom su opremljeni specijalnim zahvatnim elementom (slika 12.) za kontejnere tzv. spredrom. (Rogić, 2019)



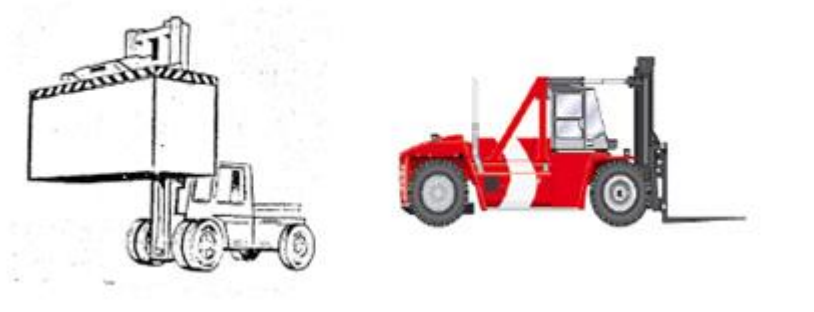
Slika 12: Specijalni zahvatni elementi kod prekrcaja

Izvor- Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika 1

Pod dizalicama i prijenosnicima podrazumijevaju se sredstva koja se primjenjuju kod prekrcaja i prijenosa većih jedinica tereta, odnosno transportnih uređaja u operativnim zonama manipulacije ili smještaja. Tako se na lučkim kontejnerskim terminalima za prekrcaj kontejnera upotrebljavaju obalne kontejnerske dizalice, lučke mobilne dizalice te prijevozno-prekrcajna sredstva kao što su: portalni prijenosnik velikog raspona, portalni prijenosnik malog raspona, bočni prijenosnik, bočni viličar, čeonu viličar, autodizalice, traktori, hvatač kontejnera.

Osim dizalica i prijenosnika neizostavna sredstva manipulacije i prekrcaja su viličari. Na današnjem stupnju razvoja tehnologije prometa postoje i koriste se razne vrste i tipovi viličara. Viličari se mogu svrstati u 2 osnovne skupine : čeonu i bočni.

Čeonu viličar (slika 13.) je zasigurno jedan od najrasprostranjenijih motornih viličara današnjice. Razlog tome je vrlo laka upravljivost, relativno niska cijena te vrlo velika produktivnost i fleksibilnost. Za rad na kontejnerskim terminalima upotrebljavaju se viličari nosivosti 300 do 500 Kn. (Rogić, 2019)



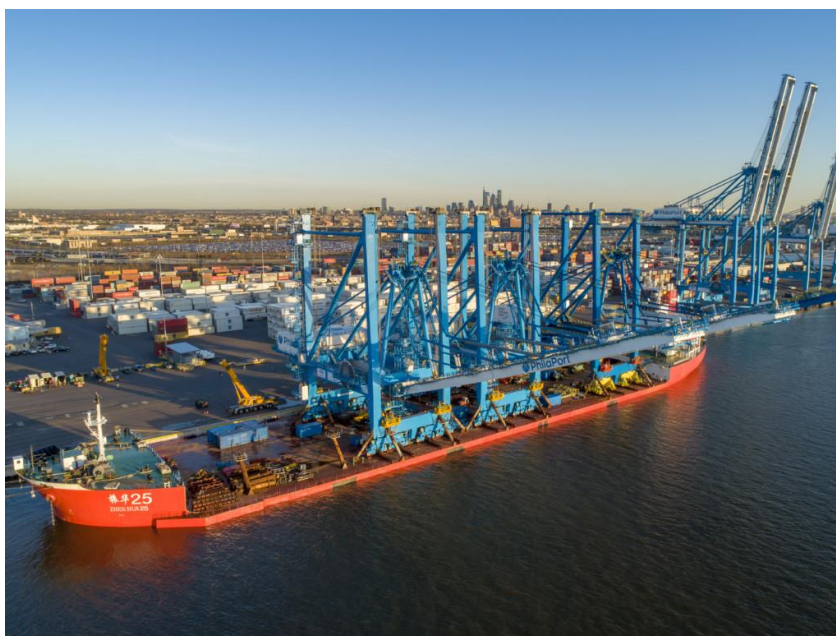
Slika 13: Čeonu viličari koji se koriste u kontejnerskim terminalima

Izvor- Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika 1

Pod kontejnerskim dizalicama (slika 14.) razumijevaju se sredstva za manipulacije, koja se koriste za pretovar velikih tzv. transkontejnera. Za manipulacije s malim kontejnerima upotrebljavaju se različite vrste viličara. Dimenzije i raspon dizalica ovise o tomu radi li se o lučkom ili kopnenom (kontinentalnom) terminalu, o širini brodova koje treba uslužiti, o broju željezničkih kolosijeka, cestovnih prometnica i odlagališnih trakova.

Dizalice se mogu podijeliti na tri vrste:

- Panamax dizalice: mogu utovariti-istovariti kontejnere sa kontejnerskih brodova koji mogu proći kroz Panamski kanal, odnosno brodove između 12 i 13 kontejnerskih redova
- Post Panamax dizalice: mogu u potpunosti utovariti-istovariti kontejnere sa kontejnerskog broda koji je preširok za prolaz kroz Panamski kanal, odnosno do 18 kontejnerskih redova
- Super-Post Panamax: najmodernije kontejnerske dizalice nose ovaj naziv za kontejnerske brodove koji imaju 22 i više kontejnerskih redova. Ove dizalice su u mogućnosti istovremeno utovarati – istovariti dva 20 stopna kontejnera. Najnovije kontejnerske dizalice ovog tipa imaju kapacitet dizanja 120 t što omogućava istovremeno dizanje 4 x 20 stopna kontejnera ili 2 x 40 stopnih kontejnera (Rogić, 2019)



Slika 14: Super Post panamax dizalice

Izvor- <https://www.philaport.com>

3.3. Standardna konstrukcija i građa kontejnerskog broda

Konstrukcija broda jedan je od najvažnijih obilježja modernih kontejnerskih brodova. Tijekom same izrade konstrukcije važno je istovremeno razmišljati na više čimbenika, a to su : vrsta tereta, luke ukrcaja i iskrcaja, funkcionalost broda te ekonomski trend na tržištu.

Osnovni cilj kod izrade kontejnerskog broda je što više smanjiti krutost i masu cjelokupnog broda , a to nije lako s obzirom da su to brodovi koji se pretežito koriste za prijevoz velike količine tereta, a ključna riječ u svemu je pravilna optimizacija. Kapacitet im se mjeri u TEU (engl. Twenty foot Equivalent Unit) koja odgovara standardnom 20-stopnom kontejneru.

Osnovna karakteristika kontejnerskih brodova su skladišta s posebnim ćelijama za svaki kontejner. Jednostavne su strukture te nemaju međupalube ni otvore. Manji, feeder brodovi su opremljeni sa vlastitim dizalicama dok veliki kontejnerski brodovi nemaju vlastitu opremu za rukovanje teretom kako bi se prostor mogao iskoristiti za smještaj što više kontejnera. Svi kontejnerski brodovi su otvorene konstrukcije kako bi se omogućio slobodan ukrcaj/iskrcaj kontejnera. (Sjever, 2019)

Ključan dio konstrukcije svakog kontejnerskog broda je geometrija trupa. Prosječna brzina kontejnerskih brodova je 24 čvora. Da bi se ta brzina postigla, otpor trupa se treba svesti na minimum, odnosno trup mora imati mali koeficijent plovnosti koji je u rasponu od 0.6-0.7. To se postiglo konstrukcijom sa dvije oplata (dva trupa). Veliki balastni tankovi su neophodni na ovim brodovima jer sprječavaju progib i progib broda.

Većina površine palube je prekrivena masivnim grotlima koji služe kao potpora složenim kontejnerima. Grotla na palubi zauzimaju i do 80% širine broda u koja se mogu smjestiti tri do četiri reda kontejnera. Na kontejnerskim brodovima se koriste podizni čelični pontoni koji se postavljaju i skidaju sa brodskim ili obalnim dizalicama. Pontoni su poklopci grotala koji ih pokrivaju bez dodatnih nosača. Za smještaj kontejnera bitno je da je gornja ploha poklopca grotla ravna.



Slika 15: Konstrukcija brodskog trupa

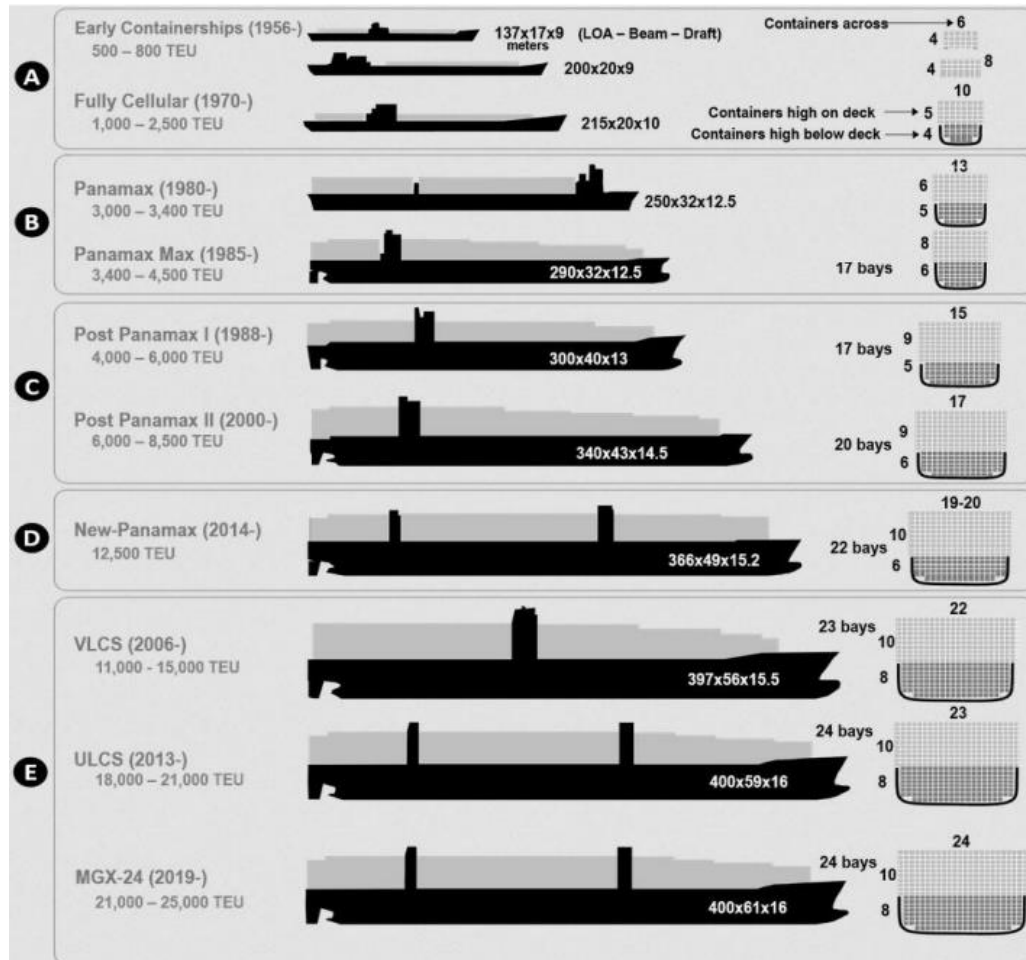
Izvor: <http://www.wired.co.uk/gallery/ship-gallery>

