Analiza automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje

Marin, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:901839

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ante Marin

ANALIZA AUTOMATIZIRANIH SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I IZUZIMANJE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA AUTOMATIZIRANIH SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I IZUZIMANJE

ANALYSIS OF AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

Mentor: Prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Ante Marin, 0135222984

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

U ovom radu je dan kratki osvrt na temeljne pojmove vezane uz skladištenje, te osnovne podjele skladištenja kao što su: vrsta robe, vlasništvo, način gradnje, mehanizacija i automatizacija. Nadalje u radu su obrađeni modeli i vrste automatiziranih sustava skladištenja (AS/RS). Veća pozornost pridana je automatiziranim visokoregalnim skladištima (unit-load) kakva su navedena u primjerima iz prakse. Prije samih primjera iz prakse navedene su prednosti i mane automatiziranih sustava za skladištenje te kratka usporedba klasičnih i suvremenih skladišta. Primjeri koji su obrađeni u radu: Glenmore destilerija i tvrtka Kraš. Osim samih prikaza i opisa, za poznavanje rada ovih sustava nužno je i poznavanje modela i metoda koji se koriste u oblikovanju. Na samom kraju rada donesen je zaključak u kojem je navedeno kako automatizirani sustavi skladištenja danas daju vrlo dobre rezultate naspram klasičnog skladišta iako se i kod njih javljaju neki nedostatci a najveći od njih je da su veoma zahtjevni kako s financijskog tako s tehnološkog aspekta.

KLJUČNE RIJEČI: skladištenje, automatizirani sustavi, AS/RS, visokoregalno skladište, logistika, ciklusi.

This paper gives a brief review of the basic concepts related to storage, and the basic division of storage such as: types of goods, property, method of construction, machinery and automation. Furthermore, the paper deals with models and types of automated storage system (AS / RS). Greater attention was paid to the automated logistic (unit-load) as listed in practices. Before the very practices listed the pros and cons of automated storage systems and brief comparison of classical and modern warehouses. Examples of that are processed in the work: Glenmore Distillery and company Kraš. Apart from the illustration and description, for the understanding of these systems it is necessary for understanding of the model and the methods used in the design. At the end of the conclusion was made stating that automated storage systems today give very good results to traditional storage although with them having any defects and most of them is that they are very demanding as to both the financial and technological aspects.

KEY WORDS: storage, automated systems, ASRS, high-bay warehouse, logistics, cycles.

SADRŽAJ:

SAŽETAK ... 3

1. UVOD ... 1

2. TEMELJNI POJMOVI O SKLADIŠTENJU ... 2

3. VRSTE I PODJELE SKLADIŠTA I MANIPULACIJSKE OPREME ... 6

3.1. Podjela skladišta prema ulozi u logističkom sustavu ... 6

3.2. Podjela skladišta prema vrsti robe ... 8

3.3. Podjela skladišta prema vlasništvu ... 8

3.4. Podjela skladišta prema načinu gradnje ... 9

3.5. Podjela skladišta prema stupnju mehanizacije i automatizacije ... 11

4. MODELI AUTOMATIZIRANOG SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I IZUZIMANJE ... 12

4.1. Automatizirani sustavi skladištenja i pohrane, općenito i podjele ... 12

4.1.1 Horizontalni karuseli ... 16

4.1.2. Vertikalni karusel ... 18

4.1.3. VLMS (Vertikalni podizni moduli) ... 20

4.1.4. Automatizirano visokoregalno skladište (eng. Unit Load AS/RS) ... 21

4.1.5. Automatizirano skladište za male dijelove (mini load AS/RS) ... 28

4.1.6. Poluautomatizirani skladišni sustavi (person on board AS/RS) ... 29

4.2. Razlozi primjene AS/RS sustava skladištenja ... 31

4.3. Isplativost AS/RS sustava ... 31

4.4. Usporedba klasičnih i automatiziranih skladišnih sustava ... 32

5. PRIMJERI AS/RS SUSTAVA IZ PRAKSE ... 36

5.1. The Glenmore Distillery. ... 36

5.2.Kraš d.d. ... 42

5.3. Usporedbe rezultata proračuna Glenmore i Kraš automatiziranog visokoregalno skladišta ... 47

6. ZAKLJUČAK ... 50

LITERATURA ... 51

PRILOG ... 52

1. UVOD

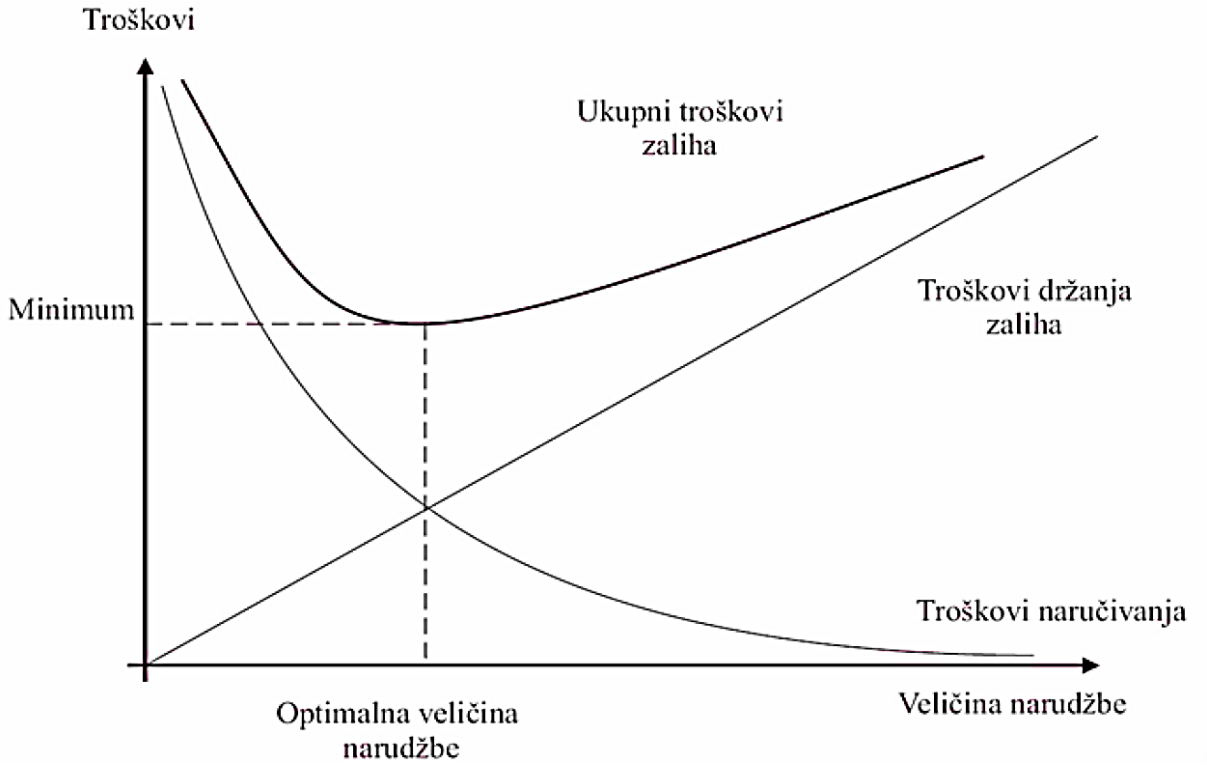
U ovom diplomskom radu biti će obrađeni temeljni pojmovi vezani uz unutrašnji transport i skladištenje, odnosno specifični dio vezan za automatizirani sustav skladištenja i izuzimanja. Skladištenje u suvremenim transportnim i logističkim procesima postaje ključni element pomoću kojeg tvrtke nastoje ojačati i učvrstiti vlastitu konkurentnost na tržištu. U današnje vrijeme skladišta te sami procesi skladištenja susreću se sa nizom promjena i poslovnih izazova izazvanih zahtjevima korisnika za visokom razinom usluge, za poboljšanjem učinkovitosti i iskoristivosti skladišnog prostora, za smanjenjem razina zaliha, odnosno optimalnim upravljanjem zalihama, povećanjem zahtjeva za posebnim uslugama kao što su: Just in Time, Crossdocking, usluge dodatne vrijednosti itd. Posljedica svega toga je sve složeniji rad skladišta, visoka razina poslovanja, visoka razina znanja i stručnog pristupa.

