Automatizirani pomorski kontejnerski terminali

Krstulović, Duje

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:403035

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

DUJE KRSTULOVIĆ

AUTOMATIZIRANI POMORSKI KONTEJNERSKI TERMINALI

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

AUTOMATIZIRANI POMORSKI KONTEJNERSKI TERMINALI

ZAVRŠNIRAD

MENTOR: **STUDENT:**

Doc. dr.sc. Goran Belamarić, kap. **Duje Krstulović**

(MB:0171271266)

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

U ovom radu osvrnut će se na prednosti i mane automatizacije terminala, njihovu ulogu u pomorskom prijevozu kontejnera, funkcioniranje i tehničko – tehnološke značajke te princip rada u najpoznatijim automatiziranim kontejnerskim terminalima.

Spomenut će se kontejner kao teret, začetnici kontejnerskog tereta i kontejnerskog prijevoza uz objašnjeni uvod i postupnu evoluciju kontejnerskog pomorskog prometa. Pojašnjena povijest i statistika kontejnerskog prometa prije automatizacije poslužit će kao pokazatelj i usporedba funkcionalnosti terminala danas, razlika učinkovitosti i efikasnosti nekada i danas.

Prikazat će se projektiranje, modeliranje, simulacija i procjena nekoliko automatiziranih terminala. To uključuje terminal koji upošljava automatski vođena vozila (engl. *Automated Guided Vehicle - AGV*) te automatizirani terminal s linearnim sustavom prijenosa motora (engl. *Linear Motor Conveyance System - LMCS*). Unatoč tome što je prvi dodir s automatizacijom bio prije više od dva desetljeća, tek od nedavno se aktivno implementira u praktičnom radu. S ciljem vjerodostojnijeg objašnjavanja prikazat će se praktičan rad i princip rada u najuspješnijim i trenutno najpoznatijim pomorskim kontejnerskim terminalima.

Ključne riječi*: kontejner, automatizacija, AGV, terminal*

ABSTRACT

Thisfinal work focuses on advantages and disadvantages of terminal automation, their role in maritime container transportation, operation and technical-technological features, and the principle of operation in the most well known automated terminals.

Container will be described as cargo and as well as initiators of container transportation, with th eexplained introduction and the gradual evolution of container shipping. Explained history and statistics of container traffic before automation will serve as an indicator and comparison of terminal functionality today and before, as well as differences in efficiency before and today.

Design, modeling, simulation and evaluation of several automated terminals will be displayed. This includes a terminal that employs an Automate Guided Vehicle (AGV) and a Linear Motor Conveyance System (LMCS) powered by terminal. Despite the fact that the firs tcontact with automation was more than two decades ago, it has only recently been actively implemented in practical work. With a view to a more credible explanation, practical work and the principle of work incurrently most known maritime container terminals will be presented.

Keywords*: container, automation, AGV, terminal*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. KONTEJNER KAO TERET 2
   2.1. POVIJEST PRIJEVOZA KONTEJNERA 4
   2.2. KONTEJNERIZACIJA 6
3. AUTOMATIZACIJA KONTEJNERSKIH TERMINALA 8
   3.1. RAZVOJ AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA 8
   3.2. OPREMA AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA 12
      3.2.1. Sustav identifikacije kontejnera u automatiziranom terminalu 16
   3.3. AUTOMATIZIRANI TERMINALI POGONJENI AUTOMATSKI VOĐENIM VOZILIMA 16
      3.3.1. Navigacija automatski vođenih vozila u terminalu 19
      3.3.2. Automatski vođena vozila u luci Rotterdam 20
   3.4. SUSTAV LINEARNOG PRIJENOSA MOTORA KOD AUTOMATIZIRANIH TERMINALA 22
   3.5. GRID SUSTAV U AUTOMATIZIRANIM TERMINALIMA 24
   3.6. TERMINALI S AUTOMATSKIM SKLADIŠTENJEM /PREUZIMANJEM KONTEJNERA 27
4. AUTOMATIZIRANI KONTEJNERSKI TERMINAL LOS ANGELES 30
   4.1. AUTOMATIZACIJA LOS ANGELES TERMINALA 30
5. ZAKLJUČAK 34
LITERATURA 35

1. UVOD

Terminali su mjesta na kojima se susreću dvije ili više prometnih grana radi dovoza i odvoza robe za transport, mjesta za skladištenje i sl. Održivost na svjetskom tržištu je moguća jedino ako se pravodobno i periodično razvija suvremena transportna tehnologija te ako se konstantno razvijaju terminali i prometna čvorišta opremljena specijaliziranim prekrcajnim sredstvima.

Tehnološki razvoj i automatizacija znatno su pridonijeli smanjenju troškova, radne snage i poboljšanju kvalitete prijevoza kontejnera. Tako dizalice, viličari, suvremeni transporteri i ostali prijenosnici omogućuju efektivnije i organiziranije skladištenje robe. Uvođenje automatski vođenih vozila potaknulo je potpuno novi koncept manipulacije kontejnerima te označilo novo doba automatizacije na terminalima, što podrazumijeva inovativni sustav simulacija i računalnog oponašanja rada kontejnerskih terminala.

Automatizirani kontejnerski terminali su potencijalni kandidati za poboljšanje izvedbe kontejnerskih terminala i zadovoljavanje izazova u budućnosti s obzirom na konstantan porast pomorske trgovine i porast kapaciteta brodova odnosno tereta. Nedavni napredak u elektronici, senzorima pokreta, informacijskim tehnologijama i umjetnoj inteligenciji čine razvoj potpuno automatiziranih terminala tehnički izvedivo.

Europske države su među prvima prihvatile novi koncept kontejnerskih terminala s ciljem veće operativnosti i efikasnosti rada terminala, dok su Američke države zaostale za ovakvom tehnologijom, jer je vide kao veliku opasnost za radna mjesta. Smatra se kako će konkurencija na svjetskom tržištu ipak početi stavljati pritisak na sve strane uključene u suradnju kako bi se poboljšala produktivnost i smanjio trošak korištenjem naprednih tehnologija i automatizacije.

2. KONTEJNER KAO TERET

Naziv kontejner potječe od engleske riječi „*container*“ (*contain* – sadržavati), a označava sve ono što u sebi može sadržavati nešto drugo. Kontejner je manipulacijskaprijevozna oprema, najčešće u obliku zatvorene posude, koja služi za formiranje krupnih manipulativnih jedinica tereta u cilju racionalizacije manipulacijskih i skladišnih operacija. Godišnja proizvodnja kontejnera iznosi oko 700 tisuća kontejnera raznih dimenzija i namjena. S obzirom na sve veću potražnju, osnovane su specijalizirane kompanije koje se bave proizvodnjom i iznajmljivanjem kontejnera. Danas su najviše u upotrebi kontejneri *ISO* standardnih dimenzija, te se prema *ISO*međunarodnoj organizaciji svrstavaju u dvije osnovne skupine:

- prva skupina: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, i 1F,
- druga skupina: 2A, 2B, i 2C. [2] [15].

Nosivost prve skupine je 5 do 30 t, a druge skupine je do 7 t. Kao najvažniji elementi usporedbe među kontejnerima koriste se: nosivost, volumen, operativna površina i utovarno – istovarni elementi (otvori). Kod izračuna nosivosti kontejnera, uzima se u obzir da 15% - 20% mase otpada na samu masu kontejnera, dok se kod volumena očekuje iskorištenje prostora veće od 80%. Kontejneri se još mogu podijeliti na mnogo načina, ali dvije najosnovnije podjele su prema namjeni i s obzirom na veličinu. Prema namjeni, dijelimo ih na:

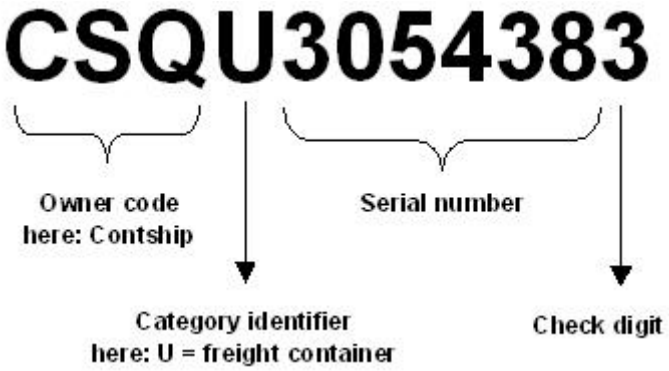
- univerzalne kontejnere,
- specijalne kontejnere.

S obzirom na veličinu i kapacitet kontejnera, najosnovnija podjela je:

- 20-stopni kontejner (20*ft*),
- 40-stopni kontejner (40*ft*). [2] [15]

Zbog univerzalnog izgleda kontejnera kao tereta, uveden je identifikacijski sistem uz pomoć kojeg se lakše evidentira i prepoznaje određeni kontejner, što je jako bitna stavka pri ukrcaju i iskrcaju kontejnera na terminalu. Ovaj sistem uveden je konvencijom *ISO* 6346 koja se odnosi na označavanje, identifikaciju i kodiranje kontejnerskog tereta korištenog u pomorskom prometu. Identifikacijski sistem sastoji se od 4 osnovna dijela, a to su:

- Vlasnički kod (engl. *Ownercode*),
- Identifikator kategorije tereta (engl. *Categoryidentifier*),
- Serijski broj (engl. *Serialnumber*),
- Broj provjere (engl. *Checkdigit*)[15].



Slika 1: Grafički prikaz kontejnerskih oznaka [7]

Vlasnički kod se sastoji od tri velika pisana slova latinske abecede koji indiciraju vlasnika određenog kontejnera. Kod mora biti registriran i odobren od *Bureau Internationaldes Conteneurs*, kako bi se osigurala unikatnost koda.[15]
Identifikator tereta se sastoji od jednog velikog pisanog slova latinske abecede te su 3 glavna identifikatora:

- *U* za sve prijevoznike kontejnera,
- *J* za kontejnere sa odvojivom opremom,
- *Z* za prikolice i podvozja.[15]

Serijski broj se sastoji od 6 numeričkih brojeva, koji označavaju točno određeni kontejner u floti istog vlasnika. On je unikatan i ne smije se ponavljati u istoj floti.

Broj provjerese sastoji od jedne numeričke znamenke koja služi za provjeru ispravnosti i prijenosa vlasničkoga koda. Da bi se izračunala kontrolna znamenka, mora se odraditi proces pretvorbe iz slova u brojeve (Slika 1.).[15]

2.1. POVIJEST PRIJEVOZA KONTEJNERA

Kroz cijeli razvoj civilizacije, transport dobara i robe morem je bio jedan od ključnih faktora koji su utjecali na sam razvoj. Za primjer se mogu uzeti stari Egipćani, koji su za prijevoz morem koristili korpe. Zbog raznovrsnih roba i materijala koji su morali biti prevezeni, uveden je kontejnerski promet, jer je to jedini oblik prometa koji različite terete ujedinjuje u manje jedinice i prevozi do odredišta. Početak prijevoza kontejnera morem većina smatra od 26.travnja 1956.godine. Na taj dan je započeo ukrcaj prvih kontejnera na palubu broda Ideal X. To je bio tanker, koji je kasnije preuređen za prijevoz kontejnera, te je plovio na ruti od *Port Newarka* do *Houstona*. Prevozio je 58 kontejnera od 33 stope. Već 1957. godine preuređuje se brod iz Drugog Svjetskog rata, *Gateway City* te postaje kontejnerski brod koji je imao kapacitet od 226 kontejnera. Plovio je na ruti između Puerto Rico-a i luka u Meksičkom zaljev. Ovi brodovi su označili početak novog razdoblja u pomorskom prometu, a najveće zasluge za to dobio je *Malcolm McLean*, „otac kontejnerskog prometa“, kako ga nazivaju. Potaknuti uspjehom i praktičnosti trgovine kontejnerskim putem, 23. travnja 1966.godine izvršen je prvi prijevoz kontejnerski brodom preko Atlantika. Brod pod nazivom *Fairland*, u vlasništvu kompanije *SeaLand*, isplovio je s 226 kontejnera ukrcanih na palubi. Prvotni ciljevi transatlantskog prometovanja i poslovanja su bili opskrba američkih vojnih snaga u *Vietnamu*. No ekonomičnost i isplativost takvog putovanja je bila mala, s obzirom da je brod plovio pun prema Vijetnamu, a vraćao se prazan. Takav splet okolnosti je potaknuo *Malcolma McLeana* i *SeaLand* na širenje poslovanja i modifikacije rute. Tada se ruta mijenja, pa nakon Vijetnama brodovi prazni odlaze u Japan i Hong Kong, te se vraćaju u Sjevernu Ameriku. Ovime je obilježena prva transpacifička kontejnerska komercijalna ruta. S obzirom da se transpacifička ruta iskazala kao iznimno važna za kontejnerski promet između kontinenata, *McLean* se udružio sa *Southern Pacific Railroad*-om kako bi razvio prvo teretno vozilo namijenjeno za prijevoz kontejnerskog tereta na kopnu [2] [15].