Današnja izrada broda nerijetko se obavlja bez poklopaca grotla skladišta što je omogućilo ekonomičnije rukovanje teretom, a kao supstitut javljaju se čelične vodilice. Njihovom se primjenom unaprijedio kapacitet broda, brzina ukrcaja i iskrcaja te učinkovitost. Ovi brodovi su opremljeni laganim čeličnim krovovima koji štite i brod i kontejnere od velikih kiša. Osim čeličnih krovova, opremljeni su i kaljužnim pumpama koje crpe vodu iz otvorenih skladišta. (enciklopedija, 2022)

Vrlo važan element u izradi konstrukcije broda je vidljivost s brodskog mosta. Teret koji prevozi brod ni na koji način ne smije utjecati na sigurnost odnosno krajnu vidljivost sa palube. Nadgrađa na kontejnerskim brodovima su visoka i uska kako bi se optimizirao teretni prostor. Suvremeni kontejnerski brodovi odmiču nadgrađa od krme prema sredini broda jer su takva nadgrađa osjetljiva na vibracije uzrokovane radom propelera, a upravo zbog pomaknutih nadgrađa kontejneri se mogu slagati do njihove pune visine.

4. Razvitak kontejnerskih brodova prema generacijama

Kontinuirani razvoj temelj je uspješnosti svakog gospodaraskog pothvata i procesa posebno kad se on gradi temeljito kroz godine. Takav razvoj doživljavala je kontejnerizacija i kontejner. Kontejner je kao sredstvo prolazilo kroz mnoge razvojne faze, a te faze kasnije su klasificirane kao generacije. Svaka generacija razvitka podrazumijeva i razvitak kontejnerskih brodova koji se razlikuju po svojim kapacitetima, duljinom, širinom te svojim konstrukcijskim specifikacijama. (Perišić, 1997)



Slika 16: Generacije kontejnerskih brodova

Izvor: <https://transportgeography.org/contents/chapter5/maritime-transportation/evolution-containerships-classes/>

Iz prethodne slike možemo iščitati da se kontejnerski brodovi dijele u 5 skupina odnosno u 8 generacija različito raspoređenih u pojedinim skupinama. Osnovna razlika između generacija javlja se kod veličine brodova odnosno širine i dužine i kapaciteta broda. Daljni dio diplomskog rada posvećen je detaljnoj analizi brodova kroz generacije.

4.1. I. generacija

Prvu generaciju brodova čine uglavnom brodovi koji su doživljeli prenamjenu iz tankerskog broda u kontejnerski brod te brodovi za rasute terete pod nazivom konvertirani brodovi. Kao takvi nespješalizirani brodovi za kontejnere, nosivost im je bila na zavidnom nivou s obzirom na prenamjenu, a ona je iznosila od 500 do 800 TEU-a. Takvi brodovi su imali na sebi dizalice s kojima bi ukrcavali i iskrcavali teret s broda i na njega radi toga što u to doba lučka postrojenja još nisu bila opremljena istim. Brzina takvih brodova kretala se je od 18 do 20 čvorova. Najveći problem kod ukrcaja i iskrcaja javljao se kod manipulacije kontejnera zbog toga što je takva vrsta broda mogla krcati kontejnere samo na konvertirajuće palube.

Kao što je već ranije spomenuto u radu „Ideal X“ smatra se prvim komercijalnim brodom za prijevoz kontejnera kompanije „The Marinship Corporation“. Mogao je prenijeti kapacitet od 58 TEU-a te je njegova duljina bila 160 m, dok mu je visina bila 21 m. Dužina kontejnera koja se tada koristila bila je 35', dužina tadašnje kamionske prikolice. (Mišković, 2015)



Slika 17: Prvi prenamjenski kontejnerski brod „Ideal X“

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Ideal_X

4.2. II. generacija

Šezdesetih godina prošlog stoljeća 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). (Mišković, 2015) Brodovi druge generacije se sastoje od ćelija gdje se kontejneri slažu u redove i stupce po cijeloj dužini broda. Za razliku od prve generacije u kojoj su kontejneri bili smješteni samo na palubi broda, zahvaljujući ćelijama namjenjenima za slaganje kontejnera kod ove generacije brodova kontejneri se skladište i u

prostoru skladišta ispod glavne palube. Ovakav način gradnje omogućuje smještaj kontejnera po cijelom brodu. S vremenom, došlo je do gradnje specijaliziranih kontejnerskih terminala, pa su se brodske dizalice počele uklanjati s brodova što je dodatno povećalo kapacitet brodova. Međutim, dizalice su zadržane na onim brodovima koji su plovili prema lukama koje nisu imale izgrađenu potrebnu lučku infrastrukturu za rukovanje kontejnerima. Prosječna duljina kontejnerskih brodova druge generacije je bila 215m, gaz do 10m, a nosivost je bila od 1000-2500 TEU. Došlo je i do povećanja brzine sa 20 na 24 čvora, što je i danas standardna brzina kontejnerskih brodova.



Slika 18: Kontejnerski brod druge generacije u ranim fazama razvoja (Fairland)

Izvor: <https://www.shipsnostalgia.com/media/fairland.364391/>

4.3. III. Generacija

Treća generacija kontejnerskih brodova uvelike je bila pokrenuta ekonomskim razvojem i gospodarstvom. Kontejnerizacija je kao tehnologija rasla iz godine u godinu i bili su potrebne značajne promjene. Kod ove faze prvi put se javlja detaljna analiza kontejnerskog prometa i prijevoza zbog reguliranja cijene. Prometni inženjeri su zaključili da ukoliko prevezu više kontejnera po jednome brodu istovremeno će cijena pasti po jednom TEU-u. Ovu generaciju obilježio je brod „Neptune Garnet“ koji je maksimalnih dimenzija (duljina broda 290 m, širina broda 32,2 m i gaz do 12,05 m) mogao proći Panamskim kanalom te je upravo po tome ova generacija dobila ime „Panamax“. Brodovi su od tog trenutka bili građeni na način da se ukupna duljina znatno povećava dok se njegova širina smanjuje zbog prolaska kanalom. Slika 19. dočarava jasnu promjenu izgleda i načina gradnje tih brodova.



Slika 19: Kontejnerski brod „Neptune Garnett“

Izvor: <https://www.shipsnostalgia.com/media/neptune-garnet.387065/>

4.4. IV. Generacija

Nakon povećanja kapaciteta i brzine, u devedesetim godinama prošlog stoljeća na red dolazi i sigurnost. Sigurnost koja se ne koncentrira samo na osiguranje članova posade i ostalog ljudstva već i na sigurnost same robe koja je do tog trenutna bila vrlo niska. Nezgode koje su se događale u prošlosti zabrinule su svjetske organizacije i potrebno je bilo brzo djelovanje. Povodom toga 1994. godine SOLAS (Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru) uvrštava poglavlja koja uvjetuju današnje brodove da na međunarodnom putovanju mora imati Priručnik za osiguranje i vezivanje tereta. Krajem osamdesetih godina točnije 1988. proizveden je brod „APL President Truman“ kompanije APL koja je osmislila prijevoz robe putem koji izbjegava Panamski kanal, a razlog tomu je što je to bio prvi brod koji svojom veličinom odnosno širinom ne može proći Panamskim kanalom. Njegova nosivost je bila 4500 TEU-a. Radi njega ova generacija se naziva i „Post Panamax“ generacijom. Godine te generacije brodova događa se nagli rast međunarodne robne razmjene sve do 1996. godine. Kontejnerski promet se udvostručuje u vrlo kratkom razdoblju odnosno u nepunih 7 godina (1990-1997). (Mujo, 2009)

Nakon što su se u prošloj generaciji brodovi sužavali, sada se događa suprotno. Nagli porast trgovine rezultira sve većim brodovima, koji su sada i izrazito široki i sežu u ogromne dimenzije. Problem se javljao kod kontejnerskih terminala i luka koje nisu bile u mogućnosti prihvatiti takve

veliĉine brodova, a oni terminali koji su imali tu mogućnost nailazili su na problem gaza i brzine ukrcaja i iskrcaja zbog zastarjele prekrcajne mehanizacije i dizalica.

