

Automatizacija lučkih skladišta

Međeral, Natali

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:227656>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

NATALI MEĐERAL

AUTOMATIZACIJA LUČKIH SKLADIŠTA

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

AUTOMATIZACIJA LUČKIH SKLADIŠTA
AUTOMATION OF PORT WAREHOUSES

ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS

Kolegij: Tehnologija luka i terminala

Mentor: Prof. dr. sc. Ines Kolanović

Studentica: Natali Međeral

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG:0112087064

Rijeka, rujan 2024.

Studentica: Natali Međeral

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG:0112087064

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Automatizacija lučkih skladišta
(naslov završnog rada)

izradila samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Ines Kolanović

prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime

te komentorstvom

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Studentica



(potpis)

Natali Međeral

Studentica: Natali Međeral

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG:0112087064

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Studentica – autor



(potpis)

Natali Međeral

SAŽETAK

U ovom završnom radu analiziraju se automatizirana lučka skladišta. Posebno se obrađuju razine automatizacije, informacijski sustavi lučkih skladišta, oprema koja se koristi, sustavi za praćenje i identificiranje, te princip rada automatiziranog lučkog skladišta. Benefiti koje pridonosi automatizacija lučkih skladišta su brzina, efektivnost, učinkovitost, točnost, smanjenje troškova te manje radne snage. Nedostatci automatizacije su nefleksibilnost te visoki investicijski troškovi. Primjer rada automatiziranog lučkog skladišta obrađen je u zadnjem poglavlju Rotterdam World Gateway, automatizirani kontejnerski terminal. Svrha ovoga rada je ukazati na značajke automatizacije na lučkim slagalištima za kontejnere te prikazati primjer automatiziranog slagališta kroz analizu ekonomskih i ekoloških aspekata kojima doprinosi automatizacija.

Ključne riječi: automatizacija, lučka skladišta, skladišni sustav, automatske dizalice, automatski vođena vozila.

SUMMARY

This final paper analyzes automated port warehouses. It specifically addresses the levels of automation, port warehouse information systems, equipment used, tracking and identification systems, and the operating principles of automated port warehouses. The benefits of automating port warehouses include speed, effectiveness, efficiency, accuracy, cost reduction, and reduced labor requirements. The drawbacks of automation are inflexibility and high investment costs. An example of an automated port warehouse, Rotterdam World Gateway, an automated container terminal, is discussed in the last chapter. This paper aims to highlight the features of automation in port container yards and present an example of an automated yard through the analysis of the economic and environmental benefits that automation brings.

Keywords: automation, port warehouses, warehouse system, automated stacking cranes, automated guided vehicle.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	II
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
2. OPĆENITO O LUČKIM SKLADIŠTIMA.....	2
2.1. POJAM, RAZVOJ, NAMIJENA I FUNKCIJA	2
2.2. AUTOMATIZACIJA SKLADIŠTA.....	4
2.2.1. Razlozi automatizacije	4
2.2.2. Stupnjevi automatizacije	5
2.2.3. Informacijski sustavi u automatiziranim skladištima	6
3. OPREMA AUTOMATIZIRANIH LUČKIH SKLADIŠTA	8
3.1. ASC PORTALNE DIZALICE.....	8
3.2. AGV VOZILA I UPRAVLJANJA	10
3.2.1. Načini navođenja AGV vozila.....	10
3.2.2. Vrste AGV vozila.....	15
3.3. AUTOMATIZIRANI SUSAV ZA POHRANU I PRONALAZENJE	18
3.4. SUSTAVI ZA PRAĆENJE I IDENTIFIKACIJU.....	19
4. PRIMJER AUTOMATIZIRANOG LUČKOG SKLADIŠTA.....	21
5. ZAKLJUČAK.....	24
LITERATURA	25
KAZALO KRATICA	26
POPIS SLIKA.....	27

1. UVOD

U ovom završnom radu obrađuju se pojmovi vezani za automatizaciju lučkih skladišta, vrste automatizacije, vozila koja se koriste prilikom skladištenja, te ostale tehnologije koje su ključne za uspješno poslovanje skladišnog sustava. U današnjem svijetu ništa ne može raditi bez tehnologija i automatizacije pa tako ni skladištenje robe, svjetska trgovina raste, a samim time su velike svjetske luke susreću sa velikim kapacitetima tereta, te kako bi se olakšao čovjekov posao i ubrzao cijeli proces dokumentacije i smještaja tereta sve više luka se počinje automatizirati.

Razvoj i primjena automatizacije u skladištima omogućava brz, točan i efikasan rad skladišta, potrebno je manje radne snage što dovodi do manjih troškova zaposlenika i manje ljudskih pogrešaka. Jedan od glavnih nedostataka automatizacije je taj što su vrlo visoka početna ulaganja u automatizirana skladišta.

Protok informaciju u automatiziranim skladištima se odvija putem računala, te su svi podaci vezani za teret, načine skladištenja, informacije vezane za otpremu i dopremu tereta, mjesto gdje se nalazi teret u skladištu i slično na jednom mjestu i dostupne su svima u stvarnom vremenu.

Većina svjetske trgovine odvija kontejnerskim prometom, te kontejnerska slagališta u lukama zahtijevaju sve veće kapacitete i jednostavniju prekrcaju opremu za manipulacije na kontejnerima i jednostavnije informacijske sustave kako bi bilo što manje dokumentacije. Automatizacija se kao takva najviše razvila u kontejnerskom prometu, te će se u zadnjem odlomku ovog završnog rada objasniti rad automatiziranog lučkog skladišta za kontejnere.

2. OPĆENITO O LUČKIM SKLADIŠTIMA

Lučko skladište, s logističkog stajališta, predstavlja točku ili čvor u logističkom lancu gdje se tereti prihvaćaju na skladištenje ili daljnju distribuciju. Skladište je prostor u kojem se roba čuva od različitih klimatskih, fizičkih ili kemijskih utjecaja, održava se, grupira u veće pošiljke ili se razdvaja u više manjih, rade se dodatne dorade, prepakiranja i sl. Glavna zadaća skladištenja je da se roba smjesti na siguran i tehničko ispravan način bez da se ugroze njezina svojstva, namjena i kvaliteta, odnosno da ostane u onakvom stanju u kojem je primljena. Skladištenje je planirana aktivnost koja se sastoji od skupa različitih procesa kojima se roba dovodi u stanje mirovanja radi daljnje distribucije ili uporabe u proizvodnom sustavu. Općenito su skladišni procesi skup svih aktivnosti koje se vrše nad robom, a uobičajeni naziv skladište podrazumijeva i skladišni sustav [1].

Glavne komponente skladišnog sustava su [1]:

- skladišni objekti (zgrade, uređene površine,...)
- sredstva za skladištenje i sredstva za odlaganje materijala,
- transportna sredstva,
- pomoćna skladišna oprema (računalna oprema, oprema za pakiranje, oprema za kontrolu i mjerenje, sredstva za paletizaciju,...)
- dodatna oprema (oprema za grijanje i hlađenje, protupožarna oprema, rasvjeta,...).

2.1. POJAM, RAZVOJ, NAMIJENA I FUNKCIJA

Pored svih općih obilježja, lučka skladišta imaju svoje specifičnosti koje se mogu prikazati u dva bitna obilježja:

1. raspoložu velikim kapacitetima za prihvatanje velikih količina raznovrsnih tereta koji su značajni za nacionalno gospodarstvo i potrebe stanovništva. Velika je koncentracija različitih vrsta tereta te svaki teret zahtijeva različitu vrstu skladištenja.
2. smještena su na glavnim čvorištima kretanja robe, gdje se ujedno i sastaju različita prijevozna sredstva iz različitih grana prometa.