Danas se približno 85-90% tereta prevozi u kontejnerima ukrcanim na kontejnerske brodove, a približno 26% tih kontejnera potječe iz Kine. Od 2005. godine, 18 milijuna kontejnera je napravilo preko 200 milijuna putovanja godišnje. Konstruiraju se brodovi

koji mogu prevoziti preko 14 000 *TEU*. Predviđa se da će kontejnerski brodovi u bliskoj budućnosti biti dugi do 450m i široki do 60m, te da će im čak i Prolaz Malacca biti ograničenje. Ovakav uzlet kontejnerizacije prethodi velikom povećanju svjetske flote. Razvitak kontejnerskih brodova pratimo kroz trenutno 6 generacija:

- Prva generacija, od 1956.g. do 1970.g., bili su modificirani tankeri i brodovi za rasute terete do 800 *TEU*-a. Kontejnere su mogli krcati samo na palubi, jer je unutrašnjost bila rezervirana za generalni teret.
- Druga generacija, od 1970.g. do 1980.g., brodovi se sastoje od ćelija gdje se kontejneri slažu u redove i stupce po cijeloj dužini broda. Ovakav način gradnje omogućuje smještaj kontejnera po cijelom brodu.
- Treća generacija, od 1980.g. do 1988.g., brodovi su kapaciteta 4100 *TEU*-a, duljine 250-280 metara i gaza 12 metara. Dosegli su maksimalne dimenzije brodova kojima mogu proći kroz Panamski kanal, pa se treća generacija naziva Panamax.
- Četvrta generacija, od 1988.g. do 2000.g., brodovi su nosivosti do 5000 *TEU*-a, duljine 305-320 metara i gaza 13 metara. Prerastaju veličinu kojom mogu proći kroz Panamski kanal, pa se nazivaju Post Panamax brodovi.
- Peta generacija, od 2000.g. do 2006.g., brodovi su kapaciteta do 8000 *TEU*-a, prosječne duljine 335 metara i gaza do 14 metara. Ova generacija naziva se Suezmax.
- Šesta generacija, od 2006.g. do danas, započinje izgradnjom broda EmmaMaersk, kapaciteta 14770 *TEU*-a. Brodovi EmmaMaersk su najveći brodovi sve do 2013.godine kada je Maersk predstavio MaerskTriple E klasu brodova kapaciteta 18000 *TEU*-a. označava: ekonomsku, energetsku i ekološku učinkovitost.
- Sedma generacija**,** od 2017.godine, započela je s kontejnerskim brodom *MOL Triumph*, isporučen od tvrtke *Samsung Heavy Industries*. Kapacitet nosivosti ovih brodova je 20 000 *TEU*-a, prosječne dužine od 400 metara i širine 58,8 metara. Samo dva mjeseca nakon proizvodnje prvog ekstremno velikog kontejnerskog broda (engl. *Ultra Large Container Ship - ULCS*), isporučen je novi s još većim kapacitetom od 21 413 *TEU*-a[1] [2].

Tablica 1.Tablični prikaz karakteristika kontejnerskih brodova kroz povijest

	Konvertirani	Celularni	Panamax	Post-Panamax	Suezmax	Post-Suezmax	Megaboxer
Kapacitet (TEU)	**do 1000**	**od 1000-2500**	**od 2500-4500**	**od 4500-8000**	**od 8000-12000**	**12 000-18 000**	**20 000 i više**
Duljina(met)	**150**	**155-200**	**200-280**	**305-335**	**335-400**	**400-470**	**400-470**
Širina(met)	**17-23**	**23-30**	**30-32**	**37-43**	**43-52**	**52-60**	**58 i više**
Brzina(čv)	**17.5**	**18-21**	**22.5-24**	**25**	**25.5**	**25.5**	**25.5**
DWT (t)	**5000-13500**	**14000-26000**	**30000-55000**	**55000-93000**	**95000-137000**	**140000-240000**	**240 000 i više**
Gaz(met)	**do 9**	**9-11.5**	**11.5-12**	**12.5-13.6**	**14.8**	**15-18**	**25-33**

2.2. KONTEJNERIZACIJA

Kontejnerski brodovi su teretni brodovi koji prevoze teret kao kontejnere ili kontejnere na prikolicama tehnikom koja se naziva kontejnerizacija. Tereti koji su preveliki za prijevoz kontejnerima, prevoze se u otvorenim kontejnerima platformama. Zbog raznolikog tereta, postoje kontejnerski brodovi tzv. *RO-RO* (engl. *roll on, roll off*) koji koriste brodsku rampu za ukrcaj i iskrcaj. Koriste se na raznim kraćim putovanjima jer je njihov kapacitet mnogo manji od kontejnerskih brodova [2] [18].

Kontejnerizacija podrazumijeva upotrebu kontejnera u funkciji transportne i manipulativne jedinice, te skup međusobno povezanih sredstava za rad i tehnoloških postupaka za transport i manipulaciju sa kontejnerima. Kontejnerizacija datira još iz 1831. godine, kada su u upotrebi bili vagoni sa sanducima na željezničkoj pruzi između Liverpoola i Manchestera, što se smatra pretečom kontejnera. Nakon 1960. i MalcolmaMcLean-a, započinje nova generacija brodova specijalno dizajniranih za prijevoz kontejnera. Razvoj luka i lučkih postrojenja također prati razvoj kontejnerskog prometa. S obzirom da je to skup proces, ulaganje u njih je opravdano jedino ukoliko postoji veliki teretni promet u oba pravca.

Glavne prednosti kontejnerizacije su:

- Maksimalna iskoristivost prostora,
- Uštede na ambalaži,
- Jeftiniji transport,
- Maksimalna zaštita tereta od lomova, oštećenja i sl.[2] [18].

Glavni nedostatci kontejnerizacije su:

- Visoki početni troškovi (pojava *Leasing*kompanija),
- Kontejneri u povratku su najčešće prazni,
- Troškovi opremanja i izgrade operativnih kontejnerskih terminala,
- Velika težina samoga kontejnera, ne uključujući teret,
- Velika ulaganja za nabavu kontejnera i specijalne opreme,
- Specijalna i teška mehanizacija koje inače nema u oprema za klasično rukovanje kontejnerskim teretom,
- Neophodnost stvaranja kontejnerskog lanca – kompletan sustav luka, brodova, vlakova i željezničkih stanica, kamiona za transport kontejnera, s obzirom da tek tada dolazi do punog izražaja prednost nove prijevozne tehnologije, a za tu svrhu potrebna je i obučenost i visokokvalificirana struktura kadra, jer se sve operacije sa kontejnerima moraju vršiti brzo i precizno, bez zastoja[2] [18].

Osim navedenih, nedostatak kontejnera je što se njihovom primjenom smanjuje korišteni skladišni prostor, te što se svi tereti ipak ne mogu pomoću njih prevoziti. Poseban je problem carinjenje robe koja se prevozi kontejnerima[2].

3. AUTOMATIZACIJA KONTEJNERSKIH TERMINALA

Kontejnerski način prijevoza označio je novo razdoblje u pomorskom prijevozu robe. Zbog svoje produktivnosti i djelotvornosti jako brzo prerasta u jednu od razvijenijih načina prijevoza tereta morem. Kako kontejnerski terminali imaju za cilj efikasniji i ekonomičniji rad, automatizacija kontejnerskih terminala je neophodan dio procesa. Sve više kontejnerskih terminala usvajaju automatizirana rješenja kako bi se zadovoljili izazovi većih brodova, većih dizalica i većih količina tereta. Kao i u drugim industrijama, automatizacija igra ključnu ulogu u postizanju takvog razvoja u upravljanju kontejnerima.

Automatizirani sustavi omogućuju daljinsko upravljanje, tj. daljinsko upravljanje broda na kopnu (engl. *Ship-To-Shore - STS*) i slaganje dizalica, kao i daljinsko praćenje automatskih vrata, gdje je ljudska intervencija izuzetak. Učinkovitost operacija može se dodatno povećati integracijom tih sustava i opreme. Skladišta kontejnerskih terminala također se brzo mijenjaju u skladu sa tržištem. Prosječna veličina kontejnerskih brodova dosegla je 14 000 *TEU*-a, dok se svakog mjeseca uvodi još brodova od 19 000 *TEU*-a i više. Povećanim kapacitetom brodova broj lučkih poziva i pristanaka se smanjuje. Za primjer, na ruti Azija – Sjeverna Europa, 2007.godine, uplovljavalo je 35 kontejnerskih brodova svaki tjedan, dok je sada taj broj na 22 broda tjedno i očekuje se dodatno smanjenje [16] [18].

3.1. RAZVOJ AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA

Stalni porast internacionalne trgovine doveo je do povećanja kapaciteta kontejnerskih brodova, a u skladu s time i širenje kontejnerskih terminala. Terminali su prema tome suočeni sa sve većim brojem kontejnera koje je potrebno prekrcati ili skladištiti u što kraćem vremenu, uz što je manje moguće troškove. Automatizirani kontejnerski terminali (engl. *Automated controled terminals – ACT*) su opremljeni automatskim sustavom za manipulaciju kontejnerima koji se sastoji od automatskih vozila s dizalicom (engl. *Automated lifting vehicles – ALV*) i automatski navođenih vozila (engl. *Automated guided vehicles – AGV*). Velika prednost automatizacije dugoročno gledano je ušteda na radnoj snazi i svođenje ljudskih grešaka koje mogu uzrokovati zastoje i kvarove na minimum[3] [14].

Kod dizajniranja AGV sustava, postoje 4 glavna problema s kojima se dizajneri suočavaju:

- Kontrola prometa,
- planiranje ruta prijevoza tereta,
- otprema kontejnera odnosno lokacija na kojoj AGV treba odraditi prekrcaj kontejnera,
- dizajniranje kompleksa cesta po kojima ce se AGV-i kretati[3].

Jedan od prvih automatskih kontejnerskih terminala bio je HHLA kontejnerski terminal Altenwerder (CTA) u Hamburgu. *CTA* je također automatizirao horizontalni transport. Nakon što je *CTA* preuzeo automatizaciju, bilo je potrebno nekoliko godina prije nego što je sljedeći automatizirani terminal započeo s radom. Do 2008. godine automatizirane dizalice bile su instalirane na nekoliko terminala. Iako su automatizirani terminali u opticaju otprilikeveć dva desetljeća, trend automatizacije je tek od nedavno dobio mah. Samim time kompetencija, razumijevanje i znanje kako izgraditi moderni automatizirani terminal još nisu široko rasprostranjeni i postoje mnoge potencijalne poteškoće s kojima se izvođači susreću[21].



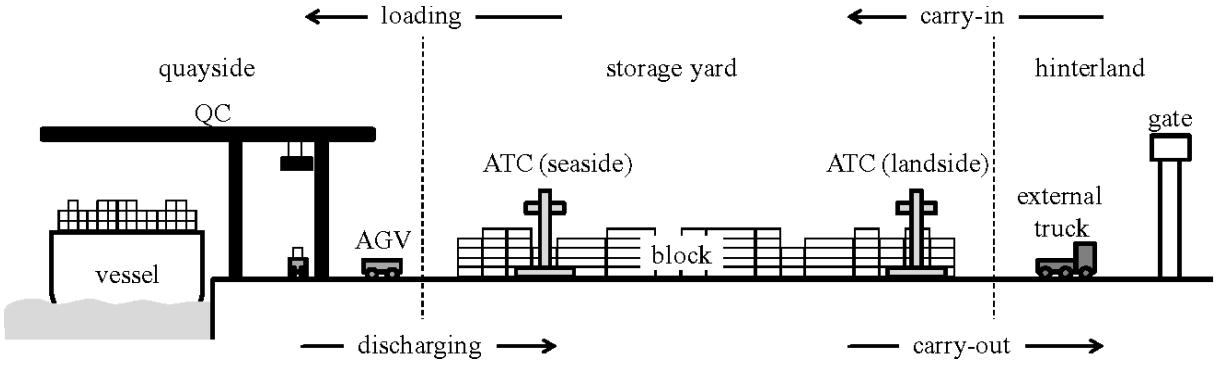
Slika 2: Automatizirana vođena vozila u terminalu [21]

Inteligentna automatizacija sada omogućuje dizalicama da se automatski prilagode promjenjivim okolnostima, optimizirajući performanse i način rada. S obzirom na izazove s kojima se terminali susreću kao pristanak većih brodova, većim količinama tereta i većim dizalicama, mogu se odrediti četiri glavna čimbenika uspjeha automatiziranog terminala:

- Učinkovite *STS* dizalice,
- inteligentne automatske podizne dizalice (engl. *Automated Stacking Cranes - ASC*),
- integracija opreme terminala i opreme broda,
- daljinsko upravljanje terminalom iz kontrolne sobe (engl. *Cargo Control Room - CCR*)[3] [14].