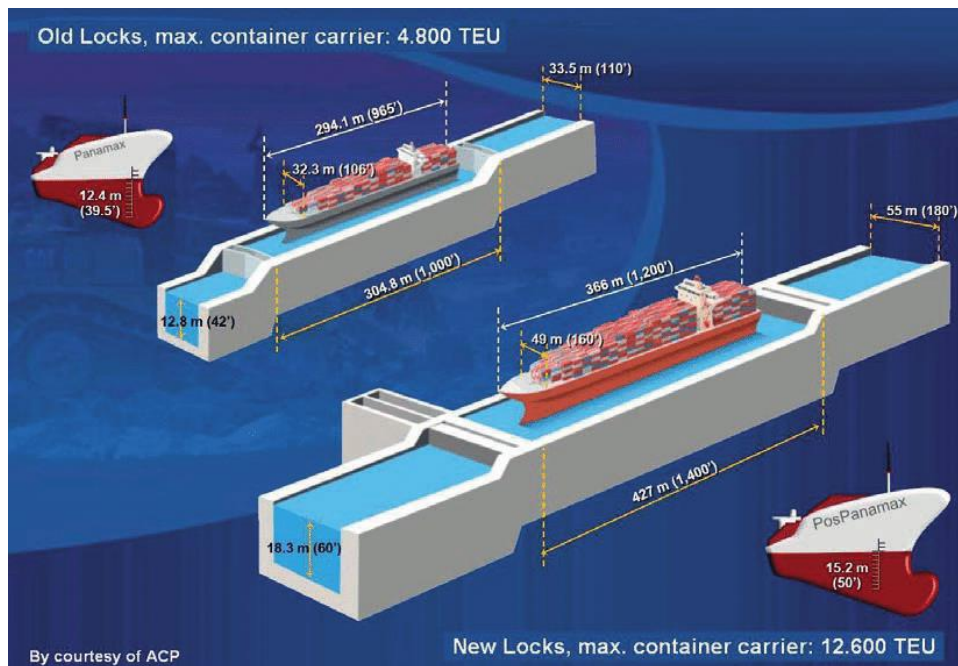


Slika 20: Kontejnerski brod četvrte generacije President Truman

Izvor: <https://www.shipsnostalgia.com/presidenttruman.387065/>

4.5. V. Generacija

Naziv ove generacije usko je vezan sa proširenjem Panamskog kanala . Ovu generaciju ujedno nazivamo Very Large Container Vessel (VLCV). Kanal je proširen na znatno veće dimenzije u svim aspektima (širina, duljina , gaz). Kontejnerski brodovi koji mogu nakon proširenja proći kroz kanal imaju kapacitet veći od čak 8000 TEU-a, što je u onom trenutku čak trostruko više. (Poslovni.hr, 2016)



Slika 21 Proširenje Panamskog kanala

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Navigable-dimensions-of-the-old-and-new-locks_fig2_310707907

Njegovo proširenje omogućilo je prolazak kanalom brodovima maksimalnih dimenzija čak 366 metara dužine, širine 49 metara te maksimalne nosivosti 13.000 TEU-a.

4.6. VI. Generacija

Šestu generaciju kontejnerskih brodova nazivamo i ULCV (Ultra Large Container Vessel). Jedan od glavnih događaja ove generacije zbiva se 2006.godine kada kompanija „Maersk“ predstavlja brod pod nazivom „Emma Maersk“ čiji je kapacitet 13.000 TEU-a, ukupna nosivost 156 000 tona, širine 56 m, dužine 397 m te brzine većom od 25 čv. Gaz ovog broda je 15.5 m. Ta generacija brodova dobila je naziv Nova Postpanamax klasa, a karakterizira brodove koji svojom širinom te dužinom nisu mogli proći ni novim Panamskim kanalom. Brodovi ove generacije širine su do 56 m, dužine do 400 m te nosivosti do 18.000 TEU-a. (Žuskin, 2015)

Također važna promjena dogodila se je i u konstrukcijskom smislu odnosno promjenile su se pozicije određenih prostorija odnosno skladišta na brodovima. Brodovi šeste generacije nadgrađe imaju na sredini broda kao i strojarnicu što se kasnije pokazala konstrukcijskom negativnom izvedbom radi predugačke osovine koja je nakon određenog perioda imala zabilježenu deformaciju. Brodovi s nadgrađem na sredini ujedno imaju limitiran broj kontejnera po visini smještenih na palubi radi vidljivosti s zapovjedničkog mosta po SOLAS-u (minimalno 500 m)



Slika 22: Kontejnerski brod „Emma Maersk“

Izvor: <https://www.vesseltracker.com/en/Ships/Emma-Maersk-9321483/gallery/1405487>

4.7. VII. Generacija

Velike konstrukcijske promjene nastavljaju se i na sedmu generaciju kontejnerskih brodova. Brodovi se počinju izrađivati s dva nadgrađa (jedno po pramcu i drugo po krmu). Takve promjene događaju se zbog dodatnog povećanja kapaciteta broda.

Ova generacija brodova počela se razvijati u svrhu većeg ekonomskog učinka. Tržište koje stagnira nije zdravo i kompetetno tržište stoga daljni rast i razvoj mora biti ekonomski i ekološki prihvatljiv. Brodovi koji se pojavljuju u ovoj generaciji nisu građeni samo kao najveći kontejnerski brodovi u pomorstvu već i kao brodovi s najvećim ekonomskim učinkom. Oni imaju 20% manje emisija ugljičnog dioksida po prevezenom kontejneru u usporedbi s brodom prijašnje generacije „Emma Maersk“. Brod koji predstavlja Malacca klasu odnosno sedmu generaciju kontejnerskih brodova je brod u klasi „Triple E“ pod nazivom „Mærsk Mc-Kinney Møller“. Njegov kapacitet je 18.270 TEU-a, brzina od 23 čv, širina 59 m, dužina 399 m, ukupne nosivosti 194.153 t. Razlika koja obilježava brodove u ovoj generaciji su drukčiji raspored i raspodjela snage pogonskih motora koji znatno manje onečišćuju okoliš. (Žuskin, 2015)

Brodovi te klase predstavljaju ekološku osvještenost koja se zasniva na 3 osnovna čimbenika

:

- ekonomičnosti veličine,

- energetske učinkovitosti,
- ekološkog poboljšanja.



Slika 23: Kontejnerski brod „Mærsk Mc-Kinney Møller“

Izvor: <https://gcaptain.com/maersk-mckinney-moller-record-load/>

4.8. VIII. Generacija

Postmalacca klasa odnosno zadnja generacija kontejnerskih brodova obiluje mnoštvom tehnoloških rješenja i ekoloških inovacija. Rješenja koja se ističu dakako su smanjenje zagađenja vode odnosno oceana, povećanje energetske učinkovitosti istodobnim smanjenjem CO₂. Najveći kontejnerski brod u svijetu kapaciteta je 23 992 TEU-a, a u vlasništvu je kompanije Evergreen Marine te plovi pod zastavom Ujedinjenog Kraljevstva pod nazivom „TEU Ever Ace“.



Slika 24: Kontejnerski brod „TEU Ever Ace“

Izvor: <https://www.worldrecordacademy.org/world-records/transport/largest-container-ship-the-ever-ace>

Trenutno taj brod ima najveću nosivost od svih kontejnerskih brodova na svijetu, otprilike 30 TEU-a više nego brod „HMM Algeciras“ i njezini sestrinski brodovi koji su prolazili kanalom 2020. godine. Dužina broda iznosi 400 metara , širok je čak 61,5 metara , a njegov deplasman iznosi 235 tisuća tona, što ga čini najvećim kontejnerašem na svijetu. Iako su današnja vremena puno razvijenija , kao i kod četvrte generacije brodova tako i kod trenutno posljednje javlja se isti problem, a to je tehnološka razina infrastrukture, sufrastrukture, prekrcajne mehanizacije i sredstava za manipulaciju.

5. Autonomni brodovi

Razina tehnologije u svim gopodarskim granama ključ je napretka u 21. stoljeću. Razvoj autonomih vozila u svim industrijama postala je glavna okosnica napredovanja poslovnog i gospodarskog svijeta. Upravo je to glavni razlog zbog kojeg se i pomorska industrija odlučila na taj potez. Prometni inženjeri zaključili su kako je razvoj odnosno potencijal autonomije na brodovima, a posebno na lučkim terminalima budućnost ove industrije. Prema riječima Mikaela Makinena, predsjednika Rolls Royce Marine-a: “Autonomni brodovi su budućnost pomorske industrije. Slično kao i pametni telefoni, pametni brodovi revolucionirati će konstrukciju brodova kao i način na kojima se njima upravlja.“

Autonomni brodovi otvaraju uzbudljive mogućnosti za pomorsku industriju. Uklanjanjem posade s broda, također su uklonjena i mnoga ograničenja konvencionalnih brodova. Njihovo uklanjanje pojednostavnit će cijeli brod, što će poboljšati pouzdanost i produktivnost uz manje troškove. Međutim, uz to dolaze i brojni novi izazovi kao pravilno implementiranje postojeće tehnologije za detektiranje prepreka, pouzdana komunikacija te razne pravne i regulatorne prepreke. (Kampantais, 2016)

Malo jednostavnija implementacija javlja se kod autonomnih vozila na lučkim terminalima . Takva vrsta vozila i sredstava ipak ne mora prolaziti tu količinu provjere i sigurnosti prije njihove upotrebe zbog manjeg prostora kojim se oni koriste i pravnih stavki (npr. koriste privatni prostor koncesionara lučkih terminala) . Takva vrsta vozila upotrebljava se već na mnogim razvijenijim terminalima, a rezultati su zapanjujući. Implementacijom autonomije i automatizacije na ovim terminalima, poboljšani su gotovo svi aspekti terminala od sigurnosti do produktivnosti. U svrhu ovog rada pod autonomijom se misli na sustav koji samostalno može donositi odluke i postupati u skladu istih, dok se pod automatizacijom misli na praćenje unaprijed definiranih zadataka. Treba napomenuti da automatizirani strojevi mogu imati male razine autonomije za određene zadatke.

5.1. Razvoj autonomnih brodova

Kao i kod svakih velikih inovacija i napretka, ovu inovaciju pokrenula je ista stvar, a to je tržište. Tržište koje u ova moderna vremena postaje sve više nemilosrdno i koje zahtjeva brzi napredak istovremeno uključujući ekonomski rast industrije. S obzirom na razvoj tehnologije u drugim industrijama, pomorska industrija je također počela istraživati potencijal autonomije na brodovima. Prije ulaska u priču o autonomiji brodova važno je razlikovati autonomne brodove od onih bez posade. Autonomni brod je brod koji ima neke razine automatizacije i samoupravljanja. Automatizacija se koristi kao opći naziv za procese, koji su često kompjuterizirani, koji omogućuju

odvijanje nekih procesa na brodu bez direktnog utjecaja posade. Autonomija je rezultat primjene napredne automatizacije na brodu do te razine da brod ima neku vrstu samoupravljanja, te može izabrati alternativna rješenja bez konzultacija s upraviteljem. Uobičajeni autopiloti, iako automatizirani i vjerojatno napredni, neće pružiti nikakvu vrstu autonomije brodu, već će pratiti od prije zadane ciljeve. Autonomni brodovi su u stanju voditi plovidbu broda i samostalno donositi odluke vezane za plovidbu bez ljudske intervencije. Autonomni brodovi mogu, ali ne moraju, imati posadu. Brodovi bez posade s druge strane nemaju nikakvu posadu na brodu, mogu biti autonomni ili ne autonomni odnosno upravljani na daljinu. IMO (engl. International Maritime Organization), odnosno Međunarodna pomorska organizacija definira ove brodove kao pomorske autonomne površinske brodove (engl. Maritime Autonomous Surface Ships - MASS). Tehnologija autonomije brodova nije pokrenuta jučer već ima određenu povijest, nekoliko je projekata završeno i započeto i svi se slažu oko istog a to je da je tehnologija potrebna za autonomnu navigaciju broda dostupna. Završeni projekti zaključno su vrlo uspješni, no njihova implementacija i stvarni sustavi su ipak druga priča koja zahtjeva puno veću kontrolu i dozvole.