Suvremena logistika rješenja za sve veći obim zahtjeva tržišta nalazi u automatizaciji koja kroz veću efektivnost poboljšava rezultate rada skladišta. Razvoj transportnih tehnologija i primjena automatizacije u skladištima omogućava uštede na području troškova radne snage te se istodobno povećava sigurnost kako robe tako i zaposlenika. Nedostatak automatizacije i robotizacije u skladištim su vrlo visoki troškovi kupnje opreme i nefleksibilnost sustava.

Tema koja je obrađena u ovom diplomskom radu je: **Analiza automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje.** U diplomskom radu opisano je općenito značenje i temeljni pojmovi vezani uz skladišta i skladištenje te sve vezano za automatizaciju skladištenja, vrste automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje, detaljne značajke i pojedinosti vezane uz automatizirane sustave za skladištenje i izuzimanje. Diplomski rad će se sastojati od šest poglavlja; uvoda, temeljnih pojmova o skladištenju, vrste i podjele skladišta i manipulacijske opreme, modeli automatiziranog sustava za skladištenje i izuzimanje, primjeri AS/RS sustava iz prakse, te zaključak.

2. TEMELJNI POJMOVI O SKLADIŠTENJU

S logističkog stajališta skladište je čvor ili točka na logističkoj mreži na kojem se roba prije svega prihvaća to jest skladišti ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. U širem smislu skladište je ograđeni ili neograđeni prostor, zatvoreni ili poluzatvoreni (natkriveni) prostor, za uskladištenje robe i svega onog što je u izravnoj vezi sa skladištenjem, te kao takav predstavlja njegov sastavni dio. S toga gledišta, skladište predstavlja prostor namijenjen držanju zaliha s ciljem zaštite poslovanja i proizvodnje u uvjetima neizvjesnosti, ekonomičnom nabavom (slika 1.) i proizvodnjom te kako bi se omogućio tok materijala unutar poslovnog sustava [4]. Kako bi se optimirao rad skladišta odnosno držanje zaliha treba voditi računa o nepredvidivosti potražnje, dugim vremenima isporuke, nepouzdanim procesima dobave, velikim brojem artikala, te kratkim vremenskim razdobljem potražnje za određenim proizvodima [6].



Slika 1.: Prikaz kretanja troškova zaliha robe u jedinici vremena.
Izvor: [6]

Skladišne operacije su brojne, medu kojima se posebno ističu [4]:

- prijem robe,
- smještaj i čuvanje,
- izdavanje i otprema robe.
- komisioniranje

1.) Prijem robe - U prijem robe spadaju poslovi i zadaci: definiranja zone iskrcaja, bilježenje podataka o dolasku vozila, provjera dokumentacije, osiguranje vozila za iskrcaj, iskrcaj vozila, slaganje robe u zoni prijema, provjera robe, premještanje robe iz prijemne zone skladišta. Posebnu pozornost treba posvetiti količini i kvaliteti robe koja se zaprima u skladište. Roba se u skladište zaprima na temelju kvantitativne i kvalitativne kontrole. Da bi se prijem robe pravilno izvršio, osoblje zaduženo za prijem treba poznavati uzuse, koji reguliraju preuzimanje robe u robnom prometu. Prema njima prijem robe se obavlja na temelju: stručnog pregleda, uspoređivanja s uzorkom, kemijske analize, fizičkog mjerenja i vađenja uzoraka [4].

2.) Smještaj i čuvanje robe - Poslovi i zadaci smještaja i čuvanja robe su: sortiranje, pronalaženje mjesta za smještaj robe, dopunsko pakiranje (ako je potrebno), čuvanje, osiguranje i kontrola visine zaliha uskladištene robe. Smještaj i rukovanje robom tijekom skladištenja i unutarnjega transporta treba obavljati u skladu s fizičko-kemijskim obilježjima robe i racionalnim korištenjem skladišnoga prostora. Čuvanje robe sastoji se u poduzimanju potrebnih aktivnosti, glede zaštite robe od mogućeg količinskog propadanja, zagađenja, kvarenja i krađe. Posebice treba paziti na skupocjenu robu, eksplozivne materijale, robe podložne kvarenju, koroziji, kaliranju i robe koje negativno utječu na drugu robu i materijale koji se skladište u istom skladištu [4].