Automatizirani sustav luke mora biti povezan sa sustavom elektroničke razmjene podataka kojim su prije dolaska broda u luku poslani podaci o teretu i o svakom zasebnom kontejneru. Nakon pristajanja broda pri iskrcaju kontejnera automatiziranim dizalicama, sustav automatske identifikacije pruža funkciju očitanja obilježja kontejnera i provjere njihove istovjetnosti s prije poslanim podacima u lučki sustav[21].

Slika 2. prikazuje odnos i smještaj ulaza, kamiona za prijevoz tereta, lučkih dizalica, skladišta za privremeni smještaj tereta, *AGV* vozila i pristaništa broda. U ovom slučaju prikazan je najučestaliji oblik terminala (*AGV-ACT*), gdje je skladište smješteno u sredinu kako bi mu se najlakše moglo pristupiti s morske i obalne strane. Također tada je prostor smještaja kontejnera u dohvatu svih lučkih dizalica.



Slika 3: Princip rada u automatiziranom terminalu s automatski vođenim vozilima[3]

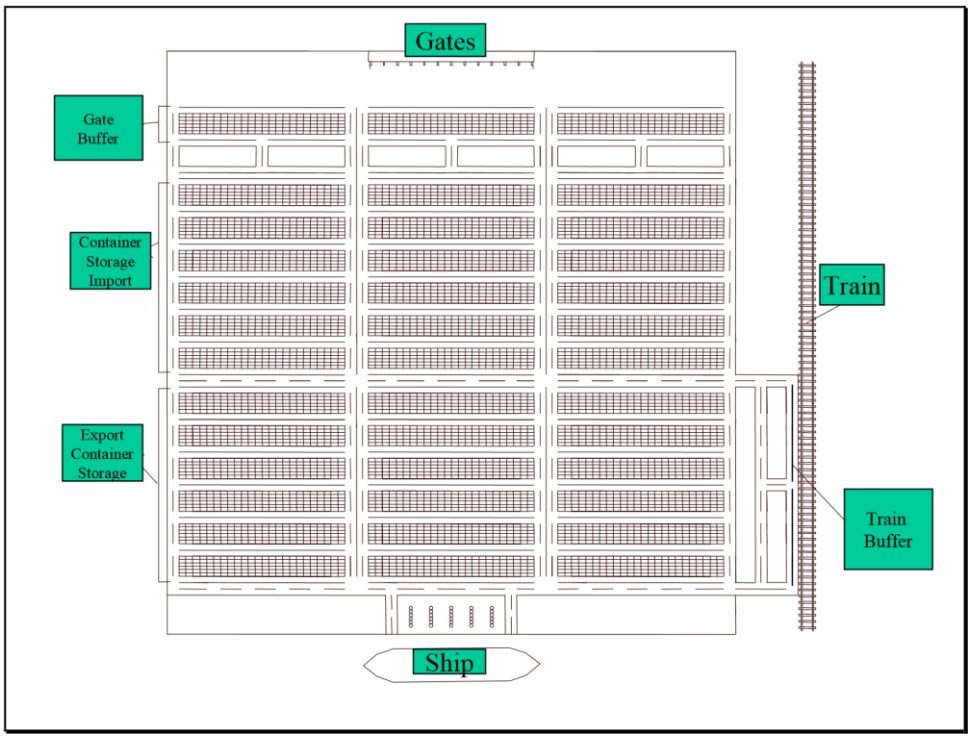
Skladište je odvojeno cestovnim prostorom koji služi za prijevoz kontejnera na terminalu uz pomoć *AGV* vozila. Ulaz je mjesto koje odvaja obalnu stranu terminala, gdje se operacije odvijaju manualno, i unutarnju (morsku) stranu terminala, gdje se operacije odvijaju automatski. Predstavlja fizičku separaciju manualnog i automatskog terminala iz razloga sigurnosti i efikasnosti. Pomaže u transportu kontejnera teretnim kamionima jer u ovom slučaju teret privremeno može biti zadržan na skladištu (engl. *Storage Yard*) nakon iskrcaja, nije potrebna instantna intervencija kamiona. Veličina i karakteristike *ACT*-a kao

što su kapacitet skladišta, broj priveza, broj dizalica i sl., ovisi o očekivanom obujmu posla i kontejnera koje taj terminal mora obraditi u jednome danu, o dolaznoj stopi broda/kamiona/vlaka i o volumenu kontejnera kojeg prevoze. Uzimajući u obzir oveparametre zajedno s opremom koja je dostupna u tom području, može se specificirati i dizajnirati adekvatan *ACT* terminal.

Prosječne karakteristike jednog *ACT* sustava su:

- Kapacitet: otprilike 22 000 *TEU*-a,
- pristanišne i obalne dizalice: 1 pristanište sa 5 dizalica, prosječna brzina svake dizalice za ukrcaj/iskrcaj je 42 prekrcaja po satu, sa mogućih 15% odstupanja,
- broj prilaznih teretnih traka (engl. *Inbound-Gate Lanes*): 9 traka, 24h su operativne, prosječno vrijeme obrade jednog kamiona je 3 min,
- broj izlaznih teretnih traka (engl. *Outbound-Gate Lanes*): 6 traka, 24h su operativne, prosječno vrijeme obrade jednog kamiona je 2 min,
- broj dizalica za ukrcaj kamiona: 6 dizalica, prosječne brzine od 34 prekrcaja po satu po dizalici, sa mogućim odstupanjem od 10%,
- broj dizalica za ukrcaj vlakova: 2 dizalice, prosječne brzine od 28.3 prekrcaja po satu po dizalici, sa mogućim odstupanjem od 10% [3] [17].

U *ACT* terminalima, čiji je osnovni princip rada pomoću *AGV* vozila, koriste se dvije vrste cesta: tranzitna cesta i radna cesta. Tranzitne ceste su označene isprekidanim linijama, dok su radne ceste označene punim linijama. Na tranzitnim cestama je strogo zabranjena ikakva vrsta ukrcaja/iskrcaja jer te ceste koriste *AGV* vozila kako bi prišli različitim područjima terminala. Ukrcavanje i iskrcavanje se obavlja na radnim cestama. Horizontalna cesta sa 4 trake odvaja skladište namijenjeno za iskrcaj i skladište namijenjeno za ukrcaj jedno od drugoga. Cijelo područje je također podijeljeno u 3 bloka s dvije vertikalne ceste sa 4 trake. Vertikalna cesta omogućava direktan pristup od ulaza s manualnog dijela terminala do pristaništa, s ciljem da teret može nesmetano putovati tim dijelom bez daljnjeg zadržavanja u skladištu. Sličan pristup se koristi i za ukrcaj/iskrcaj na željeznicu [14].



Slika 4: Podjela i raspored automatiziranog terminala [14]

Princip rada u ovakvim terminalima je jednostavan i široke upotrebe. Prvo stiže kamion na ulaz gdje se prijavljuje i dobiva odobrenje za nastavak prema skladištu. Skladišna dizalica iskrcava teret s kamiona, nakon čega kamion ili napušta skladište ili ukrcava novi teret uz pomoć dizalice također. Iskrcani teret s kamiona, dizalica odmah ukrcava na *AGV* vozilo ili ako nije dostupno trenutno, sprema ga na skladište privremeno. Teret iskrcani na *AGV* vozilo se direktno vozi na brod ili na određeno mjesto u skladištu ako je tako zahtijevano. Ukrcaj i iskrcaj na/sa *AGV* vozila obavlja lučka dizalica. Ukoliko teret mora biti ukrcan na brod, *AGV* prevozi teret do broda gdje obalna dizalica teret ukrcava na brod. Kada se radi o željeznici, lučke dizalice obavljaju sve operacije iskrcaja/ukrcaja, a teret se transportira do željeznice uz pomoć *AGV*-a. [14]

3.2. OPREMA AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA

Tehnologija i tehnike rukovanja teretom u *ACT*-u je najbitniji dio automatizacije kontejnerskih terminala. U suvremenim uvjetima poslovanja kontejnerskih terminala nemoguće je na efikasan način organizirati aktivnosti i procese bez učinkovitih automatiziranih tehnologija koje moraju omogućiti planiranje i kontroliranje svih aktivnosti i povezivanje lučkog sustava. Kontinuirano nastojanje da se smanje troškovi, poveća konkurentnost i ostvari približavanje korisnicima zadovoljavajući sve njihove

zahtjeve čine automatiziranu opremu *ACT*-a neophodnom za poslovanje kontejnerskih terminala. Automatizirana prekrcajna sredstva uvelike olakšavaju rad i zamjenjuju ljudske resurse potrebne u prekrcajnim aktivnostima, a sve prema unaprijed određenim zadatcima isplaniranim *TOS* (engl. *Terminal Operating System*) sustavom, kojeg ćemo pojasniti u nastavku. Omogućuju visok stupanj protoka tereta i znatno smanjenje vremena opsluživanja brodova. Glavni dijelovi automatiziranog terminala su:

- Automatski vođena vozila (*AGV*),
- automatska vozila sa dizalicom (engl. *Automated lifting vehicle – ALV*),
- automatske skladišne dizalice,
- operator kontejnerskog terminala[18].



Slika 5: *AGV*-automatski vođeno vozilo [13]

Automatski vođena vozila podrazumijevaju tehnička sredstva bez vozača s ugrađenim mikroprocesorom koji dekodira instrukcije i prenosi ih u navigacijski sustav. Najvažnija komponenta sustava je sučelje prema ostalim računalima u lučkom sustavu i središnjem operativnom sustavu luke. Računalo u vozilu, koristeći bežični prijenos podataka komunicira s kontrolnim centrom što omogućuje kretanje do bilo koje točke luke, pružajući učinkovito i fleksibilno manevriranje s minimalnim zahtjevima za ljudskom snagom, velikim protokom tereta uz smanjene troškove, te mogućnost kontinuiranog djelovanja. Navigacijski sustavi postojećih automatskih vozila uključuju vozilo koje slijedi

putanju podzemnih žica, foto-fluorescentni i reflektirajući materijal nanesen na pruge putanje, žiroskope. *GPS*(engl. *Global Positioning System*) sustave i tehnologije automatske identifikacije za praćenje kretanja. Osnovna obilježja koja potpuni automatizirani sustav mora imati su:

- Potpuna pokretljivost i nadgledanje u stvarnom vremenu koje omogućuje brže rukovanje,
- jedna mreža za video, glas i podatke,
- daljinsko upravljanje iz središnje kontrolne jedinice,
- točno određivanje položaja prema tragovima i IT podršci,
- integracija potpuno automatiziranih podsustava,
- smanjenje troškova,
- pouzdanost sustava.

Navedena su generalna obilježja kao osnova automatskih sustava, dok će kasnije u radu biti spomenuta detaljnija obilježja automatski vođenih vozila[14] [18].

Zbog predugog reda čekanja za ukrcaj/iskrcaj tereta u kontejnerskim terminalima, August Design je došao na ideju o automatski vođenim vozilima koja bi samostalno ukrcavala/iskrcavala brodove u luci, bez direktnog ljudskog doticaja. Ovakav tip vozila bi bio idealan za kontejnerske terminale s najvećom visinom do dva kontejnera. Koncept ovih vozila zasnovan je na temelju *AGV*-a. U ovom slučaju *AGV* bi bio opremljen sa vlastitom dizalicom, čime bi stekao sposobnost podizanja/spuštanja tereta. Naziva se automatsko vozilo s dizalicom(*ALV*), uz pomoć njega bi se zaobišao rad brodskih i lučkih dizalica i samim time bi se ubrzao proces ukrcaja/iskrcaja tereta[21].



Slika 6: *ALV*-automatsko vozilo s dizalicom [9]

Automatske skladišne dizalice koriste se primarno na kontejnerskim terminalima za razmještanje i slaganje u skladištima i odlagalištima točno određenih putanja kretanja. Kreću se na tračnicama a kretanje se kontrolira iz središnje kontrolne jedinice. Automatske dizalice rade kombinirano s *AGV*-om na način da uzimaju ili stavljaju kontejner sa ili na *AGV*. Većina aktivnosti na terminalu započinje ili završava na skladišnoj zoni, stoga proces skladištenja mora biti učinkovit i usklađen sa ostalim aktivnostima [21].