Prva ozbiljna priča seže u sad već davnu 2007. godinu kada je skupina europskih dioničarskih društava poznata kao Waterborne TP je objavila istraživanje o razvoju pomorske industrije u budućnosti. Jedan dio istraživanja se odnosio na razvoj autonomnih brodova. Waterborn TP je tada definirao autonomni brod kao brod opremljen modularnim upravljačkim sustavima i komunikacijskim tehnologijama te naprednim sustavima za odlučivanje koji omogućuje udaljeno nadgledanje i upravljanje. (Kampantais, 2016)

Ova definicija je bila početna točka projekta Pomorska navigacija bez posade kroz inteligenciju u mrežama (engl. Maritime unmanned navigation through intelligence in networks - MUNIN) započetog u 2012. godini.

To su bile godine prekretnice za tu vrste tehnologije pa su tako u istoj godini sa radom krenule i druge dvije slične inicijative. Prva je projekt od strane Kineske administracije za pomorsku sigurnost (engl. China's Maritime Safety Administration) zvan Višenamjenski projekt za istraživanje i razvoj brodova bez posade (engl. Unmanned Multifunctional Maritime Ships Research and Development Project). Druga je koncept autonomnog broda ReVolt od strane klasifikacijskog društva DNV GL. ReVolt je zamišljen kao teretni brod bez posade i bez emisija štetnih plinova. Važno je napomenuti da projekt ReVolt nikada nije bio pripreman za stvarnu implementaciju već za istraživanje i pružanje informacija koje će se pokazivati vrlo bitne u budućnosti. (Kampantais, 2016)

Potaknuti istraživanjima i uvidom u potencijal nekoliko godina kasnije britanska kompanija Rolls Royce, a kasnije i norveška kompanija Kongsberg Maritime, pokazuju veliki interes za razvoj autonomnih brodova što je i opisano u nastavku rada.

Kao što je već istaknuti od 2012 do danas prijavljen je razvoj i implementacija puno projekata no u ovom radu bit će opisani samo oni najvažniji i najozbiljniji.

MASS (Maritime Autonomous Surface Ships) definira da kao opći naziv za autonomne brodove treba nadalje razvrstati u četiri različite klase, a svaka od njih ima drukčiji utjecaj na upravljanje i zakonodavstvo:

- Most potpomognut autonomijom (engl. Autonomy Assisted Bridge - AAB)/brodovi sa stalnom posadom. Na mostu ovoga broda cijelo vrijeme se nalazi posada broda koja neposredno intervenira. Ova vrsta brodova neće dovesti do nekih posebnih regulatornih mjera osim, možda, novih standarda vezanih za performanse i nove funkcije na mostu.
- Most koji je povremeno bez posade (engl. Periodically Unmanned Bridge - PUB). Ovi brodovi vrše svoja djelovanja bez posade na mostu u ograničenim vremenskim periodima, npr. na otvorenom moru za lijepog vremena. Posada se nalazi na brodu te može biti pozvana na most u slučaju problema.
- Brodovi koji su povremeno bez posade (engl. Periodically Unmanned Ship - PUS). Ovakav brod vrši svoja djelovanja bez posade duži period vremena bez posade, npr. za vrijeme preoceanskog putovanja. Ukrcajni tim ili prateći brod prilaze brodu te preuzimaju upravljanje, npr. pri prilasku luci. Zakonodavni zahtjevi će vjerojatno biti slični kao i za iduću klasu brodova.
- Brodovi bez posade (engl. Continuosly Unmanned Ships - CUS). Ovi brodovi su dizajnirani za izvršavanje zadaća bez posade na mostu za cijelo vrijeme djelovanja, osim u nekim posebni slučajevima kao što je neposredna opasnost. To znači da nitko na brodu nije ovlašten da preuzme upravljanje na mostu, jer tada bi brod bio klasificiran kao PUB. Sve navedeno opet ne mora značiti da se na brodu ne nalaze osobe, npr. putnici ili posada zadužena za održavanje broda.



Slika 25: Prikaz loga „MASS“

Izvor: <https://www.maritimekr.com/2020/03/16/maritime-insight-25/?ckattempt=1>

5.1.1. Munin

Prvi najznačajniji projekt autonomnih brodova pokrenut je 2012. godine (završen 2015.) od organizacije MUNIN. U većoj mjeri financiran je od strane Europske komisije s ciljem istraživanja tehničke, ekonomske i legalne izvedivosti brodova bez posade. U samom projektu osim Europske Unije sudjeluje još osam partnera koji imaju znanstvenu ili industrijsku pozadinu koji se nalaze u Njemačkoj, Norveškoj, Švedskoj, Islandu i Irskoj. Sastav članova projekta osigurava potpunu pokrivenost svih područja istraživanja i razvoja. Također osim opširnog znanja vezanog uz pomorsku industriju projekt ima direktnu poveznicu s tržištem. (Komianos, 2015) Zbog visokog stupnja inovativnosti broj istraživačkih organizacija uključenih u razvoj veći je od broja partnera u industriji. Partneri zaduženi za istraživanja pokrivaju tehnički i poslovni dio kao i pravne aspekte. Partneri u industriji predstavljaju druga područja poslovanja te na taj način osiguravaju bližu povezanost sa zahtjevima tržišta. Glavne karakteristike ovog projekta su bile integriranje mogućnosti da brod bude potpuno autonoman ali i da ima sustav koji omogućuje nadgledanje i upravljanje sa kopna, minimiziranje rizika od sudara, poštivanje odredbi konvencije za Međunarodna pravila za izbjegavanje sudara na moru (engl. The International Regulations for preventing Collision at sea – COLREG) i mogućnost da sigurnosni i operativni senzori mogu aktivno tražiti objekte u blizini. Također jedna od glavnih zadaća projekta bila je i da razvije pojedinačne dijelove autonomnog broda na način da se mogu implementirati u postojeće brodove i tako poboljšati njihove tehničke i navigacijske performanse.



Slika 26: Prikaz loga „Munin“ inicijative

Izvor: <http://www.unmanned-ship.org/munin/>

Projekt autonomnog broda bazira se na brodu za prijevoz rasutog tereta u međunarodnoj plovidbi zbog jednostavnijeg navođenja i korištenja tehnologija na jednoj ruti. Rute koje koriste kontejnerski brodovi često nisu neprekidna putovanja na otvorenim morima, te zahtjevaju puno luka ticanja što bi znatno otežalo projekt i implementaciju. Ovo je bila važna karakteristika za ovaj projekt jer MUNIN predviđa autonomiju samo tijekom plovidbe na otvorenom moru a ne i u kanalima, lukama i područjima s gustim prometom te predviđa da će takve operacije i dalje izvršavati posada na brodu. (Komianos, 2015)

Na temelju razvijenog koncepta autonomnog broda za prijevoz rasutih tereta, projekt je pokazao da su u većini slučajeva operacijski troškovi znatno smanjeni kao i utjecaj na okoliš. Razlog su smanjena potrošnja goriva, uklanjanje posade i prostora za posadu (više prostora za teret) i mogućnost efektivnijeg dizajna broda. MUNIN je u svojim analizama zaključio da se rizik od sudara i ostalih nesreća na moru može smanjiti i do deset puta s obzirom da većina nesreća dolazi od ljudske greške i umora ali i ukazao na opasnosti od piratstva i cyber napada te potencijalne regulatorne prepreke.

5.1.2. Rolls Royce i AAWA inicijativa

Druga važna inicijativa pokrenuta je 2015. godine projektom AAWA (inicijativa za naprednu autonomnu pomorsku primjenu). Projekt je započeo u ožujku 2015. godine. Cilj projekta bio je analiza izazova u raznim znanstvenim poljima vezan za pomorske operacije u kojima sudjeluju autonomni brodovi. (AAWA, 2018) Projekt se bavi razvojem autonomnih i daljinskih upravljanih operacija vezanih za vođenje plovidbe broda, stroja te svih ostalih brodskih sustava. Važan događaj koji je obilježio inicijativu bilo je uključanje Rolls Royca kao kompanije u cjelokupni projekt ponajviše zbog marketinškog djelovanja na tržište odnosno franšize koju tvrtka posjeduje. U mnogim medijima i izvorima oni se kao takvi vode i kao inicijatori projekta iako su u projekt uključeni neki od vodećih Finskih akademskih istraživača s Tampere University of Technology; VTT Technical Research Center of Finland Ltd; Åbo Akademi University; Aalto

University; the University of Turku. Također u projekt su uključeni vodeći sudionici u pomorskom prometu kao što su DNV GL, Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries i ESL Shipping. (Wikipedia.uk, 2018)



Slika 27: Prikaz loga „AAWA“ inicijative

Izvor: <https://deltamarin.com/2016/04/autonomous-ship-research-project-awa-reveals-first-year-findings/>

Inicijativa je prije same realizacije i testiranja morala postaviti ciljeve i niz važnih pitanja koje bi kroz nju trebale biti odgovorene:

- Koje su tehnologije potrebna i kako ih je najbolje kombinirati da bi brod mogao samostalno ploviti miljama daleko od obale;
- Mogu li autonomni brodovi biti barem jednako sigurni kao postojeći brodovi, koji novi rizici će iz toga proizaći te kako se ti isti rizici mogu umanjiti;
- Koji su to faktori koji potiču brodare da ulažu u autonomne brodove;
- Dali su autonomni brodovi legalni te tko odgovoran u slučaju nesreće (AAWA, 2018)

Sami zaključci inicijative prezentirani su 2017. godine kada je projekt finaliziran. AAWA i partneri navode da je za prelazak na autonomne brodove potrebno više od samih tehnoloških inovacija te da su autonomni brodovi mogući sa tehnološke perspektive. Veći je problem regulatorna i legalna prilagodba. Potrebna je suradnja različitih aktera iz različitih područja kao na primjer osiguravatelji, klasifikacijska društva, brodovlasnici, brodogradilišta itd. Također AAWA smatra da pomorska industrija da bi napredovala od novih tehnologija i inovacija treba prevladati svoju konzervativnu prirodu i prihvatiti nova rješenja. Ova kao i prethodna inicijativa MUNIN iznijela je detaljne rezultate svojih istraživanja koji značajno pomažu u daljnjem razvoju i na kojima se najviše temelje autonomni navigacijski sustavi. (AAWA, 2018)