Ova obilježja za lučka skladišta osiguravaju značajno mjesto za određivanje robnih tokova i gospodarskog razvitka te zemlje.

Lučka skladišta se definiraju kao prostor za privremeno odlaganje, udruživanje i eventualnu doradu robe koja može biti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju, koja se kasnije ponovno uključuju u transportni proces [1].

Zadatak lučkog skladišta je prihvaćanje većih količina robe koje su namijenjene za daljnju distribuciju. Značaj svake luke u gospodarskom sustavu uvjetovan je razvijenošću njenog zaleđa zbog čega je nužno da luke budu fleksibilne u prilagođavanju zahtjeva zaleđa odnosno tržišta. Luka sa svojim prekrcajnim i skladišnim kapacitetima utječe na razvitak zaleđa luke, a razvitkom zaleđa se jača i položaj same luke. Jedan od bitnih zadataka lučkih skladišta je da se ublaži posljedica neusklađenosti kapaciteta i neravnomjernosti u prometu robe, koja proizlazi zbog velikih razlika u kapacitetima prijevoznih sredstava. Dodatne usluge koje se obavljaju na robi u lučkim skladištima, čine dodatnu dopunu u lučkom poslovanju, jer se većina poslova može obaviti na jednom mjestu, čime se povećava vrijednost gotovog proizvoda.

Lučka skladišta se mogu podijeliti prema ovim kriterijima: lokaciji, namjeni, izvedbi, vrsti robe, konstrukcije,... [1]

Prema lokaciji skladišta se dijele na [1]:

- obalna,
- zaobalna,
- pozadinska.

Prema namjeni skladišta se dijele na [1]:

- zatvorena,
- otvorena.

Prema izvedbi skladišta se dijele na [1]:

- prizemna,
- katna ili etažna skladišta (višekatna),
- specijalna skladišta.

Lučka skladišta se također razlikuju po stupnju mehanizacije i automatizacije skladišta [2]:

- nisko mehanizirana,
- visoko mehanizirana,
- automatizirana,
- robotizirana.

Nisko mehanizirana skladišta su i klasična skladišta gdje prevladava ručni rad. Poslovi vezani za upravljanje i manipuliranje robom obavljaju pomoću jednostavne skladišne opreme poput kolica, ručnih viličara i sl.

U visoko mehaniziranim skladištima poslovi se obavljaju sredstvima i opremom kojom upravlja osoblje, ali postoje i automatska sredstva.

U automatiziranim skladištima se poslovi obavljaju automatski te su svi procesi spojeni elektroničnim putem odnosno računala, automatizacije se sastoji od više različitih podsustava i opreme [2].

2.2. AUTOMATIZACIJA SKLADIŠTA

Automatizacija u skladištima se prvi puta pojavila prije 50-tak godina te se najviše razvila u Japanu, SAD-u i Njemačkoj. U automatiziranim skladištima se svi poslovi obavljaju automatizirano odnosno elektroničkim putem (preko računala). Zaposlenici još uvijek postoje u automatiziranim skladištima jer se i dalje treba upravljat računalima i ostalom opremom i naravno u slučaju neke pogreške da se na vrijeme reagira. Automatizacija je nastavak na mehanizaciju, jer automatiziran može postati samo onaj proces koji je u dovoljnoj mjeri mehaniziran. Kao što je prethodno navedeno svi skladišni procesi i operacije se obavljaju putem računala te omogućava ekonomičniju uporabu prostora i manje troškove radne snage. Kako bi automatizirana skladišta djelovala brzo, točno i sigurno, koristi različite tehnologije i sustava opreme [2].

2.2.1. Razlozi automatizacije

Glavi razlog automatizacije skladišta je da se smanje ljudske pogreške i da im se posao olakša. Automatizacija, robotizacija i ostale tehnologije ne služe da se ljudski rad u potpunosti zamijeni već da zaposlenicima bude puno lakše obavljati određene poslove te da se ne ugrožava zdravlje i život zaposlenika. S automatizacijom skladišni poslovi se obavljaju brže, točnije i sigurnije te je sve međusobno povezano u jedinstveni skladišni sustav, skladišni sustav se sastoji od niza različitih pod sustava koji su međusobno povezani te su svi od iste važnosti za dobro poslovanje skladišta. Potrebno je manje radne snage u automatiziranim skladištima u odnosu na nisko mehanizirana skladišta jer se u takvim skladištima gotovo pa ništa od tehnologija ni ne koristi, tj. za svaku aktivnost je potreban ljudski faktor.

Nedostatak automatiziranih skladišta je taj što su vrlo visoka investicijska ulaganja i visoko specijalizirane kadrove, kojih nema uvijek na tržištu radne snage. Kada je automatizacija tek bila u začetku bio je mali broj radne snage sa specijaliziranim vještinama, a danas ih ima sve više. Samim time kada se već postojeće skladište odluči na potpunu automatizaciju, a svoje zaposlenike želi zadržati, održavaju se tečajevi da se zaposlenici

osposobe za automatizirani način rada te se ova vrsta tečaja najčešće odradi u 2 do 3 tjedna [2].

Sustav za računalno upravljanje skladištima (eng. *Warehouse Management System*, WMS) je naziv za računalne alate koji se koriste za upravljanje skladišnim procesima i aktivnostima poput prijema robe, pohrane, komisioniranja i otpremu robe. WMS je složeni softverski sustav koji olakšava složene skladišne procese s ciljem da se povećaju ukupni učinci u skladišnim procesima. Informacijski sustav u skladištu mora biti točan i dostupan svima u bilo koje vrijeme, te omogućuje prijenos podataka u stvarnom vremenu između upravljačkog sustava i djelatnika skladišta. Cilj WMS-a je da se poveća iskorištenost skladišnog prostora, da se smanji broj pogrešaka tokom skladišnih operacija, da se smanji vrijeme manipulacija s robom te da se smanji „prazan hod“ zaposlenika u skladištu [3].

Najčešći razlozi za uvođenje WMS u skladišno poslovanje su [2]:

- smanjenje troškova rada,
- ubrzanje skladišnih procesa,
- povećanje točnosti isporuke robe,
- učinkovitije iskorištavanje skladišnog prostora,
- povećanje točnosti o stanju na zalihamama,
- smanjenje ukupne razine zaliha (prekomjernih zaliha).

2.2.2. Stupnjevi automatizacije

Automatizacija se dijeli na dva stupnja: Off-line i On-line. Off-line automatizacija je najjednostavniji način primjene računala te se time ne povećava stupanj automatizacije, jer skladišne procese obavlja osoblje. U ovakvom tipu skladišta računalo obavlja određene obrade i proračune, no ne sve pa se ovaj stupanj zove i nulti ili niski stupanj automatizacije. On-line automatizacija se dijeli u dvije grupe: on-line rad u otvorenoj petlji koji predstavlja središnji stupanj automatizacije i On-line u zatvorenoj petlji sa visokim stupnjem automatizacije.

U On-line automatizaciji sa otvorenom petljom računalo je direktno povezano s procesom, te se sve informacije vezane za proces prenose u računalo u stvarnom vremenu. U ovom obliku postoji prisutnost osoblja u procesu, ali u znatno manjem broju u odnosu na Off-line stupanj automatizacije. On-line u zatvorenoj petlji trenutno predstavlja najviši stupanj automatizacije jer računalo upravlja i djeluje na sve procese u stvarnom vremenu.

Upravljanje skladišnim sustavom i kontrola statističkih i dinamičnih dijelova se odvija preko računala što ga trenutačno čini najvećim stupnjem automatizacije [4].