Operator kontejnerskog terminala je osoba zadužena za planiranje,koordiniranje i kontrolu svih aktivnosti na kontejnerskom terminalu. Pri svom radu koristi nekoliko sustava od kojih je najvažniji *TOS* (engl. *Terminal Operating System*) sustav za prekrcajne aktivnosti.

- *TOS* – sustav za direktno planiranje prekrcajnih aktivnosti na terminalu,
- ulazni sustav (engl. *Gate System*) – sustav kontrole i identifikacije kontejnera, propisi za kontejnere, sigurnosne mjere,
- komunikacijski sustav (engl. *Community System*) – sustav za povezivanje lučkih subjekata razmjenom informacija i elektroničkih poruka,
- razvojni sustav (engl. *Engineering*) – sustav za razvijanje i praćenje tehnoloških inovacija na prekrcajnim sredstvima i dijagnosticiranje kvarova,
- pomoćni sustav (engl. *Ancilliary system*) – pomoćni sustav za upravljanje praznim odlagalištima i postajama za popravak kontejnera,
- *OCR Handling* – sustav manipulacije i praćenja kontejnera temeljen na optičkom sustavu čitanja (engl. *Optical Character Reading*) tragova u svrhu pripreme kontejnera za prekrcaj,
- *Equipmentcontrol* – prati rad i funkcionalnost opreme na terminalu, trenutne pozicije dizalica i slične opreme te provodi i kontrolu *RFID* (engl. *Radio Frequency Identification System*) komponenti,
- *PLC/SCADA* (engl. *System Control and Data Acquisition*) - sustav za praćenje i kontrolu opreme, osobito automatski navođenih prekrcajnih vozila putem programibilnog logičkog kontrolora (*PLC*) te *SCADA* sustava za prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu [20].

Svaki od ovih sustava mora biti povezan s adekvatnom bazom podataka. Točni i brzi podatci ključni su za uspješan rad ovih sustava. Jedan od načina stvaranja pouzdane baze podataka je klasifikacija podataka i upravljanje životnim ciklusom informacija[20].

3.2.1. Sustav identifikacije kontejnera u automatiziranom terminalu

Evolucijom informacijsko-komunikacijskih tehnologija omogućen je razvoj sustava za identifikaciju i praćenje kontejnera. Važnost ovih sustava proizlazi iz potrebe za nadzorom nad kontejnerom i njegovim sadržajem u luci te za praćenjem kontejnera od ishodišta do odredišta.

Za luku, najvažnije vrijeme identifikacije i praćenja nastaje dolaskom kontejnera u lučko područje. Jedna od najčešće korištenih tehnologija identifikacije je RFID (*Radio Frequency Identification Technology*), tehnologija temeljena na principu bežičnih čitača. Čitači pomoću radiovalova očitavaju najvažnije informacije o kontejneru i koriste se najviše kada se kontejneri odlažu na slagalište. U nekim slučajevima pravi sadržaj kontejnera ne odgovara opisu u dokumentima i čitačima. Korištenjem rendgenskih (X-ray) skenera skenira se cijeli sadržaj kontejnera na principu rendgenske snimke. Kao nadopunjujući sustav koriste se *Heartbeat* detektori (detektori otkucaja srca) za detekciju živih bića u kontejneru.

Korisnici su ključni subjekt dobavnog lanca, stoga njihove želje nisu više ograničene samo na smanjenje troškova, nego žele biti upoznati i sa statusom svoje pošiljke u svakom trenutku. Da bi se uspješno odgovorilo na zahtjeve korisnika osmišljen je cijeli sustav upravljanja nazvan *Customer Relationship Mangement* – Upravljanje odnosima s kupcima (korisnicima). Takav moderan sustav se temelji na bazi podataka povezanoj Internet aplikacijama s korisnicima i svim subjektima dobavnog lanca. Subjekti primaju i šalju informacije u bazu podataka te su im na raspolaganju svi podaci vezani za njihove pošiljke - mjesto, vrijeme, moguće komplikacije i sl. Sustavi upravljanja odnosima s korisnicima povezani su sa sustavima za direktno praćenje kontejnera kao što je GPS (*Global Positioning System*) - globalni pozicijski sustav (jedan od novijih sustava temeljen na satelitskoj tehnologiji). Sustav minimizira mogućnost gubitka kontejnera i omogućuje kontinuirano praćenje kontejnera i na kopnu i na moru[20].

3.3. AUTOMATIZIRANI TERMINALI POGONJENI AUTOMATSKI VOĐENIM VOZILIMA

Automatizirano vođeno vozilo je vozilo koje se upravlja bez direktnog ljudskog kontakta. S njime upravlja automatizirani sustav koji je u ulozi vozača. Senzori na cesti, infrastrukturi terminala i na brodu ga opskrbljuju sa potrebnim mjerenjima i preprekama na

lokaciji na kojoj se kreće te o brzini vozila, što automatizirani sustav koristi kako bi donio ispravne naredbe za aktivatore kočnice/papučice gasa. Sve u cilju da bi vozilo stiglo neodređenu poziciju i pridržavalo se sigurne i efikasne brzine. *AGV* vozila se smatraju najfleksibilnijim tipom opreme u opremi rukovanja teretom. Njihova veličina može biti od malih nosača koji teže nekoliko kilograma do transportera koji teže 125 tona. Mjesto uporabe može biti od uredskih prostora i kretanja po tapetu do pomorskih terminala. *AGV* vozilo sastoji se od:

- Vozila.
- Upravljača (engl. *Onboard Controller*),
- Upravljačkog sustava (engl. *Management System*),
- Komunikacijskog sustava (engl. *Communication System*),
- Navigacijskog sustav (engl. *Navigation System*). [3] [14]

Upravljač AGV vozila nalazi se u samome vozilu. On je odgovoran za pokretanje procedura paljenja i gašenja. Upravlja s propulzijom, upravljačkim sposobnostima, kočenjem i ostalim funkcijama vožnje vozila. Također prati i detektira moguće greške u sistemu i moguće prepreke, pa sukladno s time izdaje potrebnu naredbu ovisno o situaciji [3].

Upravljački sustav se bavi planiranjem, rasporedom vožnje i kontrolom prometa u korištenom području vozila. Odgovoran je za optimizaciju korištenja vozila, davanje naredbi za transport poput ukrcaja/iskrcaja i za praćenje tereta u proizvodnom okruženju [3].

Komunikacijski sustav je odgovoran za prijenos podataka od AGV vozila do centralnog upravljača i obrnuto. Ovi podatci se sastoje od informacije o poziciji i statusu vozila, o poziciji od trenutno zadanog posla i poziciji o idućem zadanom poslu[3].

Navigacijski sustav pruža sigurno vođenje i navigaciju AGV vozilu u proizvodnom okruženju. Navigacija može biti bazirana na fiksno određenoj ruti kretanja vozila ili na slobodnoj ruti kretanja vozila. Kod fiksne rute AGV se mora strogo pridržavati rute i nema fleksibilnosti u mijenjanju smjera kretanja. Fiksne rute uključuju željezničke staze, žičane staze ili druge vrste fiksnih vodiča. Na slobodnoj ruti kretanja, put AGV vozila može se dinamički mijenjati. Ovaj sistem je autonoman i sposoban prepoznati rutu uz pomoć informacija koje prima od upravljačkog sustava, sposoban je prepoznati prepreku te samostalno izbjeći mogući sudar (koliziju) [3].

U kontejnerskim terminalima, AGV vozila su prikladna zamjena za teretne kamione koji zahtijevaju manualnu asistenciju, za prijevoz kontejnera unutar terminala. U ovu svrhu, AGV vozila su automatizirani industrijski transporteri koji mogu biti pogonjeni električnim motorima i baterijama (generator ili alternator) ili konvencionalnim dizel motorima. Moderni AGV-i mogu biti opremljeni robotičkim rukama i hvataljkama koje im omogućuju funkciju rukovanja teretom. Također mogu biti korišteni kao skladištari opremljeni vilicama, u skladištima gdje se teret skladišti do 10 metara visine. Zbog uglavnom ponavljajuće prirode pokreta unutar terminala, AGV-ovi se odlično uklapaju u operacije terminala. Najzaslužniji faktori za uspjeh AGV-a u terminalima su njihova pouzdanost i korisnost koju se može podijeliti na nekoliko osnovnih faktora:

- Visoka protočnost kontejnera,
- kontinuirani rad: 24h dnevno, 365 dana godišnje,
- visoka mogućnost kontrole i pouzdanosti,
- visoki standardi sigurnosti,
- automatizirano i konstantno rukovanje teretom,
- reducirani troškovi rukovanja teretom,
- točnost i preciznost pozicioniranja i smjera kretanja.

AGV-ovi su početni uvjeti za luke u mnogim dijelovima svijeta. Trenutno komercijalne primjene AGV tehnologije uključuju sustave u luci Rotterdam, Singapur, Los Angeles i mnogim drugim[14] [3].

Unatoč rasprostranjenosti i velikoj uporabi *AGV* vozila, još uvijek ova vrsta tehnologije nije 100% provjerena i ima svojih nedostataka koji zahtijevaju daljnji razvoj i nadogradnju. Najveći nedostatak u operativnosti *AGV* vozila leži u organizacijskom sustavu, gdje je kontrola prometa glavni čimbenik. Razlikujemo dvije kontrole prometa:

- Centralnu kontrolu prometa (engl. *Central traffic control*),
- Raspodijeljenu kontrolu prometa (engl. *Distributed traffic control*).

Centralna kontrola prometa je sustav gdje sve kretnje u terminalu su direktno kontrolirane i usmjerene od samog sustava. Ova metoda se također koristi u *Delta Port* u Rotterdamu[14].

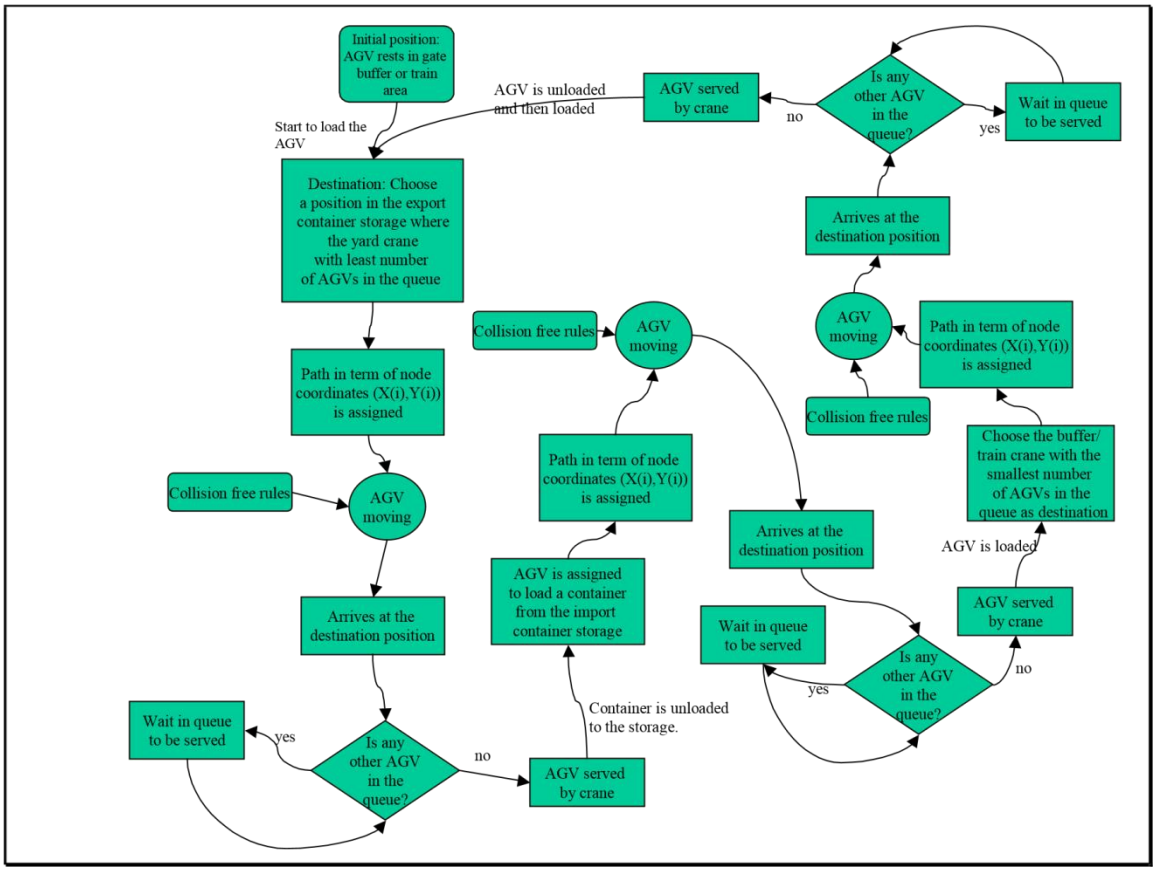
Kod raspodijeljene kontrole prometa, *AGV* vozila su opremljena s određenim obrascem umjetne inteligencije koja ih usmjerava i traži rješenja u slučaju izvanredne situacije. U ovakvom konceptu, komunikacija sa *AGV* vozilima je znatno smanjena i reducirana samo na instrukcije u slučaju izvanredne situacije. Kontrola svih vozila je reducirana samo na ukupnu koordinaciju vozila u terminalu[14].