5.1.3. Kongsberg Maritime

Jedna od vodećih norveških kompanija koja se bavi raznim pomorskim djelatnostima i trenutno jedna od vodećih kompanija na svijetu za razvoj autonomnih brodova naziva se Kongsberg Maritime. Tvrtka se od 2017. godine počela ozbiljno baviti razvojem autonomnih brodova. Prvo je u siječnju 2017. godine sklopila posao sa britanskom kompanijom Automated Ships Ltd te su zajedno konstruirali autonomni brod Hrönn za odobalne operacije koji služi za energetske, znanstvene, hidrografske i ribogojilišnu industriju. Njegova namjena je, između ostalog, istraživanje, lansiranje i prikupljanje vozila na daljinsko upravljanje i autonomnih podvodnih vozila, intermodalni prijevoz laganog tereta i opskrba odobalnih postrojenja. Početkom projekta brod je bio zamišljen kao brod na daljinsko upravljanje, a kasnije se razvio u potpuno autonomni brod za takvu vrstu operacija. (Kongsberg, 2019)

5.1.4. Yara Birkeland

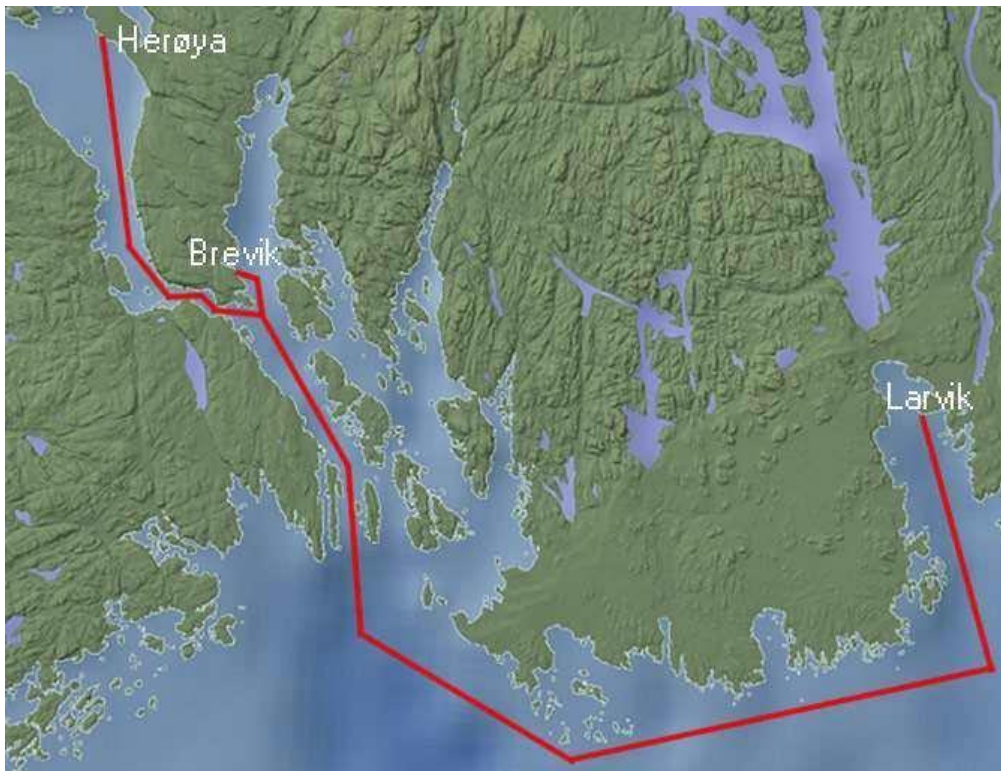
U kasnijim mjesecima 2017. godine Kongsberg je uspio pokrenuti projekt kojeg su svi željno iščekivali od 2007. godine kada su započele sve inicijative na temu autonomnog teretnog broda. U partnerstvu sa norveškom kompanijom za kemiju i zaštitu okoliša Yara započeo projekt izgradnje prvog potpuno ne samo autonomnog već i električnog kontejnerskog broda Yara Birkeland. Ovaj projekt je jedan od najvećih i vjerojatno najznačajniji za razvoj autonomnih brodova do sada. Projekt je započet kao brod sa posadom s planom da do 2019. godine dosegne razinu daljinskog upravljanja a do 2020. godine potpunu autonomiju. Prve prepreke javljaju se kod testiranja kada IMO odnosno svjetska pomorska organizacija ne dopušta testiranje broda u međunarodnim vodama već se sva testiranja moraju obavljati na teritoriju Norveške. (Porathe, 2019) Problem se javio zbog toga što područje testiranja obiluje kanalima koji su vrlo uski i teški za navođenje takve vrste tehnologije. Također velik dio prometa tog područja se sastoji od brodova za prijevoz ukapljenog plina i brodova za prijevoz opasnog tereta. Ljeti također ima malih brodica za zabavu i kajaka što čini autonomnu navigaciju u takvom području ogromnim izazovom. Usprkos tome brod je prvi put porinut u Rumunjskoj u veljači 2020. godine i očekivalo se da će stići do norveškog brodogradilišta u ožujku gdje će mu biti instalirani napredni senzori i računala za autonomnu kontrolu i navigaciju. Zbog pandemije korona virusa i pratećih promjena u globalnoj industriji, odlučeno je da se projekt pauzira dok se ne razmotre sljedeći koraci.



Slika 28: Autonomni brod „Yara Birkeland“

Izvor: <https://morski.hr/2021/11/22/foto-video-zaplovio-prvi-potpuno-autonomni-elektricni-teretni-brod-na-svijetu/>

Početak 2022. godine brod je napokon zaplovio. Pošto je brod potpuno električan udaljenost koju on prelazi nije mjerljiva sa normalnim kontejnerskim brodovima ali daje nadu i optimizam daljnjem razvoju i zaštiti okoliša. Brod je plovidbu odradio potpuno automatiziran i bez pomoći ljudi uz ljudski nadzor. Rutu koju je odplatio bila je duga 8 Nm nalazi se u Norveškoj, a polazna točka bila je jugoistočni grad Porsgrunn. Dopremanjem do 120 kontejnera gnojiva u luku Brevik eliminirao je potrebu za oko 40.000 putovanja kamionom godišnje koji se pokreću zagađujućim dizelom. (Morski.hr, 2021) Kao što prikazuje slika 29. možemo vidjeti kako ruta koju je odplatio nije bila baš jednostavna te je obilovala raznim fjordovima i uvalama, no brod je sve prepreke svladao bez puno poteškoća.



Slika 29: Prikaz rute broda „Yara Birkeland“

Izvor: <https://morski.hr/2021/11/22/foto-video-zaplovio-prvi-potpuno-autonomni-elektricni-teretni-brod-na-svijetu/>

5.2. Regulacija autonomnih brodova

Regulatorni okviri za uvođenje autonomnih brodova su vrlo strogi i još uvijek u današnjem svijetu nedokučivi za potpunu implementaciju. Razlog je vrlo logičan kao i kod potpuno autonomnih osobnih automobila, a to je strah. Ljudski faktor još uvijek je nemojovan u funkcioniranju sigurnog transporta ili prometa. Primjerice najnoviji automobili koji sada već posjeduju jako visok stupanj autonomije nisu kao takvi dozvoljeni da upravljaju prometnicama iako imaju sve uvjete zadovoljene za takav proces (osobni automobil sam upravlja do odredišta, no potrebno je imati ruke na upravljaču, iako se sa njima na obavlja bilo kakva radnja). Godine 2017. Međunarodna pomorska organizacija je na 98. sjednici odbora za pomorsku sigurnost (engl. Maritime Safety Committee - MSC) prihvatila preporuke raznih zemalja članica te pristala uvesti pitanje pomorskih autonomnih brodova (engl. Maritime Autonomous Surface Ships - MASS) na dnevni red. Privatne kompanije kao npr. MSC proizvođači autonomnih brodova smatraju kako IMO mora prihvatiti razvoj autonomnih brodova što prije i na svoju odgovornost odnosno donošenjem pravilnika kojeg bi svaki privatni investitor morao ispunjavati. Odbor je dao upute i okvire za regulatorna istraživanja. (MSC, 2017) Pod regulatornim istraživanjem misli se na prikupljanje i detaljnu analizu postojećih i potrebnih propisa i regulatornih alata u svrhu

integriranja sigurnih i ekološki prihvatljivih operacijskih standarda autonomnih brodova u postojeće IMO instrumente kao što su Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (engl. The International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS), Međunarodna konvencija o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca (engl. The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for seafarers - STCW), COLREG i slično. Takve vrste dogovora i istraživanja još uvijek se nalaze u početnoj fazi, ali isto tako se očekuje da će regulacija autonomnih brodova dotaknuti gotovo sve aspekte pomorstva, uključujući ljudske element, sigurnost, odgovornosti i naknadu štete, interakciju s lukama, pilotažu, odgovore na pomorske nesreće, zaštitu okoliša te mnoge druge.

Godinu dana kasnije na 99. sjednici MSC-a, u svibnju 2018. godine, odbor je potvrdio okvire i upute za regulatorna istraživanja uključujući preliminarne definicije MASS-a, razine autonomije i metodologiju za provođenje regulatornih istraživanja. U svrhu regulatornih istraživanja autonomni brodovi su definirani kao brodovi koji u određenoj mjeri mogu djelovati neovisno o ljudskoj interakciji. (IMO, 2017)

Okvirna metodologija koja je bila predstavljena kao prvi korak navodi istraživanja kojima je potrebno utvrditi trenutne odredbe određenih IMO instrumenata i procijeniti na koji se način mogu primijeniti na brodove s različitim razinama autonomije i da li su operacije takvih brodova uopće dozvoljene s obzirom na postojeće propise. Drugi korak treba se provesti analiza kako bi se utvrdio najprikladniji način rješavanja regulatornih problema autonomnih brodova, uzevši u obzir ljudski element, odgovornost i tehnologiju. Zaključnim rješenjem sjednice dogovorilo se kako će se na sljedećoj 100. sjednici MSC-a, analizirati podneseni zahtjevi odnosno prijedlozi za izradu privremenih smjernica za buduće pokusne vožnje autonomnih brodova.