2.2.3. Informacijski sustavi u automatiziranim skladištima

Informacijski sustav je sustav koji prima informacije u jednom obliku te ih procesira u drugi oblik, služi za upravljanje informacijama koje su važne za pojedince, organizacije i/ili društvo. Danas se informacijski i informacijsko-komunikacijski sustav u skladištima odvija putem računala odnosno u elektroničnom obliku. Točnost informacija o teretu je uvijek bitna u lučkim skladištima, kako ne bi došlo do problema prilikom skladištenja, čuvanja robe i daljnje distribucije iste. Informacije u skladišnim sustavima su dostupne svim zaposlenicima u stvarnom vremenu, te zbog velikih količina tereta na lučkim skladištima svi podaci se spremaju u računalni oblak kako se ne bi izgubili. Skladišni informacijski sustavi se sastoje od više različitih tehnologija koje su međusobno povezane [2].

Skladišne informacije su [2]:

- informacije o vrsti robe,
- informacije o dopremi tereta,
- informacije o smještaju tereta ili robe u skladištu i manipulaciji, te načinu skladištenja,
- informacije o zaštiti, održavanju, čuvanju, te o osiguranju robe,
- informacije o otpremi robe, pakiranju, doradama i sl.,
- informacije o troškovima skladištenja.

Informacijski sustavi u morskim lukama su od iznimne važnosti za učinkovit rad luke, svaki dio luke, ovisno koju djelatnost obavlja, ima svoj informacijski sustav iz kojih informacije prelaze u lučki informacijski sustav te se ondje ujedinjuju. Danas svaka luka ima svoj informacijski sustav i softvere za informacijsko-komunikacijske tehnologije. Informacijsko-komunikacijske tehnologije su dio informacijskog sustava te se u modernim i automatiziranim skladištima tok svih informacija odvija preko njih, odnosno predstavljaju različite softvere ili aplikacije u kojima su dostupne sve informacije vezane za teret.

Sa korištenjem informacijsko-komunikacijskih tehnologija se smanjuje dokumentacija, odnosno u automatiziranim skladištima papirnata dokumentacija ne postoji, jer se sve odvija preko računala što dovodi do uštede vremena i smanjenja pogrešaka i troškova. Napredak u informacijskoj tehnologiji skladišnog poslovanja je doprinijela pojava kodiranja proizvoda. Na kodnim etiketama koje se nalaze na kutijama, paletama ili kontejnerima se nalaze sve informacije o teretu koje se očitavaju pomoću laserskog čitača.

Informacijsko- komunikacijski sustav u skladištima je bitan element upravljanja fizičkim protokom robe [1].

Informacijsko komunikacijski sustav skladišta se sastoji od tri tijeka informacija [1]:

- ulazne informacije ili obavijesti iz okoline (dobavljači, prijevoznici,...),
- informacija iz samog skladišta i
- izlazne informacije (špediteri, dostavljači, potrošači,...).

Informacijski sustav u skladištima je podsustav sustava za računalno upravljanje skladištima, odnosno WSM sustava. U automatiziranim lučkim skladištima računala se primjenjuju na dva načina, odnosno računala se koriste za prikupljanje i osiguravanje potrebnih informacija o robi, o otpremi robe, zalihama na skladištu i sl. Takve informacije služe za planiranje i obavljanje skladišnih operacija, za optimalne rasporede zaposlenika i opreme, za kontrolu zaliha da se na vrijeme nadopuni ako je potrebno. Drugi način primjene računala u lučkom skladišnom poslovanju se koriste radi kontrole i upravljanja strojeva i opreme lučkih automatiziranih skladišta [1].

3. OPREMA AUTOMATIZIRANIH LUČKIH SKLADIŠTA

3.1. ASC PORTALNE DIZALICE

Automatizirane dizalice za slaganje (eng. *Automated Stacking Cranes*, ASC) su portalne dizalice koje su montirane na tračnice, te raspoređuju kontejnere po određenim pozicijama na slagalištu. Prvi puta su se pojavile u Rotterdamu u Nizozemskoj 90-tih godina, te je s tim automatizacija u lukama i u lučim skladištima započela. ASC dizalice su postale važna komponenta automatizacije na kontejnerskim terminalima, jer omogućuju brže i kontinuirano slaganje, preuzimanje i premještanje kontejnera.

S automatiziranim dizalicama za slaganje upravlja operater preko računala i upravljača koji se nalazi u kontrolnoj stanici od daleko može nadzirati rad dizalice nad kontejnerima, te operater može ručno intervenirati u slučaju da dizalica ne može postaviti kontejner unutar određenih granica. U kontrolnoj stanici se nalazi virtualni prikaz cijelog kontejnerskog slagališta kao što je prikazano na slici 1 [5].

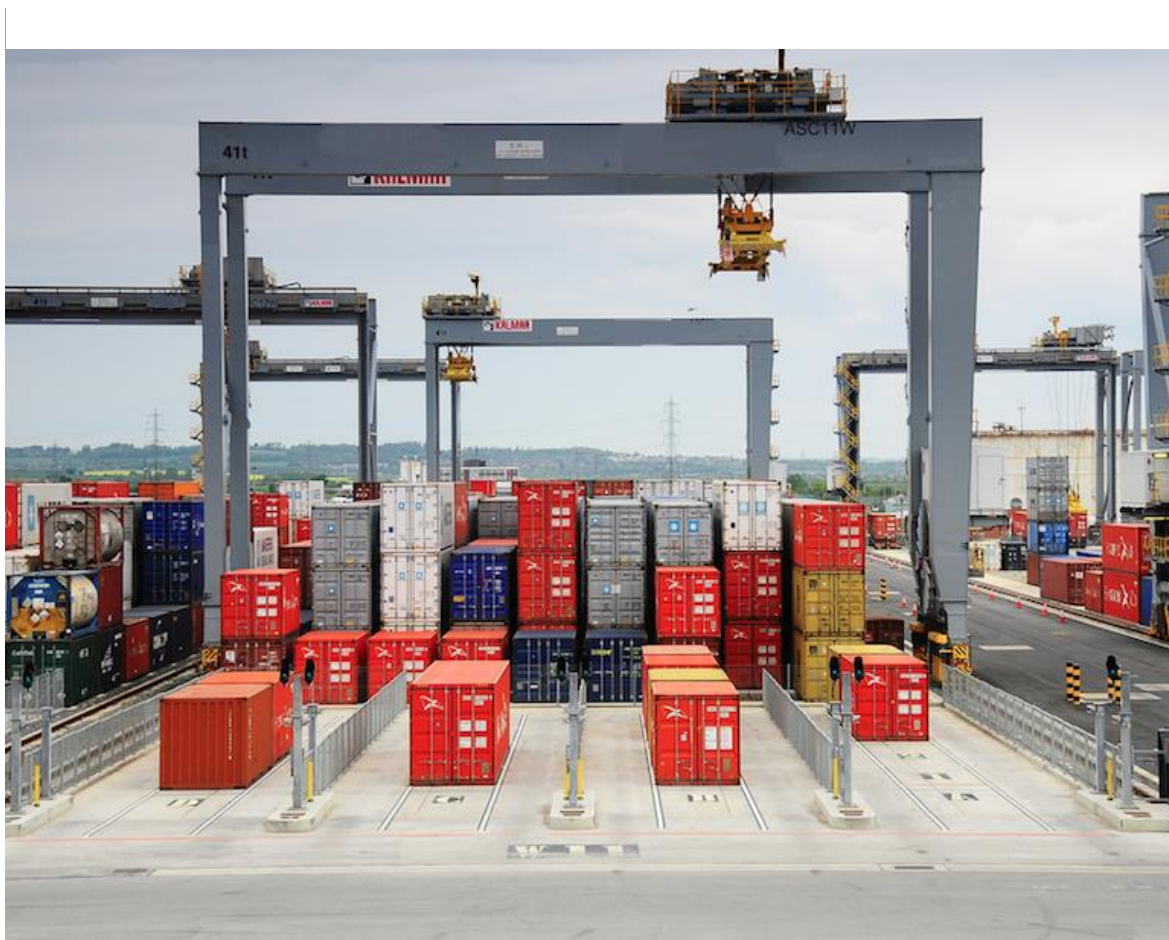
Slika 1. Kontrolna stanica za upravljanje ASC dizalicama



Izvor: <https://portconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/terminal-automation/control-tation-automated-stacking-cranes/> (7.6.2024.)