3.3.1. Navigacija automatski vođenih vozila u terminalu

Transport tereta u terminalu pomoću *AGV* vozila u *AGV-ACT* mora biti potpuno siguran i efikasan bez mogućnosti sudara. Terminal u ovom slučaju može se prikazati kao mreža križanja gdje se odvija ukrcaj/iskrcaj. Centralna kontrola mora garantirati konstantan protok prometa, omogućiti mobilnost i riješiti moguće rizične situacije. U prometu s dvije trake, *AGV* vozilima je dozvoljeno kretanje u desnoj traci. Nakon što je određena destinacija ukrcaja i iskrcaja tereta, određuje se najbrža i najbliža ruta uz pomoć mreže križanja i cesta. Moguća susretanja i sudare između dva ili više *AGV* vozila, možemo podijeliti u 3 situacije:

- Prilazak križanju iz različitih smjerova u isto vrijeme. U ovakvim situacijama se koristi pravilo tko prvi stigne u križanje,ima pravo prolaska (engl. *Modified First Come First Pass*). Iako je pravilo kompliciranо u slučaju nailaska više vozila u isto vrijeme, može efikasno riješiti problem sa konstantnim protokom vozila bez sudara. Ukoliko više vozila prilazi križanju u različitom vremenskom razdoblju,nastavljaju svojom rutom bez zaustavljanja. Svako drugo vozilo čeka na svoj red prolaska, dok u slučaju dolaska dva vozila u identično vrijeme na križanje, pravo prolaska se određuje nasumično[3].
- Transport istom rutom, različitim brzinama. U ovoj situaciji može doći do sudara zbog identične rute transporta a različite brzine vozila, jer prosječna brzina vozila sa teretom je 6.8 mph, a bez tereta 10 mph. Da bi spriječili ovakvu vrstu sudara, koriste se zone smanjene brzine(engl. *Low Speed Zones*) u prostorima gdje bi moglo doći do susreta *AGV*-a sa teretom i *AGV*-a bez tereta. Kada *AGV* ulazi u zonu smanjene brzine, onda prilagođava brzinu onoj kojom vozi *AGV* sa teretom. Ove zone se nalaze uz područje veza, iz razloga što je to najprometnije područje *AGV*-a s ukrcanim teretom [3].
- Nenajavljeno zaustavljanje *AGV* vozila. Za sprječavanje ovakvih situacija, određen je sigurnosni razmak između dva *AGV* vozila koja putuju u istom smjeru od 45 stopa, iz razloga ako se *AGV* zaustavi zbog odrađivanja zadanog zadatka ili iz neke

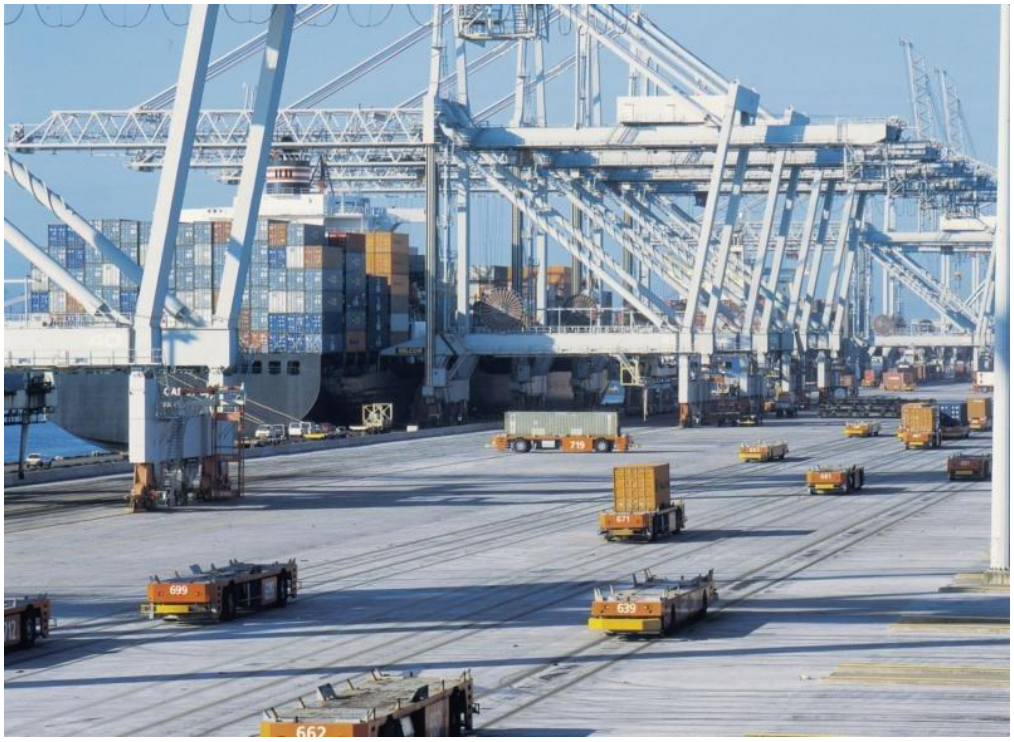
određene hitnosti, popratno *AGV* vozilo tada ima dovoljno vremena za zaustavljanje bez rizika od sudara između dva vozila[3].



Slika 7: Shematski prikaz principa rada *AGV* vozila u prometu u terminal [3]

3.3.2. Automatski vođena vozila u luci Rotterdam

Delta Port terminal u Rotterdamu koristi AGV vozila za transport kontejnera iz skladišta (uz pomoć potpuno automatiziranih skladišnih dizalica) do betonskog platoa za ukrcaj/iskrcaj. Kroz ovaj terminal u prosjeku prođe 500 000 kontejnera svake godine. Jedan je od tehnološki najnaprednijih terminala koji trenutno postoji. Radi konstantno, 363 dana u godini i lociran je na poluotoku Maasvlakte, blizu Sjevernog mora. *ECT* (engl. *Europe Combined Terminals*) razvili su ovaj terminal u suradnji sa *Siemens*, *Nelcon* i *FROG Navigation System* (FNS)[18].



Slika 8: Automatizirani kontejnerski terminal u Rotterdamu opremljen*AGV* vozilima [11]

Centralni kontrolni sustav navodi *AGV* vozila i daje im instrukcije s obzirom na njihovu iduću zadaću. *AGV* vozila korištena u luci Rotterdam, izgrađena od njemačke firme Gottwald, rade na principu dizel hidrauličnih motora. Svaki *AGV* je prosječne težine 14 tona i nosivog kapaciteta do 40 tona. U početku terminal je brojio 58 *AGV* vozila, ali do sada taj broj se povećao na 150. Kreću se bez pravljenja glasnih zvukova, a prosječna brzina im je 6.8 *mph* (engl. *Miles per hour*), vođeni transponderima koji se nalaze ispod pločnika na intervalima svakih 6.46 stopa. Računalo na vozilu daje naredbe o kretanju vozila i ujedno prati servisne zahtjeve. U slučaju servisiranja, *AGV*-i su dizajnirani tako da mogu biti podignuti kontejnerskim prijenosnikom i biti odneseni direktno u servis na terminalu. 25 skladišnih kontejnerskih dizalica (*ASC, Automated Stacking Cranes*) kreću se terminalom brzinom 9.3 *mph* i mogu slagati skladište 42 kontejnera dugo, 6 kontejnera široko i 2 kontejnera visoko. [21]

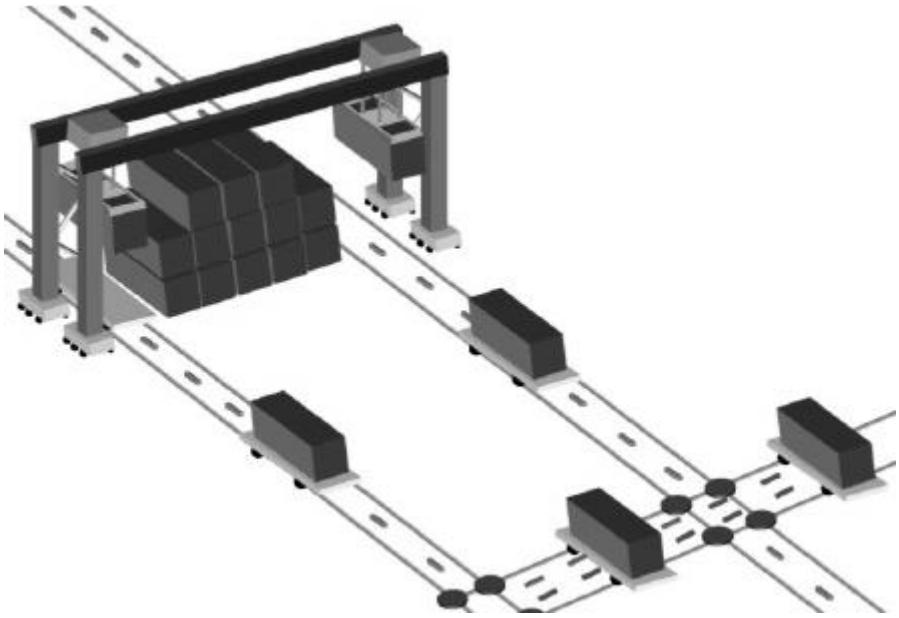
FROG (engl. *Free Ranging on Grid*) sustav osmislio je sistem koji koristi fiber optičke vodove i transpondere koji se nalaze u cijelom proizvodnom području u svrhu konstantnog informiranja o poziciji. Između transpondera, vozila koriste svoj vlastiti navigacijski sustav. Originalni sustav je imao propusta, no kompanija

zadovoljnaefikasnošću i utjecajem nastavila je sa proizvodnjom i usavršavanjem. Glavni razlog uvođenja i korištenja *AGV* vozila u *Delta Port* u Rotterdamu je smanjenje troškova rada, eliminiranje ljudske greške i postizanje konstantnog rada 24/7 (24h, svaki dan u tjednu). Prema informacijama od glasnogovornice ECT-a, automatizacija je smanjila radne troškove za 25% [18].

3.4. SUSTAV LINEARNOG PRIJENOSA MOTORA KOD AUTOMATIZIRANIH TERMINALA

Sustav linearnog prijenosa motora svrstava se u tehnologije koje se tek od nedavno razmatraju kao odgovarajući način rukovanja teretom. Prototip ovakvog načina prijevoza tereta je konstruiran i uspješno testiran prvi put u Eurokai kontejnerskom terminalu u Hamburgu. Uspješnost i razlog opremanja terminala sa sustavom linearnog prijenosa motora leži u njegovoj visokoj točnosti pozicioniranja pri ukrcaju/iskrcaju tereta, pouzdanosti sustava i autonomnosti. Linearni indukcijski motor funkcionira na istom principu kao i osnovni konvencionalni rotacijski indukcijski motor, osim zavojnice koja se inače omotava oko osovine, u ovom slučaju cijeli sustav se odmotava u linearnu konfiguraciju. Struja koja protječe kroz ravni stator pomiče ravnu metalnu plohu, smještenu iznad statora, koja se rotira kao da je rotor. Kontroliranjem niza linearnih motora koji su smješteni ispod platforme, može se precizno i uspješno pomicati platforma. [3] [14]

Glavne prednosti i karakteristike linearnog načina prijenosa motora su pouzdanost samih motora kao pokretača i njihov dugi životni vijek. Platforme, koje su pogonjene tehnologijom linearnih motora, upravljene su bez direktnog prisutvu i utjecaja čovjeka te imaju samo nekoliko pokretnih dijelova. Sklop kotača na platformi je jedini pomični dio platforme. Uz to, nikakva snaga nije potrebna na površinskom dijelu platforme. Linearni motori se koriste u širokoj upotrebi, ponajviše u proizvodnim djelatnostima poput sustava za sortiranje. Svakako, tehnologija je također iskoristiva u proizvodnim granama koje zahtijevaju rukovanje većim teretom. Sistem poput ovoga se jako dobro uklapa u luke i lučke operacije. Ukoliko je infrastruktura terminala prilagođena ovom načinu rada te ako je oprema za rukovanje tereta osposobljena, sustav može izvoditi operacije potpuno autonomno bez ikakvih zapreka sa smanjenim troškovima rada i održavanja sustava [3] [14].