Na 100. sjednici MSC-a, u prosincu 2018. godine, nastavljen je proces analize kako se IMO instrumenti mogu primijeniti na brodove s različitim razinama autonomije. Nakon testiranja zaduženih grupa dopunjena je i potvrđena predstavljena okvirna metodologija za regulatorna istraživanja MASS-a. U prvom koraku se za svaki instrument IMO-a koji se odnosi na pomorsku sigurnost i za svaku razinu autonomije moraju utvrditi i razvrstati odredbe na sljedeći način:

- odredbe koje se primjenjuju na MASS i sprječavaju djelovanje MASS-a,
- odredbe koje se primjenjuju na MASS i ne sprječavaju djelovanje MASS-a i ne zahtijevaju nikakve akcije,
- odredbe koje se primjenjuju na MASS i ne sprječavaju djelovanje MASS-a ali možda sadržavaju nedostatke te ih treba izmjeniti ili pojasniti,
- odredbe koje se ne primjenjuju na MASS operacije.

Nakon dovršetka prvog koraka provodi se drugi korak u kojem se analizira najprikladniji način rješavanja regulatornih problema autonomnih brodova. Analiza će utvrditi potrebu za:

- izjednačavanjem sa postojećim instrumentima,
- izmjenu postojećih instrumenata,
- razvoj novih instrumenata,
- ništa od navednog.

Pregled koji je bio dogovoren i sama analiza instrumenata koji su se koristili pod nadzorom MSC-a provedena je u prvom kvartalu 2019. godine. Pregledu su prisustvovala sve zainteresirane organizacije koje su potencijalni investitori i države članice iz kojih dolaze predstavnici. IMO instrumenti koje uključuje pregled i analiza su instrumenti povezani sa sigurnošću i to SOLAS, COLREG, STCW, Međunarodna konvencija o teretnoj liniji (engl. The International Convention on Load Lines - CLL), Međunarodna konvencija o traganju i spašavanju (engl. International Convention on Maritime Search and Rescue - SAR), Međunarodna konvencija o baždarenju brodova (engl. International Convention on Tonnage Measurement of Ships – TONNAGE 1969) i Međunarodna konvencija o sigurnosti kontejnera (engl. The International Convention for Safe Containers - CSC).

U jednoj od zadnjih sjednica MSC-a potvrđene su privremene smjernice za pokusne vožnje autonomnih brodova. U smjernicama se navodi da je dužnost države pod kojom brod plovi (čiju zastavu vije) da odobri sudjelovanje broda u pokusnoj vožnji. Također dopuštenje mora postojati i od strane obalne države u kojoj će se obavljati pokusna vožnja. Zahtijeva se da postoji najmanje ista razina sigurnosti i zaštite okoliša kao i za postojeće brodove. Treba se izvršiti procjena rizika za sve moguće incidente kao i postupci u slučaju istih. Moraju se uspostaviti odgovarajući načini komunikacije te treba poduzeti mjere da se odredi i zadovolji minimalna potrebna posada na brodu. (MSC, 2017)

U 2022. godini dopuštenja i regulative za autonomne brodove još uvijek nisu do kraja izglasana ali se kreću u dobrom smjeru, kao ključna točka prevage mnogi tvrde da mora biti određeni veliki događaj koji će promijeniti svijest svih ljudi koji se još uvijek boje i nemaju povjerenja u takvu vrstu tehnologije.



Slika 30: Prikaz loga „IMO“

Izvor: <https://www.imo.org/en/OurWork/ERO/Pages/IMO-logo.aspx>

5.3. Tehnologije autonomnih brodova

Autonomni sustavi ne funkcioniraju bez visokih razina tehnologija koje su potrebne za brzu, točnu i sigurno implementaciju. Sustavna arhitektura temelje je doživljela 2017. godine AAWA inicijativom odnosno sistemom ANS (Autonomous Navigation System). ANS je kompletna okosnica jednog autonomnog broda, a sastoji se od 5 osnovnih modula ;

- modul virtualnog kapetana,
- modul za izbjegavanje sudara,
- model za osjećanje okoline,
- modul za planiranje rute,
- modul za dinamičko pozicioniranje. (AAWA, 2016)

Svaki modul u sistemu je vrlo važan za ukupno funkcioniranje no najveća razina u ANS-u je model virtualnog kapetana. VCM preuzima i kombinira podatke od drugih modula ANS-a kao i drugih brodskih automatiziranih sustava te podatke od operatera obalne kontrolne postaje (engl. Shore Control Station - SCC) s ciljem da odredi trenutno stanje svih brodskih sustava. Na temelju tog stanja određuje se dopušteni način rada kao što je autonomna plovidba, daljinsko upravljanje ili način u slučaju opasnosti. Informacije VCM-a se također koriste da se operater obavijesti o stanju broda. (AAWA, 2016)

5.3.1. Tehnologije za osjećanje okoline

Jedna od najvažnijih stavki autonomnog sustava su tehnologije za osjećanje okoline. To je vrsta tehnologije koja služi za detektiranje prepreka i stvaranje digitalne slike okoline. Gotovo na svim poljima autonomije vozila, tehnologije za osjećanje okoline se smatraju ključnim faktorom za pružanje pouzdanosti i sigurnosti cijelog sustava. Stoga, sigurno je da će ova komponenta biti od velike važnosti za sigurnu plovidbu autonomnog broda.

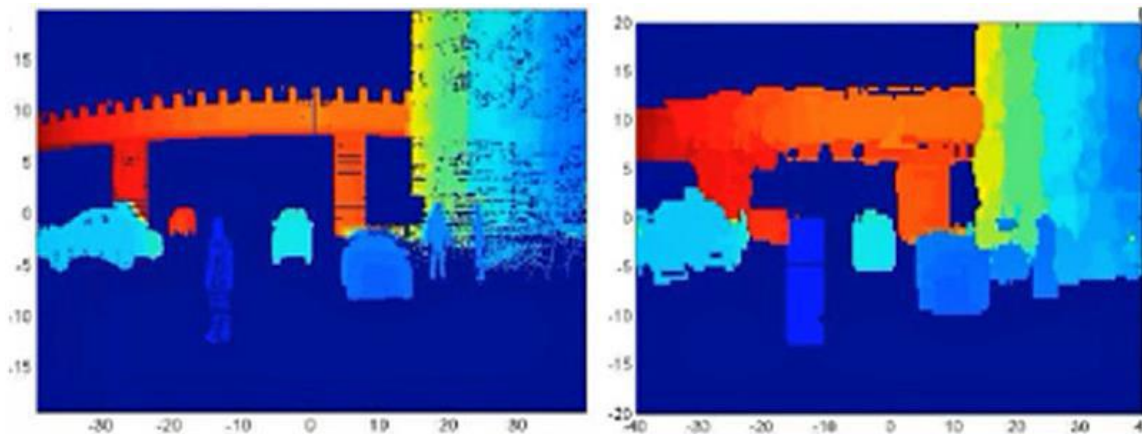
Tehnologija funkcionira pomoću raznih vrsta senzora za osjećanje okoline te se na taj način želi napraviti sličan sustav kao u automobilskoj industriji. Svaki senzor pokazuje određene slabosti i ograničenja pod određenim uvjetima. Također, lažna detekcija se nikad ne može u potpunosti spriječiti za jedan senzor. Kombinacijom mogućnosti više senzora, pojedinačne greške i slabosti mogu biti uklonjene i bolje ukupne performanse i pouzdanost cijelog sustava mogu biti postignuti. Neke od glavnih tehnologija koje se koriste opisane su u nastavku poglavlja. (AAWA, 2016)

Logičan izbor koji predstavlja prvu tehnologiju je **kamera**.

One se kao takve čine najdostupnije i najprihvatljivije. Implementacija kamera nije teška s obzirom na iskustva iz drugih industrija. Jeftine su, malih dimenzija i izdržljive te mogu pružiti visoku prostornu razlučivost sa identifikacijom objekata i razlikovanjem boja. Također pogodne su i za noćno snimanje s obzirom na infracrvenu tehnologiju. Zbog široke upotrebe kamera danas, konstantno se razvijaju nove, naprednije tehnologije. S obzirom na široku lepezu korištenja, podaci iz baza podataka koji su potrebni za vizualne algoritme i analize su više nego dostupni. Samim time to pruža velik potencijal za korištenje. Normalne kamere visoke razlučivosti se smatraju važnim dijelom sustava za osjećanje okoline na autonomnim brodovima. Visoka prostorna razlučivost omogućuje prepoznavanje objekata i prepreka, bilo od strane operatera ili algoritama za analizu. Također, razlikovanje boja omogućuje odvajanje bitnih objekata od pozadine. Nedostatak kamera je velika količina podataka koju generiraju senzori visoke rezolucije, što znači da je potrebno zahtjevno procesuiranje i komunikacijska veza velike propusnosti za analizu i prijenos. Međutim, kod velikih brodova za razliku od drugih sustava kao što su auta ili avioni, zahtjevi u pogledu ograničenog prostora i male potrošnje energije su puno fleksibilniji. Normalne kamere imaju nekoliko ozbiljnih ograničenja. Ne mogu se koristiti u mraku (osim za detektiranje svjetlosti) i vidljivost im znatno opada u lošim vremenskim uvjetima. Bolje performanse se mogu postići kamerama koje koriste infracrvenu tehnologiju. (Buzov, 2020)

Sljedeća tehnologija je tehnologija koja svoje podatke crpi pomoću radiovalova, a to je **radar**. To je uređaj za otkrivanje i smjerenje objekata i kao takav dio je suvremene tehnologije svakog autonomnog broda. Postoje dvije vrste pomorskih radara, „X-band“ koji radi na frekvencijskom području od 10 GHz te „S-band“ koji radi na 3 GHz. Zbog svoje visoke frekvencije

„X-band“ radar omogućuje jasniju sliku i bolju razlučivost, dok „S-band“ omogućuje jasniju sliku prilikom kiše, magle ili valova, te je bolji za pretraživanje većih udaljenosti. Kao zadnja objašnjena tehnologija osjećanja nameće se **LiDAR**. Kao što sama riječ govori lidar je također vrsta radara ali ona koristi svjetlosne senzore za mjerenje udaljenosti između uređaja i smjerenog objekta. To je tehnologija koja upravo pomoću svjetlosnih senzora dočarava 3D prikaz prostora odnosno objekata. Sustav se najviše koristi u zračnom prometu odnosno u zrakoplovima, helikopterima i slično. Ovaj sustav moguće je koristiti na kopnu, vodi, zraku i svemiru. LiDAR sustavi montirani na letjelice sastoje se od LiDAR senzora, prijemnika sustava globalnog pozicioniranja (engl. Global Positioning System - GPS), inercijalne jedinice za mjerenje, računala te uređaja za prikupljanje podataka. Razlučivost skeniranja iznosi između 20000 i 150000 točaka po sekundi. Zbog veće količine senzora i drugačiji način prikupljana podataka LiDAR-ove dalekometne sposobnosti omogućuju bolje prikupljanje informacija u odnosu na klasični radar, neovisno o vremenskim uvjetima. Također omogućuje razlikovanje pojedinačnih brodova kada su grupirani, te prepoznavanje veličine brodova, Ovaj sustav koristi se već na brodovima koji su opremljeni za ratne svrhe odnosno obranu. (Buzov, 2020)



Slika 31: Prikaz objekata snimljenih s radar (desno) i LiDAR tehnologijom.