3.) Izdavanje robe iz skladišta - Poslovi i zadaci izdavanja i otpreme robe su: priprema dokumenata za izdavanje i otpremu robe, komisioniranje narudžbe (podrazumijeva aktivnosti prikupljanja, sortiranja i pripremanja materijala za izdavanje), paketiranje, izdavanje, kontrola točnosti izdavanja i utovara robe na transportna sredstva. Učinkovitost izdavanja robe u dobrom dijelu ovisi o: pravovremenoj pripremi dokumenata, pravilnom smještaju, rasporedu i pakiranju robe, te organiziranosti i opremljenosti skladišta [4].

4.) Komisioniranje – ili podizanje robe je operacija koja prema mišljenju osoblja koje upravlja skladištem jedna od najkritičnijih skladišnih operacija. Ova operacija predstavlja središnji dio protoka roba od dobavljača do kupca, a to je ujedno i točka na kojoj je najviše vidljiva razina profesionalnosti rada pojedinog skladišta. Komisioniranje je operacija tijekom koje se prema zahtjevima korisnika prikuplja roba u skladištu i formira pošiljka spremna za otpremu. Podizanje robe (komisioniranje) čini oko 55% operativnih troškova skladišta i može se promatrati prema slijedećim elementima [4]:

- •unutarnji transport u skladištu → 55% vremena
- •pretraga → 15% vremena
- •raspakiranje (ako je potrebno) → 10% vremena
- •dokumentiranje → 20% vremena

Iz navedenih elemenata operativnih troškova vidljivo je da se većina vremena pri komisioniranju troši na unutrašnji transport, pa se iz tog razloga pri dizajniranju skladišta nastoji smanjiti vrijeme potrebno za lociranje pojedine vrste roba i skraćenje vremena potrebnog za realizaciju unutrašnjeg transporta [4].

Najvažnija zadaća skladišta je dinamičko uravnoteženje tokova materijala, količinski i prostorno u svim fazama poslovnog procesa. Uz učinkovitu primjenu unutarnjeg transporta, skladište treba osigurati neprekidnost proizvodnje. Taj se kontinuitet osigurava tako da tok materijala teče po unaprijed određenom redu, planski i sustavno, bilo da se radi o ulazu sredstava za proizvodnju u proizvodni sustav, bilo o toku materijala unutar proizvodnog sustava, njegovoj preradi i doradi u procesu proizvodnje, bilo da se radi o izlazu materijala radi prodaje. Proces skladištenja treba realizirati uz najniže troškove skladištenja i uz najmanja moguća financijska sredstva angažirana u zalihe. Skladište treba racionalno ubrzavati tok materijala, kako bi se skratio proces poslovanja (npr. ciklus proizvodnje) i time ubrzao koeficijent obrtaja sredstava vezanih u zalihe. Svojim poslovanjem skladište treba utjecati na povećanje konkurentske sposobnosti poslovnog sustava [6].

Glavne komponente skladišnog sustava su [4]:

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

Prema funkciji u logističkom sustavu postoje [4]:

- skladišta za izdavanje,
- skladišta za pretovar,
- skladišta za distribuciju robe.

Skladišta za izdavanje se najčešće nalaze uz proizvodne pogone ili trgovinska poduzeća, jer služe za uskladištenje gotovih proizvoda namijenjenih distribuciji i prodaji potrošačima.

Skladišta za pretovar preuzimaju robu na kratak rok radi pretovara s jednog na drugo transportno sredstvo. Tu je važnija brzina pretovara robe od kapaciteta skladišta.

Skladišta za distribuciju robe su karakteristična po tome što su, po važnosti, uravnotežene djelatnosti čuvanja i izdavanja robe. Funkcija distribucije sastoji se od procesa prihvata i isporuke robe. U ovim skladištima se najčešće prikuplja roba od raznih dobavljača u velikim količinama i prosljeđuje se ujedno ili više proizvodnih ili trgovinskih poduzeća u malim količinama. Po tome su, primjerice karakteristični distribucijski centri. Međutim, u skladištu se može i ujediniti više malih pošiljaka u jednu veliku (primjerice, pri otkupu poljoprivrednih proizvoda). Koncentracija robe u veće pošiljke česta je i u prekomorskom prijevozu, jer se tako smanjuje broj individualnih pošiljki i transport čini bržim i lakšim. Ova skladišta imaju ključnu ulogu u logističkom sustavu [4].