Slika 9: Princip rada linearnog sustava kod *ACT* terminala [21]

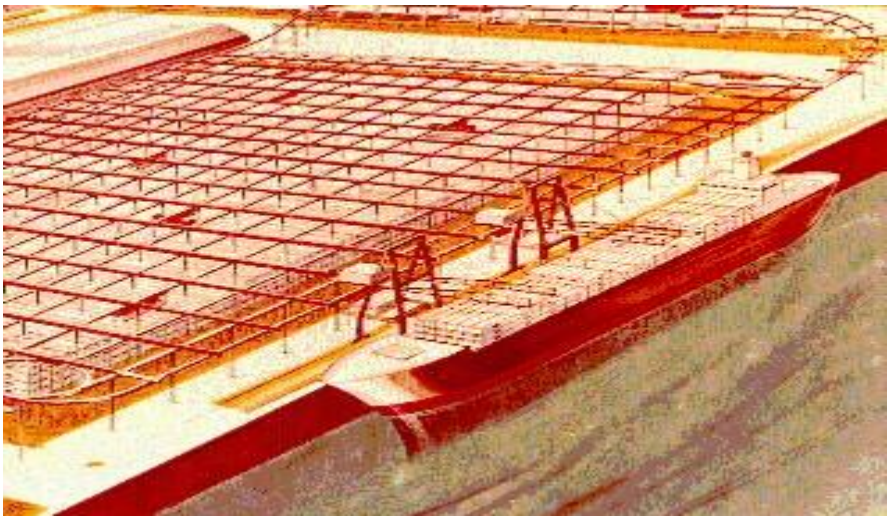
Grafički izgled sustava je identičan izgledu *AGV-ACT* sustava, osim što su prolazi i ceste drugačije namjene nego u već spomenutom sustavu. *AGV*-i su zamijenjeni transporterima koji se kreću na sistemu linearnih prijenosnih motora. Takav tip transportera se može razmatrati kao *AGV* koji se kreće na fiksno određenoj ruti bez mogućnosti neočekivane promjene smjera. Kontrolna upravljačka jedinica je slična kao i u *AGV* sustavu, s jednostavnijim logičkim sklopom. Broj lučkih dizalica je isti kao i u *AGV* sustavu, dok je brzina praznih transportera 5 mph (engl. *Miles per hour*), a ukrcanih transportera 10 *mph* otprilike. Zbog velikih sličnosti između dva navedena terminala, učinkovitost, produktivnost i efikasnost dvaju terminala je skoro slična. Najveća razlika je što *AGV* vozila imaju slobodu kretanja i zahtjevniji upravljački logički sklop, dok se transporteri u linearnom sustavu kreću po fiksnim rutama. Linearni sustav je skuplji i manje profitabilan od *AGV* sustava. Prosječna potrošnja po kontejneru u linearnom sustavu je 147.1 $. Trošak gradnje i osposobljavanja po dijelu skladišta (engl. *Per yard*) je 50 000 $, dok je u *AGV* sustavu prosječna potrošnja po dijelu skladišta 20 000 $. Najveću razliku u cijeni čini trošak instalacije *LMCS* sustava na terminalu. Cijena uključuje pripremu zemljišta, trošak fiksnih vodiča transportera (tračnica) i trošak instalacije. Glavna prednost korištenja linearnog sustava je pouzdanost i jednostavan i lagan način održavanja sistema. *LMCS* sustav će biti ravnomjeran i kompetitivan na tržištu s *AGV-ACT* sustavom kada se smanji trošak instalacije, no takvo rješenje za sada još nije pronađeno[3] [14].

3.5. *GRID*SUSTAV U AUTOMATIZIRANIM TERMINALIMA

Dok globalna trgovina kontejnera, osobito prijevoza, progresivno raste, nestašica zemljišta i održivost terminal predstavljaju ozbiljne izazove operaterima luke. Kako bi održali svoju konkurentnost, moraju maksimalno iskoristiti korištenje zemljišta i povećati produktivnost. Iz navedenih razloga nastao je *GRID* (engl. *Goods Retrieva land Inventory Distribution*) sustav, predložen od strane tvrtke BEC Industries LLC. Dva su glavna *GRID* sustava:

- Pojedinačni *GRID* sustav
- Hibridni *GRID* sustav[14].

Konfiguracija i mehanizam jednog *GRID* sustava osmišljeni su s različitim rasporedima. S obzirom na strukturu *GRID*-a, jedan od najkritičnijih aspekata predložene arhitekture je visoka učestalost sukoba među transfernim jedinicama. Zbog ograničenja pojedinačnog *GRID* sustava, hibridni *GRID* sustav je učestalija pojava kod terminala koji zahtijevaju veliku sposobnost i produktivnost. Rezultati u smislu korištenja zemljišta i produktivnosti pokazuju da hibridni *GRID* sustav ima obećavajuću budućnost u automatiziranim kontejnerskim terminalima[14].



Slika 10: *ACT* terminal pogonjen *GRID* sustavom[14]

GRID Rail sustav je dizajniran od strane firmi SeaLand-a i August Design-a. Za pogon sustava koriste se linearni inducirani motori, koji se nalaze na nadzemnim transporterima koji se kreću uzdužno po prugama sa jednim kolosijekom iznad terminala. Kontejneri su skladišteni između kolosijeka i može im se pristupiti i ukrcati/iskrcati na

brod kad god je potrebno. *SeaLand* je implementirao dio ovog sustava u jednom od najvećih i najuspješnijih kontejnerskih terminala u Hong Kongu, ali transporterima se upravlja manualno uz obavezno prisustvu čovjeka. *GRID* sustav je modularan u smislu da se sastoji od skupa rešetkastih željezničkih jedinica. Svaka je jedinica optimizirana korištenjem jedinstvenog algoritma za dispečarenje za dodijeljeni transporter u svrhu transporta kontejnera unutar skladišne jedinice[3] [14].

GR-ACT sustav je sličan *AGV-ACT* sustavu osim koncepta skladišta. *GR-ACT* terminalna skladišta su opremljena sa 8 *GR* (engl. *Grid Rail*) jedinica. Koristi se nekoliko *GR* jedinica umjesto jedne velike u svrhu veće pouzdanosti sustava, efikasnije operativnosti i pojednostavljenja rukovanja teretom. Koristi se 8 jedinica kako bi kapacitet terminala bio jednak kapacitetu *AGV-ACT* i *LMCS* terminala. Zbog velike gustoće rasporeda *GR* jedinica i nadzemnog smještaja, manja površina zemljišta je potrebna kako bi se osigurao isti skladišni kapacitet. *GR* sustav komunicira sa ostalim skladišnim sustavima uz pomoć *GR* Ulaznih/Željezničkih jedinica (1a, 2a,... 8a) i *GR* lučkih jedinica (1b, 2b,... 8b). Između svake dvije jedinice nalazi se vertikalna tranzitna cesta. Tranzitne ceste koriste se za prijevoz kontejnera, koristeći *AGV* vozila, od ulazne jedinice do pristanišnog područja. Kontejneri koji se moraju zadržati unutar terminala se skladište unutar *GR* jedinica. Jedinice 1,2 i 7,8 se koriste za skladištenje dolaznih kontejnera koji su određeni za transport kamionom ili vlakom. Jedinice 3,4 i 5,6 se koriste za skladištenje odlaznih kontejnera dovezenih kamionom ili vlakom. Svaka jedinica može obavljati samo jednu operaciju u isto vrijeme. Za primjer, transporteri unutar jedinice 1 mogu u isto vrijeme opskrbljivati jedinicu 1a ili 1b, ali ne može obje jedinice u isto vrijeme [3].

Operacije rukovanja teretom koristeći *AGV* vozila i *GR* jedinice moraju biti protočne, autonomne i bez rizika od sudara. *AGV* vozilo u jednom krugu se kreće od pristanišne ili željezničke jedinice sa kontejnerom za izvoz do lučke jedinice (3a ili 4a), gdje iskrcava kontejner i prazan nastavlja prema lučkoj jedinici (1a ili 2a). Tamo preuzima uvozni kontejner kojeg prevozi do lučke ili željezničke jedinice. Ostale 4 jedinice terminala funkcioniraju drugačije. Kada je brod prisutan, *AGV* vozilo u jednom krugu se kreće od jedinice dizalica (5b ili 6b) s kontejnerom za izvoz, iskrcava kontejner kod lučke dizalice, ukrcava uvozni kontejner kod iste lučke dizalice i prevozi ga do jedinice dizalica (7b ili 8b), gdje iskrcava kontejner i nastavlja prazan do jedinice dizalica (5b ili 6b). Ukoliko nema uvoznih kontejnera, *AGV* vozila se vraćaju prazna direktno do 5b ili 6b jedinica. Također ukoliko nema izvoznih kontejnera, *AGV* vozila se kreću od lučkih

dizalica direktno prema 7b ili 8b dizalicama. Ukoliko brod nije prisutan, operacije se odvijaju identično kao i u 1a – 4a jedinicama [3].



Slika 11: Konstrukcija rešetkastih željezničkih i *GR* jedinica [4]

Obavljene operacije *AGV* vozila u ovom sustavu su identične onima koje obavljaju u *AGV-ACT* sustavu, osim što u ovom sistemu umjesto skladišta postoji sustav transportera vođenih željezničkim kolosijecima. Logička upravljačka jedinica je također jako slična onoj u *AGV-ACT* sustavu. Razlika je što *AGV* vozila u ovom slučaju prelaze manju udaljenost za prijevoz tereta. Iz tog razloga njihov logički dizajn je pojednostavljen tako što je pretpostavljena ista brzina *AGV*-a s teretom i bez tereta. Sve transportne ceste u *GRID Rail* sustavu su namijenjene kao ceste smanjene brzine *(*engl.*Low speed zones*)[3] [14].

Karakteristike opreme u *GRID Rail* sustavu može se podijeliti na 4 osnovna faktora:

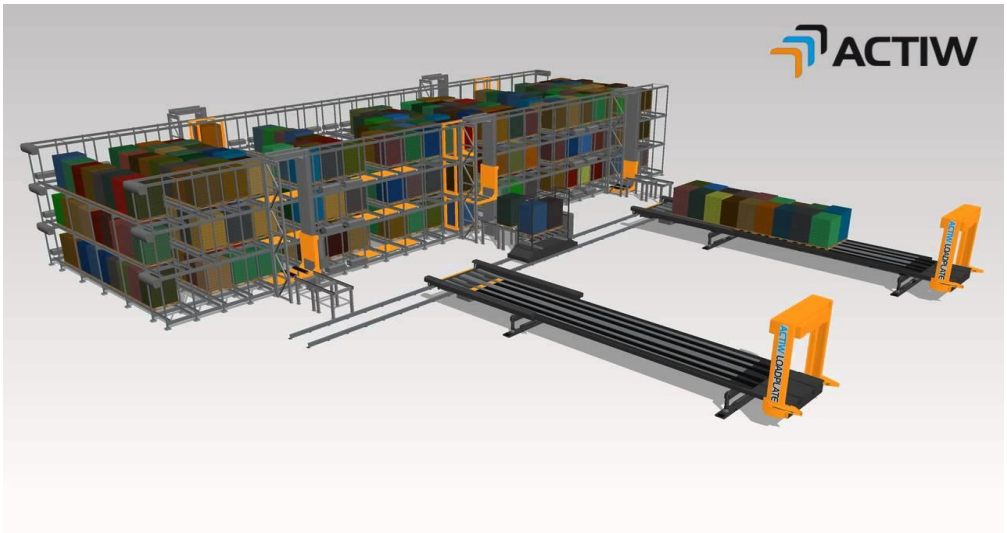
- Brzina ukrcaja/iskrcaja *GR* jedinica: potrebno je otprilike 30 sekunde, s 10% mogućih odstupanja, za ukrcaj/iskrcaj kontejnera na/sa AGV vozila.
- Broj transportera: broj transportera za svaku *GR* jedinicu je 15.
- Brzina *AGV* vozila: brzina *AGV*-a (s teretom ili bez) je u prosjeku 5 *mph*.
- Broj *AGV* vozila: broj *AGV* vozila se razlikuje od terminala do terminala, ovisno o principu rada. Broj od 69 *AGV* vozila se smatra prosječnom količinom potrebnom za nesmetani i efikasni rad terminala[3].