Kako je rad ASC dizalica potpuno automatiziran, slaganje kontejnera pomoću ovih dizalica se planira korištenjem računala, što poboljšava rad terminala i skladištenje kontejnera jer se točno zna kada koji kontejner treba izaći iz skladišta. Računalo optimizira redoslijed slaganja kontejnera kako bi broj manipulacija dizalice bio što manji. Kako bi terminali i lučko skladište dobro poslovalo na tržištu vrlo je bitan način slaganja kontejnera na slagalištu, odnosno dobra organizacija skladišnog sustava vodeći računa o redoslijedu daljnjih manipulacija radi daljnjeg transporta. Primjer ASC dizalice je prikazan na slici 2 [5].

Slika 2. Prikaz ASC dizalice



Izvor: https://www.kalmar.fi/globalassets/equipment/pdfs/asc_brochure_web.pdf

(7.6.2024.)

3.2. AGV VOZILA I UPRAVLJANJA

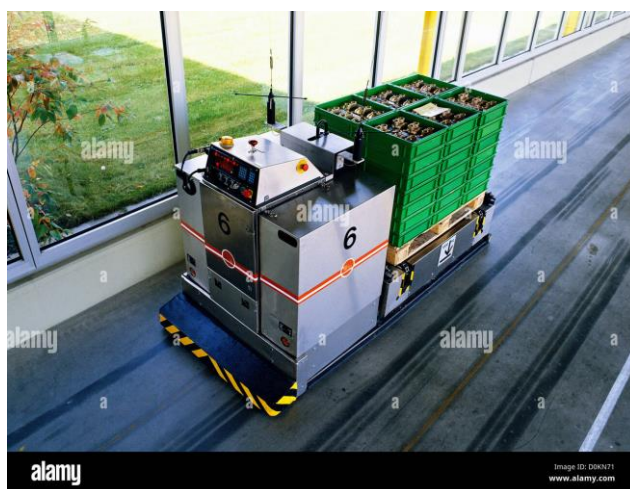
Automatski vođena vozila (eng. *Automated Guided Vehicle*, AGV) su podna vozila bez vozača, imaju vlastiti pogon i vlastiti izvor napajanja, ponekad su opremljena i s prekrcajnom opremom te se upravljaju računalom. Postoje različiti tipovi AGV vozila poput viličara, platformskih vozila za kontejnere, paletnih vozila i sl., te se mogu voditi na različite načine. Koriste se u različitim lučkim i običnim skladištima, a njihove prednosti su fleksibilnost, manje radne snage, smanjen prazni hod, manji troškovi proizvodnje i skladištenja [6].

3.2.1. Načini navođenja AGV vozila

Navođenje AGV vozila je funkcija u njihovom sustavu koja omogućuje vozilu da prati stazu koja je već unaprijed definirana. Postoje različite metode navođenja, a mogu se podijeliti na navođenje fiksnim putem i slobodnim putevima.

Mehaničko navođenje je najstariji oblik navođenja, koristili su se utori u podu ili tračnice kako bi se vozilo moglo kretati po njima. U ovom tipu navođenja vozila su se samo mogla kretati unaprijed i unatrag samo po putanji tračnica jer su na vozilima bili kotačići namijenjeni za tračnice. Mehaničko navođenje pripada najnefleksibilnijem obliku navođenja jer je potrebno ukloniti prikolice s vučnog vozila, a u slučaju kvara na vozilu dolazi do nepotrebnog zastoja ostalih vozila na tračnicama. Na slici 3 je prikazan primjer vozila na mehanički pogon [6].

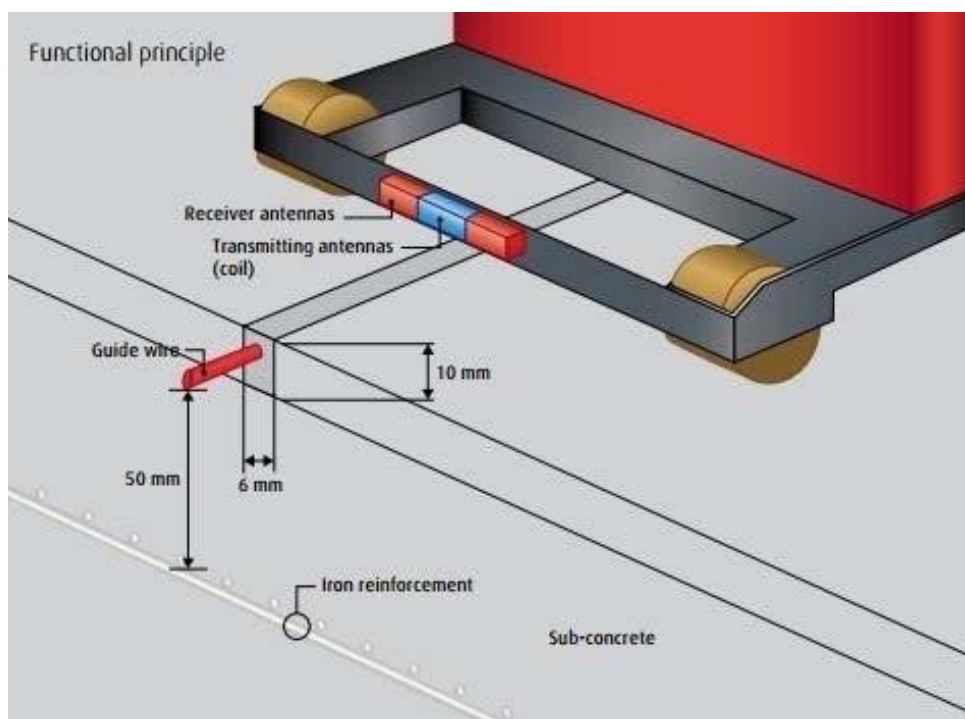
Slika 3. Prikaz vozila na mehaničko navođenje



Izvor: <https://www.alamy.com/stock-photo-automatic-guided-vehicles-agv-are-factory-robots-carrying-materials-52064853.html> (7.6.2024.)

Navođenje žicom ili indukcijsko navođenje se ostvaruje vodičem ugrađenim u pod i upravljačkim uređajem na AGV vozilu. S ovim tipom navođenja se najčešće navode vučna vozila koja se kreću pomoću signala koji dolazi preko žice koja se na početku nalazila u stropu, a sada se ta žica nalazi u podu. Iako je ovakav način navođenja AGV vozila zastario i tehnologija je napredovala, još se uvijek koristi jer sve što je potrebno je ukopati žičanu vodilicu u zemlju na otprilike jedan centimetar iz koje će AGV vozilu signal biti prenesen i moći će se njime upravljati putem računala. Na slici 4 je prikazano navođenje vozila sa žicom [6].

Slika 4. Prikaz navođenja žicom



Izvor: <https://osisgroup.com/en/floor-services/wire-guidance/> (7.6.2024.)