Izvor: <https://www.fierceelectronics.com/components/lidar-vs-radar>

5.4. Komunikacija autonomnih brodova

Prije analize komunikacijskih tehnologija važno je napomenuti da su tehnologije koje koriste konvencionalni brodovi na visokoj razini i neusporedive su sa tehnologijama iz prošlosti ali s obzirom na eliminiranje ljudskog faktora one se kod autonomnih brodova pomiču na znatno višu razinu. Ta vrsta tehnologije predstavlja i najveće probleme kod daljnjeg razvoja autonomnih brodova. Autonomni brodovi će ploviti bez posade, autonomno ili daljinski upravljani od strane operatera u SCC-u. Mogućnost daljinskog upravljanja mora biti omogućena u slučajevima kad brodski autonomni sustav ne može ili ne smije riješiti situaciju samostalno. Također, informacije

o stanju svih sustava na brodu i o okolini broda moraju biti dostupne operateru u SCC-u u svakom trenutku. Sve su to razlozi koji nam jasno daju do znanja da je komunikacija ključna i istovremeno kritična komponenta autonomnih brodova i mora biti točna i stabilna. Sustav komunikacije mora imati u planu i takozvanu rezervnu varijantu ukoliko dođe do nepredvidljivog prekida komunikacije. Također mora postojati više komunikacijskih sustava u slučaju da jedan zakaže i u slučaju da određeni sustav ne može pružiti dovoljnu točnost i pouzdanost u određenim uvjetima. Postoje određene stvari koje operater mora uzeti u obzir tokom planiranja putovanja povezane sa daljinskim upravljanjem autonomnog broda. Autonomni brodovi će koristiti kombinaciju različitih satelitskih i zemaljskih komunikacijskih tehnologija ovisno o njihovoj dostupnosti, kvaliteti i cijeni. Satelitske komunikacije mogu pružiti mogućnost autonomne plovidbe u gotovo svima načinima rada bez obzira na lokaciju. Satelitski načini prikupljanja podataka mogu ovisiti i o vremenskim uvjetima koje brod snađu u oceanu. Zbog toga operater broda ili brod sam kao takav mora odlučiti i osigurati komunikacijsku povezivost za predviđenu misiju.

5.4.1. Satelitske komunikacije

S obzirom na pokrivenost i dostupnost koja je gotovo beskonačna satelitske komunikacije će najvjerojatnije biti primarni način komunikacije autonomnih brodova, posebno u dubokooceanskim područjima. Trenutno najveći pružatelj satelitskih usluga u pomorske svrhe je Inmarsat, a postoje i drugi kao Iridium i VSAT sustavi koji bi mogli pronaći svoje mjesto kod autonomnih brodova. U sljedećem dijelu rada поближе će biti objašnjene satelitske usluge koje pruža Inmarsat.

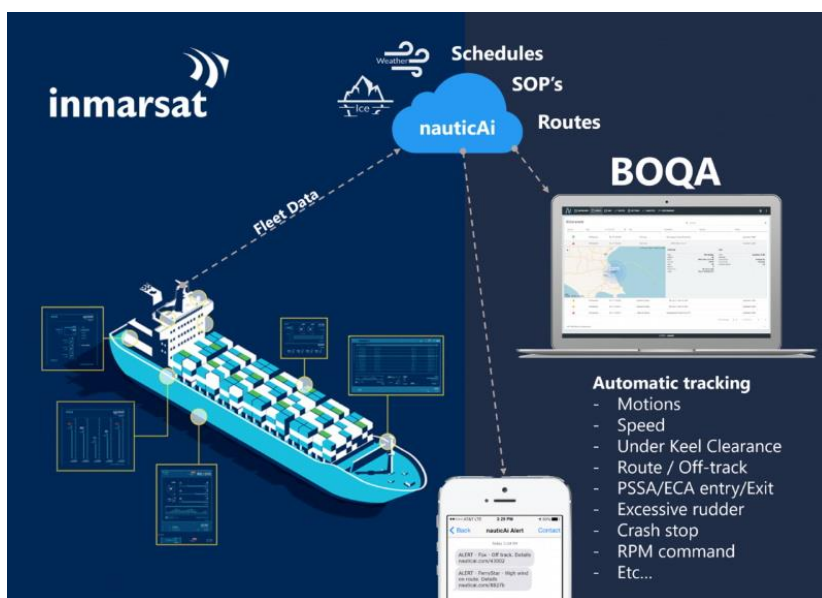
5.4.2. Inmarsat

Jedan od mogućih satelitskih sustava koji će koristiti autonomni brodovi je Inmarsat sustav. To je sustav čije postojanje seže u 1970. godine kada je nastao kao poduzetnički pothvat od strane COMSAT kompanije te se razvio u privatnu kompaniju u funkciji međunarodnih pomorskih satelitskih usluga (engl. Maritime Satellite Service – MSS). Nakon ujedinjenja kompanija je počela djelovati kao zajednička organizacija različitih vlada i telekomunikacijskih operatera zvana Inmarsat. (Allal A., 2017)

Inmarsat-C sustav je započeo s radom 1991. godine kao dopuna Inmarsat A sustavu. Sustav pruža jeftinu komunikaciju bilo gdje na svijetu. Sustav se bazira na digitalnoj tehnologiji, samim time omogućava prijenos bilo koje informacije koja se može pretvoriti u digitalni format (tekst, digitalne slike, digitalni video, podaci preuzeti s raznih uređaja itd.). Osnovni sistem primanja i

slanja podataka Inmarsat-C sustava se bazira na 'store and forward' tehnologiji i ne može se koristiti za glasovne i direktne internet komunikacije. To znači da se poruke sa broda ili na brod prvo spremaju u memoriju obalne zemaljske stanice (engl. Coast Earth Station - CES), te zatim prosljeđuju na adresu primatelja ili na brod. Kasnije inačice Inmarsat sustava podignule su tehnologiju na još višu razinu, a tvrtka je danas prvi pružatelj takvih vrsta usluga u svijetu. S obzirom da je Inmarsat zadržao svoj monopol nad pomorskim satelitskim uslugama još od uvođenja GMDSS-a, najvjerojatnije je da će biti prva opcija kod satelitskih komunikacijskih usluga autonomnih brodova.

Ne obećavajuća stavka je da je takvu vrstu signala još uvijek relativno lako omesti što omogućava nekim trećim neprijateljskim stranama da sa relativno jednostavnim sredstvima poremete komunikaciju broda i obale što može biti iznimno opasno i samim time predstavlja veliku prepreku kod regulative autonomnih brodova.



Slika 32: Inmarsat satelitska komunikacija

Izvor: <https://www.hellenicshippingnews.com/nauticai-signs-up-as-new-inmarsat-fleet-data-application-provider/>

5.4.3. Zemaljske komunikacije

Druga vrsta komunikacija su zemaljske komunikacije. One su pak potrebne za komunikaciju brod-brod, brod-obala i u lukama. Velika prednost s obzirom na satelitske im je što pružaju puno veće brzine prijenosa podataka po puno manjim cijenama. Samim time, postoji velika vjerojatnost da će se takva vrsta sustava implementirati na autonomne brodove gdje to god

bude moguće s obzirom na cijenu. Najvažnije tehnologije koje se koriste kod zemaljskih komunikacija su ;

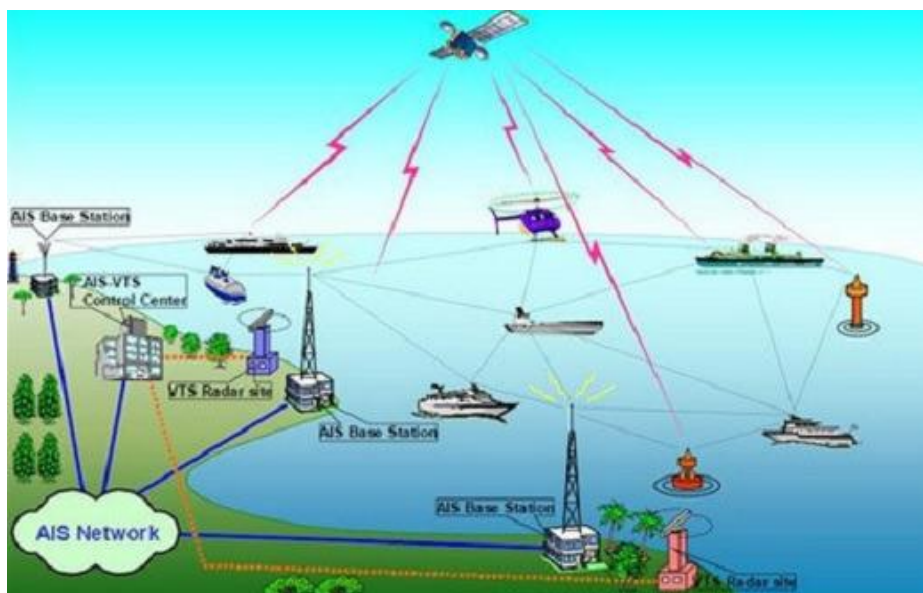
- VHF radio,
- MF/HF radio,
- 4G i 5G mreže,
- WIFI i IEEE 802.11p,
- automatski identifikacijski sustavi.

U daljnjem dijelu rada objašnjena je tehnologija AIS-a.