3.6. TERMINALI S AUTOMATSKIM SKLADIŠTENJEM/PREUZIMANJEM KONTEJNERA

U ovom poglavlju objasnit će se sustav skladištenja kontejnera koji još nije implementiran u praktičnom radu toliko često koliko su već navedeni sustavi. Ovaj sustav je osmišljen iz nužnosti i potrebe, jer se očekuje porast kontejnerskog prometa čak za 50% do 2020.godine. Najveći problem terminala predstavlja nedostatak zemljišta i skladišne površine kako bi ispratili taj obujam i porast posla. *AS/RS* (engl. *Automated Storage/Retrieval System*) bi zato trebao imati veliku ulogu u budućnosti, zbog velike gustoće pohrane kontejnera i samog načina pohrane. *AS/RS* skladišti i izvozi kontejnere samostalno. Može biti izgrađen na znatno manjoj površini nego ostali sustavi i naknadno povećati kapacitet ukupnog skladišta izgradnjom dodatnih katova za skladištenje kontejnera. Visoka produktivnost i efikasnost *AS/RS* sustava se nalazi u tome što omogućava direktan pristup bilo kojem kontejneru unutar skladišta, bez potrebe za razmještajem ostalih kontejnera[21].

Ovakav tip sustava je jako privlačan u područjima gdje je operativna površina terminala ograničena. Ovakav tip terminala se sastoji od 5 glavnih komponenti:

- Skladište,
- mehanizam za ukrcaj/iskrcaj kontejnera (engl. *Retrieval Machine - SRM*),
- struktura nosača (engl. *Rack Structure*),
- horizontalni sustav rukovanja teretom,
- glavna upravljačka jedinica (engl. *Control System*) [14].



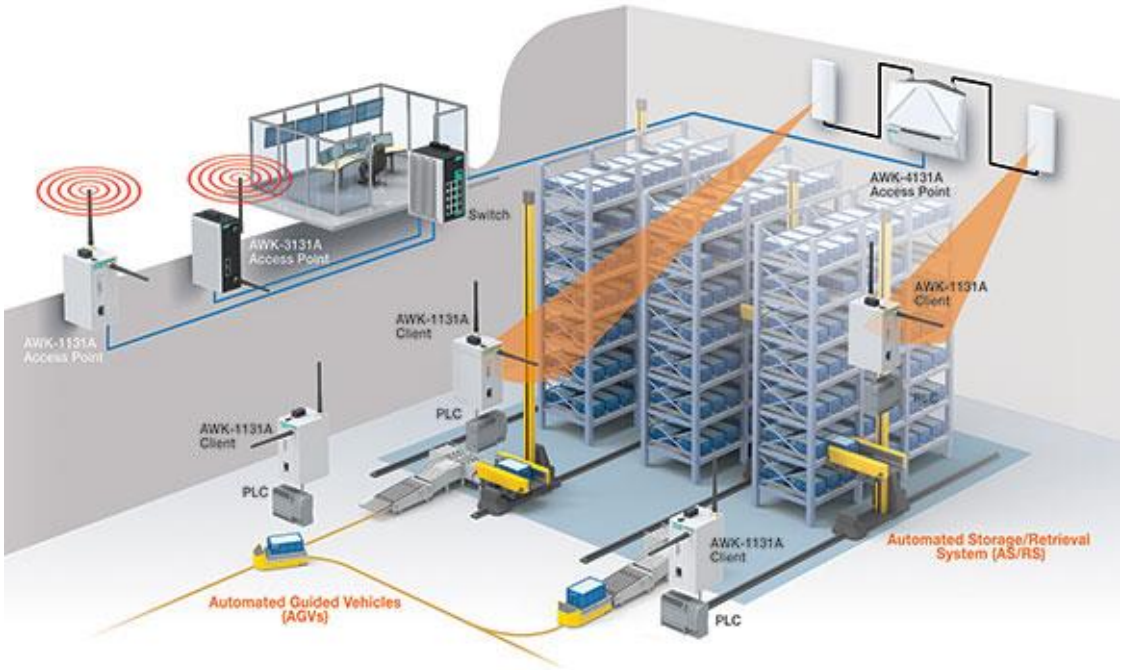
Slika 12: Princip rada *AS/RS* sustava [6]

SRM sustav se simultano kreće horizontalno i vertikalno kako bi stigao na određenu lokaciju u strukturi nosača. Putuju uz pomoć podnih tračnica vođenih električnim signalima. Originalni dizajn *AS/RS* sustava se sastojao od dvije strukture željeznih nosača koje su poslužene jednim *SRM*-om, no s vremenom se shvatilo da time nije ispunjen potpuni potencijal *SRM*-a. Napravljene su izmjene kako bi se dodatno smanjio trošak pa sada jedan *SRM* poslužuje 6 struktura željeznih nosača. Željezni nosači su izgrađeni kao fiksna struktura koja pridržava i skladišti kontejnere. Tokom vremena ostaje ista i ne mijenja se. *SRM* je dizajniran tako da se kreće od jedne željezne strukture do iduće u svrhu prijenosa i iskrcaja kontejnera. Na strukturi nalaze se dvije ukrcajne/iskrcajne jedinice, svaka na jednoj strani strukture. Svaka ukrcajna/iskrcajna jedinica ima dva mjesta, jedno mjesto je za ukrcaj kontejnera iz skladišta na *AGV* vozilo, drugo je za iskrcaj kontejnera sa *AGV* vozila. Ove dvije jedinice se još nazivaju jedinica preuzimanja (engl. *Pick-up Point*) i jedinica dostavljanja (engl. *Delivery point*), zajedničkim nazivom P/D.[14]

Izgled ovog sustava je poprilično različit od prijašnje spomenutih sustava. Za razliku od *AGV-ACT* sustava, ovdje je skladište za uvozne/izvozne kontejnere zamijenjeno sa potpuno novom konstrukcijom koja se temelji na katovima koji skladište kontejnere u visinu. Jako je sličan *GR-ACT* sustavu, osim što se umjesto *GRID Rail-a* koriste *AS/RS* sustavi za skladištenje i izvoz kontejnera. Kapacitet ovakvog sustava je u prosjeku 22 000 *TEU*-a. Ceste u ovom sustavu se dijele na radne ceste i tranzitne ceste. Radne ceste su one koje osposobljavaju prilaz ulaznoj jedinici i P/D jedinicama, dok se sve ostale ceste smatraju tranzitnim cestama. Dvije tranzitne ceste su smještene svaka na svojoj strani *AS/RS* strukture što dozvoljava direktan transport kontejnera bez potrebe za skladištenjem u procesu. Kontejneri koji trebaju biti skladišteni/primljeni u/iz *AS/RS* strukture se transportiraju uz pomoć *AGV* vozila od/do lučke dizalice ili željezničke jedinice. Posebna ukrcajna/iskrcajna jedinica, koja je dio *AS/RS* sustava, obavlja ukrcaj i iskrcaj *AGV* vozila kod *P/D* jedinice. *AGV* vozilo u jednom operativnom ciklusu prenosi uvezeni kontejner od ulazne jedinice do *P/D* jedinice, gdje se kontejner iskrcava i skladišti u strukturu te *AGV* vozilo ukrcava izvozni kontejner koji prevozi nazad do ulazne ili željezničke jedinice. U slučaju prisutnosti kontejnera, *AGV* vozilo se kreće od broda sa uvoznim kontejnerom do određene *P/D* jedinice gdje iskrcava kontejner i preuzima izvozni kontejner kojeg dostavlja natrag do pristanišnog područja, gdje lučka dizalica obavlja posao iskrcaja kontejnera sa *AGV* vozila[14].

Specifikacije ovog sustava mogu se navesti kroz 3 glavne komponente:

- Brzina ukrcaja/iskrcaja *P/D* jedinica: operacije unutar *AS/RS* sustava su optimizirane tako da *P/D* jedinice posluže *AGV* vozila unutar 45 sek s 10% mogućih odstupanja. S tom brzinom smatra se da *P/D* jedinice neće biti zasićene od nametnutih zahtjeva *AGV* vozila.
- Brzina *AGV* vozila: brzina *AGV* vozila je u prosjeku 5 *mph*.
- Broj *AGV* vozila: minimalan broj *AGV* vozila potreban za potpunu operativnost *AS/RS* sustava je 55[14].
-



Slika 13: Grafički prikaz operativnosti *AS/RS* sustava [5]

4. AUTOMATIZIRANI KONTEJNERSKI TERMINAL LOS ANGELES

U kontekstu ovog sadržaja, pod automatizirane terminale smatramo terminale sa najmanje nekoliko automatiziranih dijelova opreme za rukovanje teretom bez direktnog utjecaja čovjeka na operativni ciklus. Vozači vozila više fizički nisu prisutni, već najviše radnika se nalazi u kontrolnim sobama kontrolirajući ispravnost i pravilan rad opreme, no nisu potrebni za kompletan operativni ciklus[17].

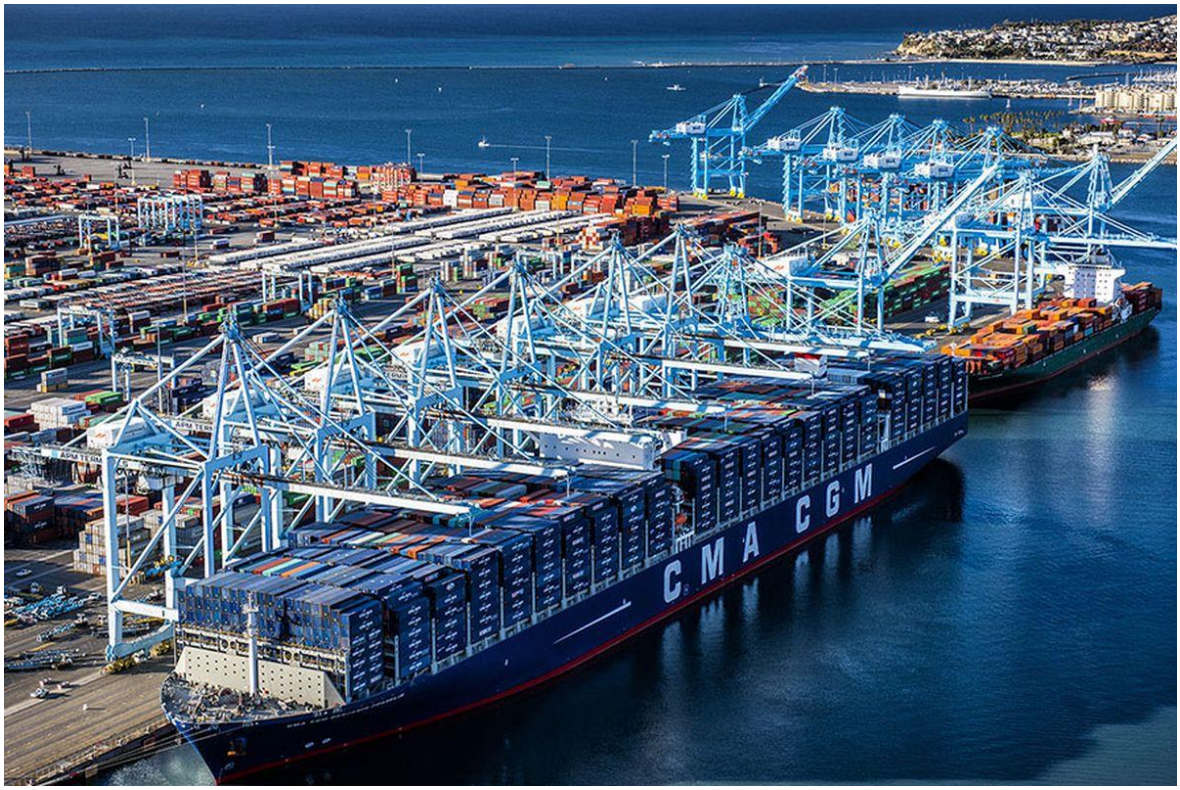
1911.godine, država je odobrila gradu Los Angeles zemljište u području *San Pedro-Wilmington*, isključivo za uspostavu, poboljšanje i vođenje luka, za sve namjene trgovine i plovidbe. 1929.godine odluka je revidirana i zemlja je prenamijenjena isključivo za trgovinu, navigaciju i ribolov. Kroz godine zakoni i upotreba samog zemljišta su mnogo puta revidirani i mijenjani. Konačno danas zemljište se koristi u lučke, trgovačke i industrijske svrhe, za mostove i željezničke pruge, za parking, prijevoz i komunalne objekte, javne zgrade i kongresne centre, lučka pristaništa i slično[17] [19].