Navođenje trakom ili optičko vođenje se ostvaruje ucrtavanjem ili zaljepljivanjem trake na pod i AGV vozilo prati traku jer detektira kontrast boje trake i poda. Prilikom vođenja trakom vozilo mora biti u dometu trake kako bi se moglo kretati, te se kreće po unaprijed definiranoj stazi. Ovaj način navođenja AGV vozila se smatra najjeftinijom metodom jer ne zahtijeva nikakvu dodatnu gradnju ili prevelika prilagođavanja skladišta već se samo nalijepi traka na pod. Također ovaj način navođenja nema široku primjenu u praksi te se u pogonima i skladištima obično ne koristi jer se tlo najčešće zaprlja i senzori vozila ne mogu pronaći liniju za navođenje [6]. Slika 5 prikazuje vozila koja se kreću optičkim navođenjem.

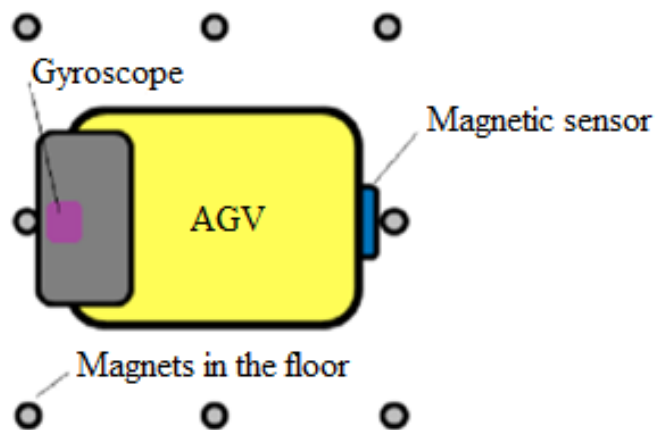
Slika 5. Prikaz optičkog načina navođenja vozila



Izvor: <https://www.goetting-agv.com/components/optical/introduction> (7.6.2024.)

Inercijsko ili žiroskopsko navođenje se bazira na korištenje žiroskopa koji detektiraju kretanje AGV vozila zbog održavanja putanje, u podu su smješteni magneti koji služe kao točke za korekciju položaja. Mapa kretanja se nalazi u memoriji računala AGV vozila. Vozilo prati i čita magnetite koji su u podu te se pomoću njih snalazi u prostoru. Žiroskopsko navođenje može raditi u bilo kakvom okruženju, poput uskih prolaza, pa čak i na visokim temperaturama. Ova vozila mogu detektirati svaku promjenu koja se nalazi u smjeru kojim se kreće vozilo i ispraviti kako bi vozilo ostalo na putu [6]. Na slici 6 je prikazan primjer rada AGV vozila na inercijsko navođenje.

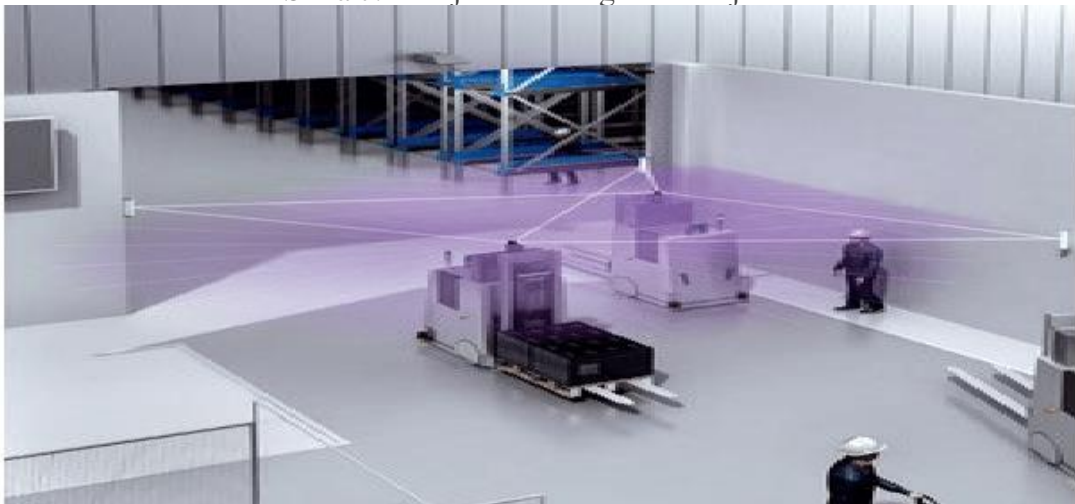
Slika 6. Prikaz rada inercijskog navođenja vozila



Izvor: https://www.researchgate.net/figure/The-technology-of-magnetic-point-and-gyroscope-technology-8-3-Camera-guidance_fig2_329408919 (7.6.2024.)

Lasersko navođenje AGV vozila predstavlja najfleksibilniji oblik navođenja, a jednostavna je i instalacija. Koristi se uređaj za lasersko pozicioniranje koji je postavljen na vrh vozila. Mapa puteva i prostora se također nalazi u memoriji računala AGV vozila. Kroz prostor su postavljeni reflektori koji stvaraju put po kojem će vozilo prevoziti. Vozilo se koristi sa laserskim skenerom kako bi otkrio reflektore, vozilo se konstantno ažurira i pruža navigaciju kroz odsjaje koji održavaju položaj vozila. Može doći do problema kada se prekidaju laserske zrake vozila, te je zbog toga najbolje da je samo jedno vozilo u prostoru kretanja, da ne dolazi do presijecanja puteva ili nesreće ako vozila nisu dobro usklađena [6]. Na slici 7 je vidljiv primjer laserskog navođenja vozila.

Slika 7. Primjer laserskog navođenja vozila



Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Laser-target-AGV-37_fig13_337647260

(7.6.2024.)

Vizualno navođenje AGV vozila je noviji oblik navođenja, koristi se kamera odnosno senzori za navigaciju putem usporedbe sa snimljenom okolinom. Snimka prostora se sastoji od slika prostorije od 360 stupnja te računalo izrađuje 3D mapu prostora, čime vozila sama mogu slijediti rutu bez ljudske pomoći oko upravljanja ili dodavanja posebnih značajki za pozicioniranje ili orijentaciju. Vozila se vode na način da se preko tipkovnice unose rute kojom vozila moraju ići do određene lokacije te se odredi ako se treba paleta odložiti ili uzeti. Najčešća vozila koja se koriste u ovom tipu navođenja su AGV viličari [6].

3.2.2. Vrste AGV vozila

Različiti tipovi AGV vozila se koriste u lučkim skladištima ovisno o tome koja vrsta robe se skladišti. U nastavku ovog rada su navedeni neki od tipova AGV vozila s obzirom na vrstu robe koju mogu prevoziti.

AGV viličari spadaju pod najnoviji tip automatski vođenih vozila te se navode sa vizualnim tipom navođenja, izgledom su slični klasičnim viličarima. Ovim viličarima se upravlja računalnim putem, te predstavljaju samoupravni način vođenja, potrebne su vrlo male intervencije osoblja.

Automatizirani viličari imaju mogućnost pretovara i transporta paletiziranog tereta na višim razinama poput regala. Najčešće se koriste u potpuno automatiziranim skladišnim sustavima zbog veće fleksibilnosti, brzine i točnosti utovara i istovara sa ostalim podsustavima [7]. Slika 8 prikazuje izgled automatiziranog viličara.

Slika 8. Automatizirani viličar



Izvor: <https://heliforklift.hr/automatizirani-agv-regalni-vilicar-1600kg/> (7.6.2024.)