3. VRSTE I PODJELE SKLADIŠTA I MANIPULACIJSKE OPREME

Skladišta se mogu podijeliti prema: ulozi u logističkom sustavu, vrsti robe, vlasništvu, načinu gradnje, stupnju mehanizacije i automatizacije [4].

3.1. Podjela skladišta prema ulozi u logističkom sustavu

Prema ulozi u logističkom sustavu skladišta se dijele na: skladišta sirovina, skladišta poluproizvoda, komponenata, skladišta gotovih proizvoda, konsolidacijske centre i tranzitna skladišta, prijelazna skladišta, XD centri, centri za sortiranje, skladišta za robu u e distribuciji, skladišta za robu u povratu-povratni centri, skladišta institucija javnog sektora [4].

Skladište sirovina smještena su u blizini mjesta proizvodnje, služe za pohranu sirovina i komponenata.

Skladište poluproizvoda i komponenata koriste se za smještaj proizvoda u različitim stupnjevima proizvodnje. Također koriste se i za procese dorade proizvoda prije isporuke krajnjem korisniku, kao što su: prepakiranje i označavanje proizvoda, sklapanje proizvoda iz komponenata, dodavanje specifičnih komponenata, opremanja pakiranja posebnim porukama i oglasima [4].

Skladišta gotovih proizvoda gdje se pohranjuju proizvodi koji su spremni za distribuciju krajnjem kupcu. To mogu biti skladišta u vlasništvu proizvođača, operatora, veletrgovaca ili maloprodajnih tvrtki.

Konsolidacijski centri i tranzitna skladišta zaprimaju robu iz različitih izvora i stvaraju pošiljku za pojedinog naručitelja. U ovu se kategoriju mogu ubrojiti Just in time skladišta ali i skladišta za opskrbu maloprodajnih objekata. Razlika u odnosu na cross dock skladišta je da roba u konsolidacijskim skladištima može biti pohranjena određeno vrijeme.

Prijelazna skladišta u njima se roba zaprima u velikim količinama od dobavljača i zatim se transformira u pakiranja količine koje su pogodne za daljnju distribuciju.

Cross dock (XD) centri gdje se filozofija razvila kao odgovor na zahtjeve korisnika za brzom isporukom i dinamičnijim protokom robe kroz lanac opskrbe. Roba u XD sustavu mora ispuniti određene zahtjeve, ponajprije glede označavanja . U XD centrima roba se zaprima i identificira, nakon čega slijedi formiranje pošiljki i njihova otprema. Cilj je da se roba u skladištu zadržava što je kraće moguće. Tipična roba za XD su artikli s relativno kratkim rokom trajanja: voće, povrće, meso, riba i slični [4].

Centri za sortiranje koriste se u paketnoj distribuciji, distribuciji pošiljaka ili distribuciji paleta. Roba se prikuplja sa različitih lokacija, sortira prema mjestu narudžbe, konsolidira i otprema prema krajnjem korisniku. Sličan se sustav koristi kod nekih sustava za distribuciju roba na paletama: roba se zaprima na paleti, izuzima s palete, formira se nova pošiljka koja se nakon toga otprema prema korisniku [4].

Skladišta za e-distribuciju uglavnom radi s velikim brojem pojedinačnih narudžbi. Princip rada je sličan kao i kod centara za sortiranje, s bitnom razlikom veličine ulaznih jedinica i većom količinom povrata od uobičajene u ostalim tipovima distribucije.

Skladišta za robu u povratu porast E prodaje i postroženi standardi zaštite okoliša natjerali su subjekte u opskrbnom lancu da više pažnje posvete sustavu povratne logistike. Kao rezultat, razvio se specifičan oblik skladištenja-skladišta za robu u povratu. U njima se roba pregledava, sortira, po potrebi prepakira i zatim usmjerava prema određenom kanalu povratne logistike.