U luci Los Angeles, najvišu ulogu ima Lučka uprava terminala. Lučka uprava se sastoji od 5 članova koji su zaduženi za upravljanje i kontrolu cijele luke i svih njenih površina. Članovi su odabrani od strane gradonačelnika i odobreni od gradske uprave na mandat od 5 godina. Površina kojom upravljaju se smatraju lučkim jedinicama. Luka Los Angeles je samoodrživo vlasništvo grada te se financira od vozarina i ostalih naplaćenih usluga. Los Angeles kontejnerski terminal se smatra najvećim kontejnerskim terminalom na zapadnoj hemisferi [17] [19].

4.1. AUTOMATIZACIJA LOS ANGELES TERMINALA

Automatizacija je uvijek bila sporna rasprava između radničkog dijela i upravljačkog dijela luke. Lučka uprava nikada nije zauzela mjesto u toj raspravi. Radnički dio uvijek se većim dijelom protivio automatizaciji zbog svega što sa sobom nosi, ponajviše promjenu strukture potrebnih radnika na terminalu i sveukupno smanjenje radnih mjesta. 2008. godine donesena je konačna odluka o automatizaciji terminala. Dužnost lučke uprave je da osigura potrebnu infrastrukturu i promjene za normalnu funkcionalnost terminala. Terminalni operatori biraju razinu automatizacije koju smatraju najefikasnijom i najisplativijom u odnosu na stečeno radno iskustvo. Odlučuju o broju dizalica, operativnim satima terminala i sl. Pomorske kompanije su započele prijevoz s plovilima većih

kapaciteta kako bi smanjili operativne troškove i troškove vozarine. Ovakva odluka je stvorila dodatan pritisak na terminale operatore i radnike jer moraju poboljšati efikasnost rukovanja većim brojem kontejnera u manjem zadanom vremenskom roku [16] [17].



Slika 14: Automatizirani kontejnerski terminal Los Angeles [10]

Automatizacija u luci ovolikog kapaciteta i prometa je hrabar iskorak, jer unatoč svim pogodnostima automatizacije, zarada i profitabilnost nisu zajamčeni. Utjecaj automatizacije u Los Angeles luci sumirat će se u nekoliko sljedećih točaka:

- Utjecaj na kapacitet: s obzirom da je kapacitet luke ograničen brojem i veličinom pristaništa, automatizacija luke ne može povećati ukupan kapacitet kontejnerskog tereta kojeg luka može procesuirati[17].
- Utjecaj na efikasnost:automatizacija je poboljšala efikasnost rukovanja teretom i brzinu iskrcaja/ukrcaja tereta, ubrzala je rukovanje najnovijom vrstom brodova *Super-Post-Panamax*. Dokazalo se da potpuna automatizacija ipak nije najbolje rješenje, već da djelomična automatizacija u suradnji s manualnim radom mogu dati najproduktivnije rezultate [17].
- Utjecaj na okoliš: automatizacija rezultira u znatno smanjenoj emisiji plinova tako što za pogonsko gorivo koristi ponajviše elektromotore ili dizel-elektromotore.

Analiza zraka je pokazala 68% smanjenja u emisiji plina CO_2 (ugljikov dioksid), 93% smanjenja emisije plina CH_4 (metana) i 82% smanjenje emisije plina N_2O (dušikov dioksid) [17].

- Utjecaj na operativne troškove: operativni troškovi terminala će se također smanjiti nakon procesa automatizacije. Smanjenje ovisi o omjeru opremljene automatizirane opreme i uporabe manualne radne snage [17].
- Utjecaj na radnu snagu: automatizacija je smanjila potrebnu radnu snagu i promijenila infrastrukturu potrebne radne snage. Nova radna mjesta su se otvorila u skladištima za popravak i na održavanju automatizirane opreme [17].

Automatizacija Los Angeles terminala se temelji na *ASC* (*AutomatedStackingCranes*) sustavu. To je sustav žičanih montiranih dizalica na željeznici koji je poravnat okomito na vez i nalazi se između veza i prostora za skladištenje kontejnera. *ASC* dižu i prenose ukrcane kontejnera duž reda u skladištu i iskrcavaju ga na određeno mjesto u skladištu. Svaki skladišni red ima dva *ASC* prijenosnika koji se kreću na istim tračnicama, jedan za lučke poslove i jedan za obalne poslove. *ASC* je trenutni svjetski standard za kontejnerske terminale. Obavljaju većinu zadanih poslova bez direktne interakcije čovjeka i daljinski su upravljani[16].

Dio osnovne opreme terminala su portalni prijenosnici velikog raspona (engl. *Rail Mounted Gantry Crane - RMG*) koji se često nazivaju i mosnim dizalicama. Mogu se kretati po tračnicama. Izvedeni su u obliku portala po čijem se donjem dijelu kreće vozno vitlo sa hvatačem za kontejnere. Radni ciklus pri ukrcaju jednog kontejnera iznosi od 1.7 do 6 *min*, što omogućuje prekrcajni učinak sa 10 do 35 radnih ciklusa u satu. Nosivost im je u rasponu od 300 do 450 *kN*. Mogu premostiti 5 do 15 redova kontejnera složenih u 3 do 4 reda u visinu. Brzina dizanja tereta pod punim opterećenjem iznosi 4.5 *cm/s*. Pogonjeni su vlastitim dizelskim motorima. Najveći nedostatak im je potreba za kretanjem po isključivo ravnim površinama [17].



Slika 15: Portalni prijenosnik velikog raspona [8]

Osim prijenosnika velikog raspona, u upotrebi su i prijenosnici malog raspona (engl. *Straddle Carrier*). Osnovno tehničko obilježje im je velika radna brzina i jednostavnost u pogonu što uzrokuje velike radne učinke i kratko trajanje ciklusa. Najčešće prenose samo jedan kontejner, a uglavnom se upotrebljavaju za rad na kraćim udaljenostima (prijevoz od broda do skladišta). Kreću se na gumenim kotačima koji se mogu zakretati pod kutom od 360°[17].



Slika 16: Prijenosnik malog raspona [12]

5. ZAKLJUČAK

Kontejnerski promet u pomorstvu bilježi konstantan rast zadnjih godina. Prijevoz i transport robe kontejnerima omogućava unificiranje tereta i robe što ovakvom načinu transporta daje dodatan uzlet. Samim time automatizacija terminala je neophodna za budućnost pomorskog transporta i prijevoza.

Automatizirani terminali unaprjeđuju iskoristivost prostora korištenog za skladištenje i operacije sa kontejnerima, što je od velikog značaja s obzirom da terminali prostorno ne mogu popratiti rastući promet. Najzastupljeniji sustav opreme automatiziranih terminala su AGV vozila, autonomna tehnologija sa smanjenim rizikom od sudara i smanjenom emisijom plinova, što je od velikog ekološkog značaja. S obzirom na različite sustave i izglede automatiziranih sustava, AGV vozila su u radu prikazana kao osnovni dio svakog od navedenih.

Tehnologija i tehnike rukovanja teretom u ACT-u su najvažniji dio automatizacije kontejnerskih terminala. U suvremenim uvjetima poslovanja kontejnerskih terminala nemoguće je na efikasan način organizirati aktivnosti i procese bez učinkovitih automatiziranih tehnologija koje moraju omogućiti planiranje i kontroliranje svih aktivnosti i povezivanje lučkog sustava.Velika prednost automatizacije dugoročno gledano je ušteda na radnoj snazi i svođenje ljudskih grešaka koje mogu uzrokovati zastoje i kvarove na minimum.

Kroz nekoliko narednih godina očekuje se potpuna automatizacija terminala te samim time i kompletna promjena strukture zaposlenika potrebnih za rad u terminalu. Novo razdoblje u transportnim djelatnostima za cilj ima što efikasniji, ekonomičniji i produktivniji rad bez obzira na popratne čimbenike. Zahtijevat će se prilagodba i sve više važnosti pridavat će se strojevima, u cilju smanjenja ljudske greške pri rukovanju teretom.

LITERATURA

[1]Belamarić G.: Ekstremno veliki kontejnerski brodovi, UltraLargeContainerShips (ULCS), Udruga pomorskih kapetana, Split, prosinac 2017.

[2]Belamarić, G..: *Tehnologija prijevoza kontejnera*,Sveučilište u Splitu, Pomorski Fakultet Split, Split, 2011.

[3]Grunow, M.; Günther, H.O.; Lehman, M.: *AGV DispatchingStrategies at AutomatedSeaportContainerTerminals*, Department ofProduction Management, TechnischenUniversität Berlin, Berlin, 2006.

[4]http://s474091609.onlinehome.us/gridweb/ , (04. kolovoza, 2018.)

[5]http://www.instrumentation.co.za/8763a , (04. kolovoza, 2018.)

[6]http://www.pinsdaddy.com/cross-dock-,systems_YDciymXd8rtmw39MSyMpoZ0RXp4vDwD9uFkFI0WBCCA/ , (04. kolovoza, 2018.)

[7]http://yoyokwahyu.blogspot.com/2008/06/iso-6346.html , (23. kolovoza, 2018.)

[8]https://gruaportico2.wordpress.com/tag/rail-mounted-gantry-crane/ , (01. rujna, 2018.)

[9]https://www.123rf.com/photo_83555459_logistics-import-export-background-and-transport-industry-of-container-cargo-freight-ship-and-cargo-.html , (26. kolovoza, 2018.)

[10]https://www.picemaps.com/port-of-los-angeles-images/ , (22- kolovoza 2018.)

[11]https://www.pinterest.com/pin/368661919480109315/ , (31. kolovoza, 2018.)

[12]https://www.turbosquid.com/3d-models/straddle-carrier-terex-noell-3ds/960756 , (01. rujna, 2018.)

[12]https://www3.math.tu-berlin.de/coga/projects/traffic/agvrouting/ , (23. kolovoza. 2018.)

[13]Ioannou, P.A.; Jula, H.; Liu, C.-I.; Vukadinovic, K.; Pourmohammadi, H.: *AdvancedMaterialHandling: AutomatedGuidedVehiclesinAgilePorts*, Universityof Southern California, Center for AdvancedTransportation Technologies, Los Angeles, 2000.

[14]Kos, S., Vranić D.: *Morska kontejnerska transportna tehnologija I*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 2006.

[15]Le-Griffin, H. D.; Murphy, M..: *Container Terminal ProductivityExperiences at thePortsof Los Angeles andLong Beach*, Universityof Southern California, Los Angeles, 2006.

[16]PlanningandEconomicDevelopmentDivisionofHarbor Department, City of Los Angeles: *Container Terminal Automation*, 2014., URL:]https://www.portoflosangeles.org/Board/2014/April/042014_item5_Transmittal_3.pdf, (pristupljeno (25.srpnja, 2018.).

[17]Rogić, K.: *Automatizacija kontejnerskih terminal*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb, 2013.

[18]The Williams Sale PartnershipLimited:*MaritimeCargoFacilities*, URL: https://www.wsp.com/en-GL/sectors/maritime-cargo-facilities,
(pristupljeno (27.kolovoza, 2018.).

[19]Tijan, E.; Agatić A.: Evolucija informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima, Sveučilište u Rijeci, 2010.

[20]Toyota Industries Report:Toyota Industries' Container Transport AGV SystemContributing to EvolutionofPortLogistics, Aichi, 2013.

[21]Vranić, D., Kos S.: *Morska kontejnerska transportna tehnologija II*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 2008.

POPIS SLIKA

Slika 1: Grafički prikaz kontejnerskih oznaka [7] 3
Slika 2: Automatizirana vođena vozila u terminalu [21] 9
Slika 3: Princip rada u automatiziranom terminalu s automatski vođenim vozilima[3] 10
Slika 4: Podjela i raspored automatiziranog terminala [14] 12
Slika 5: *AGV*-automatski vođeno vozilo [13] 13
Slika 6: *ALV*-automatsko vozilo s dizalicom [9] 14
Slika 7: Shematski prikaz principa rada *AGV* vozila u prometu u terminal [3] 20
Slika 8: Automatizirani kontejnerski terminal u Rotterdamu opremljen*AGV* vozilima [11] 21
Slika 9: Princip rada linearnog sustava kod *ACT* terminala [21] 23
Slika 10: *ACT* terminal pogonjen *GRID* sustavom[14] 24
Slika 11: Konstrukcija rešetkastih željezničkih i *GR* jedinica [4] 26
Slika 12: Princip rada *AS/RS* sustava [6] 27
Slika 13: Grafički prikaz operativnosti *AS/RS* sustava [5] 29
Slika 14: Automatizirani kontejnerski terminal Los Angeles [10] 31
Slika 15: Portalni prijenosnik velikog raspona [8] 33
Slika 16: Prijenosnik malog raspona [12] 33

POPIS TABLICA

Tablica 1.Tablični prikaz karakteristika kontejnerskih brodova kroz povijest 6