Paletna AGV vozila se koriste, kako im i samo ime kaže, za transport paletiziranog tereta, ovaj tip vozila je konstruiran samo za dizanja i pomicanja paletiziranog tereta. Sa svojim izgledom nalikuju na viličare, no utovari i istovari se vrše na podu, odnosno nemaju mogućnost premještanja robe na više razine. AGV paletnim vozilima se upravlja preko računala te je potrebno točno pozicioniranje za utovar i istovar [8]. Na slici 9 je prikazano paletno automatizirano vozilo.

Slika 9. Paletno automatizirano vozilo



Izvor: <https://ritmindustry.com/catalog/electric-pallet-trucks/electric-pallet-truck-agv-multifunction/> (7.6.2024.)

AGV platforme za kontejnere se koriste na kontejnerskim terminalima kako bi se premjestili kontejneri sa lučkog pristana do određenog mjesta na slagalištu kontejnera u što bržem i ekonomičnijem vremenu. Ova vozila su potpuno automatizirana, precizna i brza za rad, moguće je prevesti 20ft, 40ft te 45ft kontejnere. Računalni sustav osigurava precizan rad, te se vozila mogu kretati unaprijed, unatrag te bočno. Vozila bilježe podatke putem softvera za upravljanje i navigaciju pomoću transpondera koji su ugrađeni na površini tla terminala. Koriste se za procese prijevoza i skladištenja kontejnera, te se kontejneri automatski preuzimaju ili postavljaju u zoni rada ASC dizalica [9]. Slika 10 prikazuje automatski vođenu platformu za kontejnere.

Slika 10. Automatski vođena platforma za kontejnere



Izvor: <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-guided-vehicles> (7.6.2024.)

3.3. AUTOMATIZIRANI SUSAV ZA POHRANU I PRONALAZENJE

Automatizirani sustav za pohranu i pronalaženje poznatiji kao AS/RS sustav (eng. *Automated Storage and Retrieval System*) je sustav koji obuhvaća razne procese i izvedbe opreme i kontrole automatiziranog odlaganja i izuzimanja robe iz skladišnih lokacija. Računalno je upravljanje sustav te se stupanj automatizacije sustava definira brzinom, preciznošću i protokom. AS/RS sustav predstavlja automatizirani sustav regala, svaki red ima svoju jedinicu za odlaganje i izuzimanje koja se kreće horizontalno ili vertikalno uzduž regala koja odlaže ili izuzima određene terete. Postoje različiti načini i izvedbe za izuzimanje tereta u AS/RS sustavima poput dizalica unutar prostora, vertikalnih podnih modula te automatizirane izvedbe horizontalnih i vertikalnih karusela. AS/RS sustav se koristi u lučkim skladištima koja skladište terete na paletama ili za posebne vrste tereta [4]. Na slici 11 se može vidjeti primjer AS/RS sustava.

Slika 11- Primjer automatiziranog sustava za pohranu i pronalaženje



Izvor: <https://www.malinusa.com/systems-integration/asrs> (7.6.2024.)

Neke od prednosti AS/RS su da se povećava gustoća pohrane robe, odnosno bolja je iskoristivost visine skladištenja u odnosu na klasičan način skladištenja, lakša je kontrola i praćenje robe u skladištu jer je za svaku robu uvijek poznata lokacija gdje se nalazi. Potrebna je manja radna snaga, jer sve procese koje je nekada obavljao čovjek sad obavlja sustav sam, što dovodi do točnosti operacija i povećanja zaštite skladištenja materijala, te se povećava sigurnost na radu zbog toga što nema ljudskih pogrešaka i nezgoda.

Nedostaci AS/RS sustava su velika investicijska ulaganja, povećavaju se troškovi održavanja. AS/RS sustav radi za specifične zahtjeve, a samim tim postaje nefleksibilan, oprema je vrlo precizna što dovodi do promjene ostalih segmenata u skladišnom procesu [4].

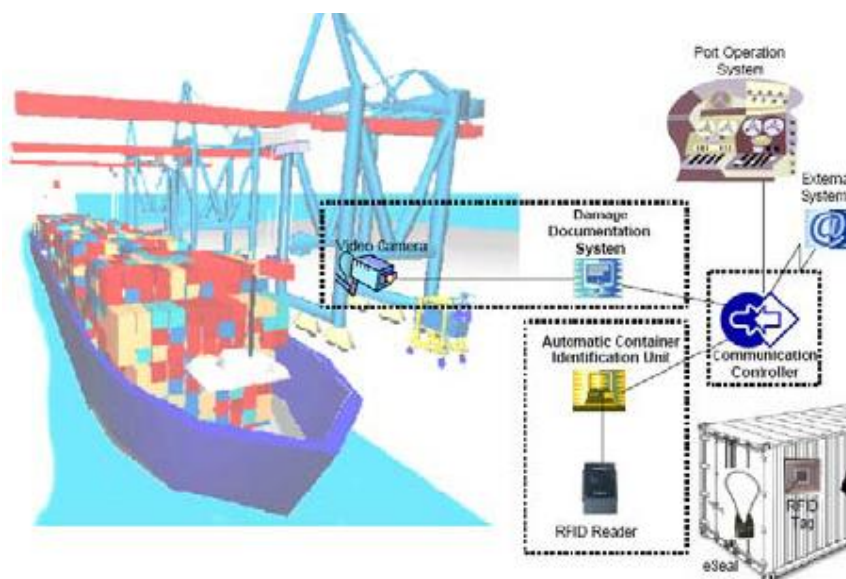
3.4. SUSTAVI ZA PRAĆENJE I IDENTIFIKACIJU

Razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija dolazi do razvoja sustava za identifikaciju i praćenje kontejnera. Ove tehnologije su od iznimnih važnosti za luku jer moraju znati sadržaj koji se nalazi u kontejnerima da bi znali na koji način se trebaju skladištiti, te da ih lakše mogu nadzirati. Informacijsko-komunikacijske tehnologije spadaju u WMS sustav, te je njihova svrha da informacije kojima raspolažu budu točne i dostupne u stvarnom vremenu [10].

Za identificiranje tereta najčešće se koristi radio frekvencijska identifikacija odnosno RFID (eng. *Radio Frequency Identification Technology*), identifikacija se vrši bežičnim putem preko radio valova. RFID je zamjena za bar kodove, odnosno korištenjem ovakvog načina identificiranja se uklanjaju određena ograničenja koja postoje prilikom korištenja bar kodova. Neke prednosti korištenja RFID-a su te da proizvodi ne trebaju biti više u direktnoj vidljivosti čitača, identifikacija je moguća sa većih udaljenosti, nema problema sa očitavanjem većih količina ili problema sa oštećenim bar kodovima [6].

RFID se u skladištima može postaviti na fiksno mjesto kako bi se moglo lakše kontrolirati ulaz i izlaz robe, svaki puta kada roba ili kontejner prođe pored čitača, čitač se aktivira i očitava robu koja izlazi ili ulazi u skladišta, omogućuje se automatsko očitavanje prometa robe i održavaju se ažurne evidencije i podaci stanja na skladištima [6]. Slika 12 prikazuje primjer rada RFID čitača na kontejnerskom terminalu.

Slika 12. Primjer RFID čitača na kontejnerskom terminalu



Izvor: https://www.researchgate.net/figure/RFID-functional-system-at-a-port-principal-CHINOS-components-CHINOS-2006_fig6_267839234 (7.6.2024.)

Na kontejnerskim slagalištima se najčešće koriste RFID čitači jer oni pomoću radio valova očitavaju sve najvažnije informacije za kontejner, može se desiti i da pravi sadržaj kontejnera ne odgovara onome što je navedeno u dokumentima te se u ovakvim slučajevima koriste rendgenski skeneri koji skeniraju čitavi sadržaj kontejnera po principu rendgenske snimke. Postoje još i detektori za otkucaje srca koji se koriste u slučaju da postoje živa bića unutar kontejnera te oni očitavaju otkucaje srca [10].