5.4.4. Automatski identifikacijski sustav

AIS je samostalni primopredajnik za neprekidno automatsko emitiranje i razmjenu identifikacijskih podataka između brodova kao i razmjenu podataka sa službom za nadzor plovidbenog prometa (engl. Vessel Traffic Service - VTS) na kopnu putem dogovorenih VHF kanala, a prvenstveno služi za identifikaciju i lociranje plovila. AIS omogućuje elektroničku razmjenu brodskih navigacijskih podataka koji obavezno uključuju identifikaciju broda, položaj broda te kurs i brzinu broda. AIS je sustav koji je po pravilniku Svjetske pomorske organizacije potrebno implementirati na svaki brod bio on konvencionalan ili autonomni. Podaci se mogu integrirati u ECDIS i RADAR čime se može dobiti vrlo dobar pregled pomorskog prometa u blizini broda. Rad današnjeg sustava bazira se na komunikacijskim tehnikama koje velikom broju primopredajnika omogućavaju istovremeno slanje niza podataka preko samo jednog radio kanala, sinkroniziranjem emitiranja podataka pomoću vrlo preciznog standarda vremenskog odmjeravanja odaslanih poruka.

Rasprostranjenost sustava i lak rad omogućuje da bude jedan od glavnih načina komunikacije kod autonomne tehnologije. Autonomni navigacijski sustav broda može podatke od AIS-a kao kurs i brzina integrirati i spojiti s ostalim sensorima te tako omogućiti još veću točnost i sigurnost cijelog sustava. (Badurina, 2003)



Slika 33: Način funkcioniranja AIS sustava

Izvor: <https://shipping.nato.int/nsc/operations/news/2021/ais-automatic-identification-system-overview>

6. Zaključak

Globalizacija proizvodnje i trgovine je trend koji nezaustavljivo raste. Sve veći zahtjevi korisnika za pravovremenom isporukom robe i dobara doveli su do općeg prihvaćanja koncepta kontejnera i kontejnerskog broda. Pojavom suvremenih transportnih tehnologija svijet logistike i transporta promjenio se naopačke. Kontejnerizacija je suvremena transportna tehnologija koja je uvelike olakšala „život“ cijelome svijetu ne samo s logističkog aspekta već i sa mnogih drugih. Kontejnerizacija predstavlja pojam koji podrazumijeva skup međusobno i uzajamno organizacijski povezanih sredstava za rad i tehnoloških postupaka za automatizirano manipuliranje i transport okrupnjenim jedinicama tereta – kontejnerima od sirovinske baze do potrošača.

Kontejneri su podijeljeni na više vrsta s različitim namjenama. Svaka podjela odnosno vrsta mora ispunjavati i odrađivati zadaće za koje su namjenjeni. Najvažnija i najosnovnija podjela kontejnera dakako podjela je po njihovoj veličini pa iz prema tome dijelimo na male, srednje i velike kontejnere i namjeni na univerzalne i specijalne. Kao i kod svake suvremene transportne tehnologije tako i kod kontejnerizacije postoje i ističu se određene prednosti i nedostaci no zaključak je da je kontejnerizacija svijetu i mnogim gospodarstvima donijela te pružila puno više pozitivnih stvari naspram nekolicine negativnih. Kontejnerski brod je od svojih začetaka do današnjih dana pratio sve zahtjeve koje je globalna ekonomija zahtijevala od njega. On danas predstavlja glavnu kariku i ključni je faktor intermodalnog prijevoza. Manji broj potrebnih radnika, niži troškovi i veća sigurnost robe u transportu su također rezultat implementacije kontejnera i kontejnerskog broda u transportnu strukturu te je danas nemoguće zamisliti svjetsku ekonomiju bez njih. Kontejnerizacija je omogućila uklapanje zračnog, vodenog, željezničkog i cestovnog prijevoza u transportni lanac, bez potrebe za stalnim pretovarom tereta. Da bi kontejnerski brod i dalje ostao faktor koji pozitivno utječe na razvoj ekonomije, mora se konstantno vršiti revizija standarda i normi, kao i težiti uvođenju novih tehnologija na same brodove i luke, sve sa svrhom unaprjeđenja učinkovitosti cjelokupnoga logističkog lanca. Nova tehnologija koja kuca na vrata su autonomni brodovi. Autonomni brodovi u budućnosti će još uvijek trebati ljudsku interakciju s kopna što znači da je komunikacija broda i obale kritična komponenta autonomnih brodova. Takva komunikacija mora biti točna, brza, pouzdana i sigurna te se mora osigurati dovoljna propusnost podataka u svakom trenutku. Da bi se to omogućilo biti će potrebno prilagoditi komunikacijsku infrastrukturu na globalnoj razini. Prijelaz na autonomne brodove je puno više od samih tehnoloških rješenja. Realizacija pomorske autonomije na globalnoj razini će zahtijevati uključenost svih stranaka u pomorskoj industriji, uključujući regulatorna tijela, osiguravatelje, klasifikacijska društva, brodovlasnike, brodogradilišta itd. Da se udovolji postojećim a i budućim pravnim zahtjevima, autonomni brodovi će morati imati razinu sigurnosti koja je najmanje jednaka

postojećim brodovima. Autonomija ima potencijal za smanjiti ljudske greške ali istodobno otvara neke nove rizike koji se trebaju riješiti.

Rezultati istraživanja koji su prezentirani u ovom diplomskom radu omogućuju potvrđivanje hipoteze: „Primjenom znanja kroz generacije izrade modernih kontejnerskih brodova modernizirati i poboljšati sustav autonomije u pomorskom prometu primjenom autonomnih brodova.“

7. Literatura

Knjige i stručni radovi:

1. Rogić K.: Predavanja iz kolegija Prometna logistika 1
2. Zelenika R. : Prometni sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001
3. Perišić R. : Kontejnerizacija transporta, 1997
4. Božičević D., Kovačević D.: Suvremene transportne tehnologije, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb., 2002
5. Notteboom, T.: The adaptive capacity of container ports in an era of mega vessels: The case of upstream seaports Antwerp and Hamburg, *Journal of Transport Geography*, Vol. 54, 2016
6. Rudić D., Hlača B.: Feeder servise to promote revitalization of container transport in the Adriatic ports, *Naše more*
7. Žuškin, S.: Optimizacija rasporeda tereta na kontejnerskim brodovima u funkciji skraćanja prekrcajnoga procesa, Doktorski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2015.
8. Komianos, A.: The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges, The Nautical Institute, London, UK, 2015
9. Kampantais N.: Seaworthiness in autonomous unmanned cargo ships, Erasmus University Rotterdam, 2016.
10. Porathe T.: Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) and the COLREGS: Do We Need Quantified Rules Or Is “the Ordinary Practice of Seamen” Specific Enough?, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2019
11. Allal A., Mansuori K. i dr.: Toward Reliable Maritime Communication for a Safe Operation of Autonomous Ship, Morocco, 2017
12. Buzov I.: Navigacijski senzori autonomnih brodova, Diplomski rad, Pomorski fakultet u Splitu, 2020.
13. Maritime safety committee (MSC 98/23), Report of the maritime safety committee on its ninety-eighty session, International maritime organization, 28 June 2017,
14. Maritime safety committee (MSC 99/22), Report of the maritime safety committee on its ninety-ninth session, International maritime organization
15. Mišković, D, Ivče, R: Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest/stručni rad

Internet izvori:

1. <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-container-ships/>
2. https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:6710199/mmsi:352986146/immo:9893890/vessel:EVER_ACE
3. <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>
4. <https://breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2019/06/SVAN-presentation.pdf>
5. <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2016/automated-ships-ltd-and-kongsberg-to-build-first-unmanned-and-fully-autonomous/>
6. <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/our-stories/autonomous-future/>
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Rolls-Royce_Holdings
8. <https://tehnika.lzmk.hr/konstrukcija-broda/>
9. <https://morski.hr/2021/11/22/foto-video-zaplovio-prvi-potpuno-autonomni-elektricni-teretni-brod-na-svijetu/>
10. <https://www.poslovnih.hr/svijet/prosireni-panamski-kanal-je-tesko-isplativa-investicija-314532>

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1: ISO kontejner..... | 5 |
| Slika 2 : Malcolm McLean..... | 6 |
| Slika 3: Gateway City- prvi specijalizirani kontejnerski brod | 7 |
| Slika 4: Oznake na kontejneru..... | 8 |
| Slika 5: Tehnički parametri ISO kontejnera i prikaz dimenzija | 10 |
| Slika 6: Prikaz univerzalnog kontejnera | 11 |
| Slika 7: Prikaz i dimenzije kontejnera s izotermičkim obilježjima | 12 |
| Slika 8: Tereti u bačvama i kutijama | 14 |
| Slika 9: Prikaz kontejnerskog broda..... | 17 |
| Slika 10: LO-LO brodovi..... | 19 |
| Slika 11: Kontejnerski terminal u Kini (Shanghai) | 21 |
| Slika 12: Specijalni zahvatni elementi kod prekrcanja..... | 22 |
| Slika 13: Čeonni viličari koji se koriste u kontejnerskim terminalima | 22 |
| Slika 14: Super Post panamax dizalice | 23 |
| Slika 15: Konstrukcija broskog trupa | 25 |
| Slika 16: Generacije kontejnerskih brodova | 26 |
| Slika 17: Prvi prenamjenski kontejnerski brod „Ideal X“ | 27 |
| Slika 18: Kontejnerski brod druge generacije u ranim fazama razvoja (Fairland) | 28 |
| Slika 19: Kontejnerski brod „Neptune Garnett“..... | 29 |
| Slika 20: Kontejnerski brod četvrte generacije President Truman..... | 30 |
| Slika 21 Proširenje Panamskog kanala | 31 |
| Slika 22: Kontejnerski brod „Emma Maersk“..... | 32 |
| Slika 23: Kontejnerski brod „Mærsk Mc-Kinney Møller“ | 33 |
| Slika 24: Kontejnerski brod „TEU Ever Ace“ | 34 |
| Slika 25: Prikaz loga „MASS“ | 38 |
| Slika 26: Prikaz loga „Munin“ inicijative | 39 |
| Slika 27: Prikaz loga „AWA“inicijative | 40 |
| Slika 28: Autonomni brod „Yara Birkeland“ | 42 |
| Slika 29: Prikaz rute broda „Yara Birkeland“ | 43 |
| Slika 30: Prikaz loga „IMO“ | 46 |
| Slika 31: Prikaz objekata snimljenih s radar (desno) i liDER tehnologijom. | 48 |
| Slika 32: Inmarsat satelitska komunikacija..... | 50 |
| Slika 33: Način funkcioniranja AIS sustava | 52 |

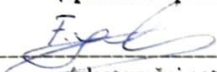


IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

~~Sam~~ diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Filip Petanjek (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog/diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Razvoj modernih knjiž. radova i autorom (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Filip Petanjek (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog/diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom baza modernih knjiž. radova i autorom (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)