Optičko prepoznavanje znakova (eng. *Optical Character Recognition*, OCR) je tehnologija koja se koristi u lučkim skladištima kako bi se omogućio lakše pretraživanje, indeksiranje i slične manipulacije nad robom prilikom grupiranja pošiljki ili razgrupiranja istih. Ova tehnologija radi na princip da se slika teksta pretvara u oblik koji je razumljiv računalima i strojevima [6].

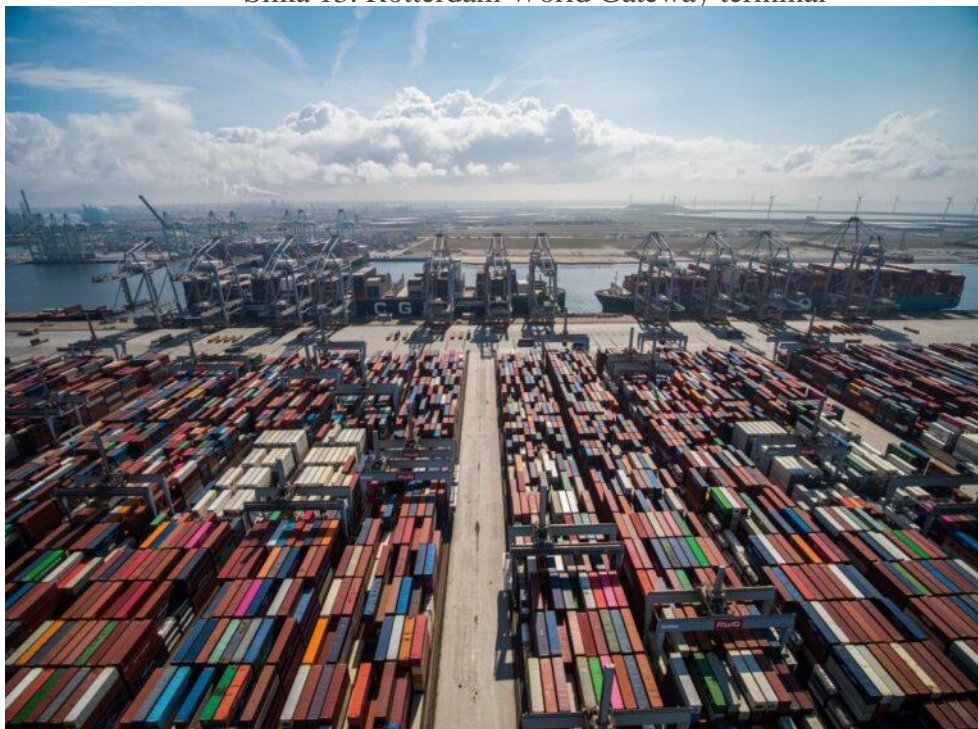
Kako bi svi korisnici u logističkom lancu znali lokaciju kontejnera, te nalazili se kontejner na moru ili kopnu, kontejneri se prate pomoću sustava kao što je GPS (eng. *Global Positioning System*). Ovaj sustav se temelji na satelitskoj tehnologiji te ovakav način minimizira mogućnosti gubitka kontejnera i kontinuirano praćenje kontejnera [10].

4. PRIMJER AUTOMATIZIRANOG LUČKOG SKLADIŠTA

U ovom dijelu završnog rada će se obraditi automatizirano kontejnersko slagalište u luci Rotterdam. Kao što je ranije spomenuto, luka Rotterdam je među prvima počela s uvođenjem automatizacije u luku. Kontejnerski promet je jedan on najzastupljenijih načina transporta velikih količina tereta, a samim time kontejnerski terminali i kontejnerska slagališta zahtijevaju veće kapacitete, brža prekrcajna sredstva, manje dokumentacije, brz protok informacija i sl. te se najviše automatizacije razvija i najviše je zastupljena u kontejnerskom prometu.

U luci Rotterdam se nalazi 20 terminala i prostora za skladištenje i dorade, ima različitih koncesionara za upravljanje određenim terminalima. Glavni cilj luke Rotterdam i njenih vlasti je kontinuirani razvoj s ciljem da postane potpuno „pametna“ luka [11]. Na slici 13 je prikazan Rotterdam World Gateway terminal.

Slika 13. Rotterdam World Gateway terminal



Izvor: <https://www.offshore-energy.biz/rotterdam-world-gateway-to-become-carbon-neutral/> (7.6.2024.)

Rotterdam World Gateway (RWG) terminal je najautomatiziraniji terminal u svijetu, omogućuje jednostavno skladištenje i prekrcaj kontejnera s maksimalnom učinkovitosti, s godišnjim kapacitetom skladištenja od 2,35 milijuna TEU jedinica. Na terminalu se nalazi jedanaest dizalica za preoceanske brodove, te je ovo ujedno i jedini europski terminal koji može primiti ultra velike kontejnerske brodove (eng. Ultra Large Container Carrier, ULCC), ima 3 dizalice za feeder brodove i teglenice, 50 ASC dizalica za skladištenje. Terminal raspolaže s 84 AGV vozila, 2 željezničke dizalice za istovar. Pristan za preoceanske brodove je dubine 20 metara i dužine 1150 metara, a pristan za feeder brodove i teglenice je dužine 550 metara i dubine 11 metara. Terminal zapošljava dvjestotinjak ljudi, a prostire se na 108 hektara unutar luke Rotterdam [11]. Na slici 14 se može vidjeti oprema RWG terminala.

Slika 14- Prikaz opreme na RWG terminalu

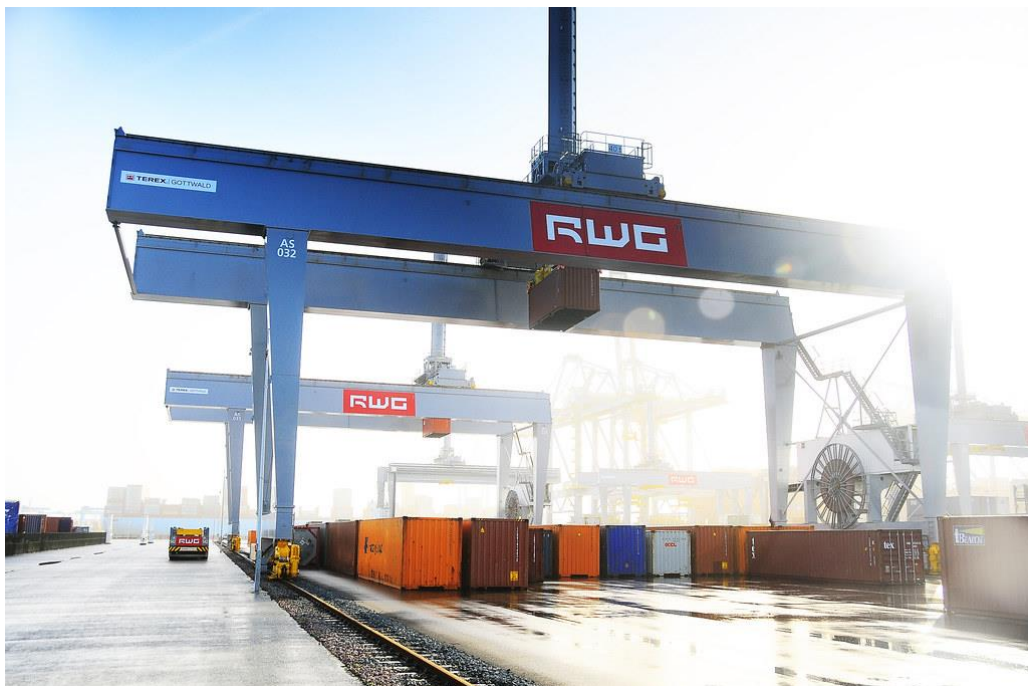


Izvor: <https://www.rwg.nl/> (7.6.2024.)

RWG terminal je najautomatiziraniji terminal te se sve operacije vezane za skladištenje i prekrcaje kontejnera odvijaju korištenjem računala i svi podaci su smješteni u računalni oblak. Sve operacije su unaprijed isplanirane i definirane te su sva AGV vozila i oprema terminala dobro povezani i usklađeni. To jest kada se kontejneri iskrcavaju sa broda koriste se automatske dizalice koje mogu doseći širinu od 23 kontejnera, te se brod ne treba okretati ili pomicati sa veza jer 11 dizalica koje su na terminalu ga iskrcavaju bez puno manipulacija. Kontejner se sa broda stavlja na AGV vozila odnosno AGV platforme za

kontejnere koje se kreću po već unaprijed određenim rutama na terminalu i odvoze kontejner do slagališta. Slagalište ima 50 automatskih dizalica koje premještaju kontejnere u svaki određeni red na slagalištu. Informacijski sustav na terminalu je u potpunosti digitaliziran, pa tako i sve carinske kontrole. Kako bi ovaj terminal bio logistički najučinkovitiji svi zaposlenici se koriste Portbase sustavom, to je digitalni sustav gdje su okupljene sve lučke zajednice. Prije nego što prijevoznici dođu u luku preuzeti kontejner moraju dostaviti digitalno putem Portbase-a sve potrebne podatke o kontejneru, te ispravna najava olakšava isporuku i prikupljanje podataka za zaposlenike terminala [11]. Na slici 15 se može vidjeti i izgled i način rada ASC dizalice na RWG terminalu.

Slika 15. Automatizirane dizalice za skladištenje na RWG terminalu



Izvor: <https://www.rwg.nl/> (7.6.2024.)

Također je važno spomenuti kako je automatizacija sama po sebi vrlo pogodna za okoliš jer se koristi električna energija za pokretanje i nema ispuštanja štetnih tvari u atmosferu zbog čega je zagađenje uzrokovano obavljanjem prekrcaja kontejnera vrlo malo. RWG terminal je u potpunosti automatiziran i ispuštanja CO₂ su neutralna od strane oprema i sustava. Na terminalu će se izgraditi objekti u kojima će se proizvoditi električna energija, a služiti će za opskrbljivanje brodova sa električnom energijom koji su tada na vezu. Zbog električne energije koju će brodovi dobivati od obale, brodski motori će se moći isključiti čime će se smanjiti zagađenje okoliša u luci [12].

5. ZAKLJUČAK

Automatizacija u lučkim skladištima je sve više zastupljenija zbog porasta svjetske trgovine i velikih količina tereta s kojima se luke susreću. Automatizacija je područje koje se u današnje vrijeme razvija vrlo brzo te se gotovo svaki dan otkrivaju novi načini za rješavanje određenih problema. Sve tehnologije koje se koriste u automatiziranim lučkim skladištima služe kako bi se poboljšala učinkovitost, točnost i sigurnost skladišta i njegovih zaposlenika. Automatizacija također ima pozitivan utjecaj na društvo i okoliš jer proizvode manje buke, nema ispuštanja štetnih plinova jer se sva oprema pokreće električnom energijom.

Sve operacije i radnje u automatiziranim lučkim skladištima predstavljaju vrlo kompleksan skup jer se sve mora vrlo precizno isplanirati i konstruirati unaprijed. Upravljanje automatiziranim skladištima se radi korištenjem računala što zahtijeva i manje radne snage u skladištu. Cijeli skladišni sustav je povezan putem elektroničke mreže te su svi podaci smješteni u računalni oblak. Sa svim informacijama na jednom mjestu jednostavnije se provode kontrole u lučkim skladištima, carinski pregledi i sam smještaj tereta.

Automatizirana lučka skladišta imaju bolji položaj na tržištu u odnosu na klasična lučka skladišta, zbog bolje iskoristivosti prostora, te je sam rad skladišta brži i učinkovitiji.

Automatiziranje procesa uglavnom se implementira na velikim lučkim skladištima jer je u tom slučaju isplativo uložiti vrlo visoka početna financijska sredstva, ali nakon toga isplativost je potpuno opravdana.

LITERATURA

- [1] Dundović, Č., Hess, S. 2007, *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u rijeci, Rijeka
- [2] Rogić, K., 2018, *Upravljanje skladišnim sustavima*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- [3] Richards, G., 2014., *Warehouses management*, 2. dio, London, <http://dspace.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4567/1/Warehouse%20Management%20A%20Complete%20Guide%20to%20Improving%20Efficiency%20and%20Minimizing%20Costs%20in%20the%20Modern%20Warehouse.pdf> (24.5.2024.)
- [4] Obad, E., 2010., *Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje*, Završni zadatak, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- [5] <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/terminal-automation/control-station-automated-stacking-cranes/> (25.5.2024.)
- [6] Tijan, E. 2023., predavanja iz kolegija Informacijske tehnologije u logistici, Rijeka
- [7] <https://www.agvnetwork.com/unit-load-agv-automated-vehicle> (25.5.2024.)
- [8] <https://ritmindustry.com/catalog/electric-pallet-trucks/electric-pallet-truck-agv-multifunction/> (25.5.2024.)
- [9] <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-guided-vehicles> (26.5.2024.)
- [10] Tijan, E., Agatić, A., Hlača, B., 2010., *Evolucija informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima*, pregledni članak, Pomorski fakultet Sveučilište u Rijeci, Rijeka, <https://hrcak.srce.hr/file/83538> (26.5.2024.)
- [11] <https://www.rwg.nl/en> (6.6.2024)
- [12] <https://pomorstvo.info/terminal-rotterdam-world-gateway-uvodi-napajanje-sa-kopna-za-sve-brodove/> (6.6.2024.)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
AGV	Automated guided vehicle	Automatski vođeno vozilo
ASC	Automated stacking cranes	Automatske dizalice za slaganje
AS/RS	Automated storage and retrieval system	Automatizirani sustav za pohranu i pronalaženje
GPS	Global positioning system	Globalni sustav pozicioniranja
OCR	Optical character recognition	Optičko prepoznavanje znakova
RFID	Radiofrequency identification technology	Radio frekvencijska identifikacija
RWG	Rotterdam World Gateway	
ULCC	Ultra large container carrier	Ultra veliki brod za kontejnere
WMS	Warehouse Management system	Računalno upravljanje skladištima

POPIS SLIKA

Slika 1- Kontrolna stanica za upravljanje ASC dizalicama	8
Slika 2-Prikaz ASC dizalice	9
Slika 3- prikaz vozila na mehaničko navođenje.....	10
Slika 4- Prikaz navođenja žicom.....	11
Slika 5- Prikaz optičkog načina navođenja vozila	12
Slika 6- Prikaz rada inercijskog navođenja vozila	13
Slika 7- Primjer laserskog navođenja vozila	14
Slika 8- Automatizirani viličar	15
Slika 9- Paletno automatizirano vozilo	16
Slika 10- Automatski vođena platforma za kontejnere	17
Slika 11- Primjer automatiziranog sustava za pohranu i pronalaženje	18
Slika 12- Primjer RFID čitaća na kontejnerskom terminalu	19
Slika 13- Rotterdam World Gateway terminal.....	21
Slika 14- Prikaz opreme na RWG terminalu.....	22
Slika 15- Automatizirane dizalice za skladištenje na RWG terminalu	23