Skladišta institucija javnog sektora su specifična skladišta koja nisu namijenjena pohrani robe u sustavu opskrbnog lanca, već se u njima pohranjuje roba koja se koristi u javnim sustavima, npr. vojna skladišta, skladišta robnih zaliha, skladišta robe za slučaj elementarne nepogode i sl. [4].

3.2. Podjela skladišta prema vrsti robe

Prema vrsti robe skladišta se dijele na [4]:

- skladišta opće namjene za više vrsta roba
- za prehrambene proizvode, prema važećim higijenskim i ostalim standardima
- carinska skladišta
- skladišta za visokovrijednu robu
- skladišta sa kontroliranim klimatskim uvjetima
- za opasne tvari
- za tekuće terete, silosi i sl.

3.3. Podjela skladišta prema vlasništvu

Prema vlasništvu skladišta se dijele na:

1) privatna
2) javna
3) u najmu

Privatna skladišta se grade isključivo za potrebe njihova vlasnika. Većina lanaca za opskrbu, u svijetu, koriste privatna skladišta. Poduzeća se odlučuju za privatna skladišta kada utvrde da su njihove potrebe za skladišnim prostorom tolike da će troškovi skladištenja i kvaliteta usluga biti povoljniji, nego da koriste javna skladišta [4].

U *javnim skladištima* se pružaju usluge trećim osobama. Korištenje javnih skladišta ima ekonomsko opravdanje, kada su u pitanju manje količine i slabija dinamika kretanja uskladištene robe te je ekonomičnije koristiti javno skladište nego izgraditi vlastito. Javna skladišta mogu biti specijalizirana za pružanje usluga određenim gospodarskim granama. Primjerice, skladišta mogu biti specijalizirana za rukovanje poljoprivrednim proizvodima. Prednost javnih skladišta je što za njihovu izgradnju korisnici ne ulažu nikakva investicijska sredstva, pa se raspoloživa financijska sredstva mogu koristiti u druge svrhe [4].

3.4. Podjela skladišta prema načinu gradnje

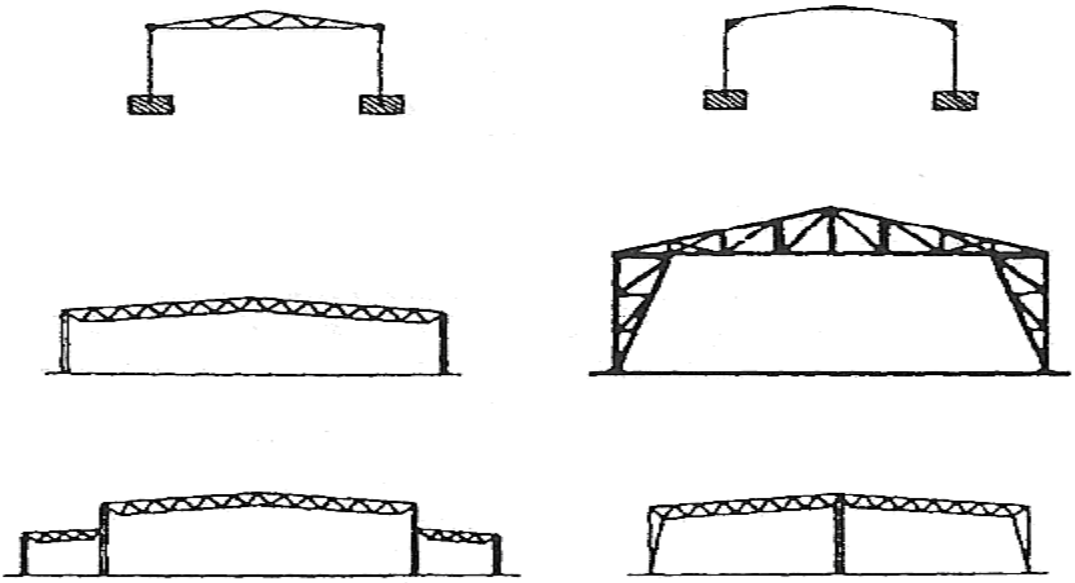
Prema načinu gradnje skladišta se dijele na [4]:

a) otvorena
b) zatvorena
c) natkrivena

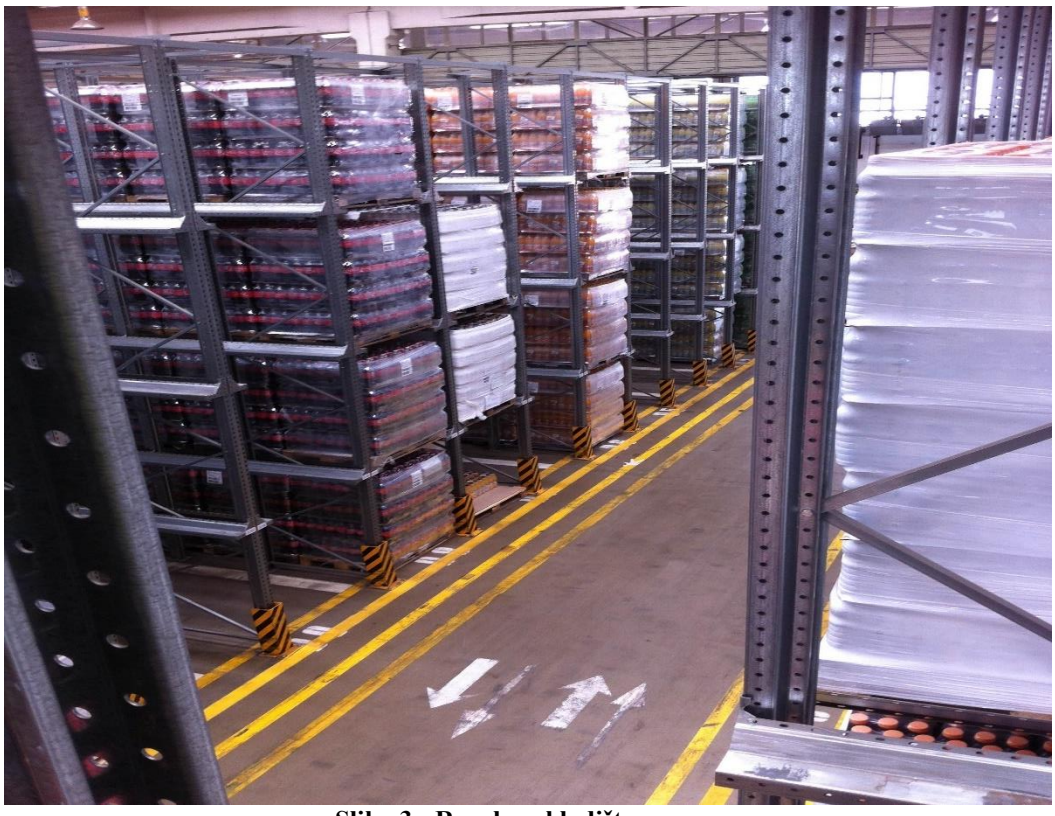
a) *Otvorena* namijenjena su za skladištenje robe koja nije (ili je neznatno) osjetljiva na atmosferske prilike i koja ne zahtijeva specijalnu zaštitu od krađe. To su uglavnom robe velikih dimenzija i težine (trupci, kamen, željezničke tračnice, rude, građevinski materijal i si.). Najčešći oblik skladištenja robe u tim skladištima je podno odlaganje.

b) *Zatvorena* služe za kratkotrajno ili dugotrajno pohranjivanje raznovrsnih roba koje su osjetljive na atmosferske promjene. Mogu biti smještena u prizemnim zgradama, ili u zgradama na katove, sa i bez podruma. Po unutrašnjem uređenju mogu se sastojati od jedne ili više prostorija za skladištenje određenih vrsta ili skupina roba, koje zahtijevaju iste ili slične uvjete čuvanja robe. Zatvorena skladišta razlikuju se prema izvedbi i konstrukciji te se nadalje razvrstavaju na [4]:

- prizemna (hangarska) skladišta - *zatvorena skladište prizemne izvedbe. Njegova konstrukcija služi samo za zaštitu robe* ***(slika 2.).*** *Zbog toga ne nosi nikakvo opterećenje od smještenog tereta koji je složen direktno na tlo. Konstrukcija iznad tereta nosi samo opterećenje vlastite težine i vanjskog pritiska vjetra, snijega i slično.*
- katna ili etažna skladišta - *višekatna ili etažna skladišta su građevine kod kojih je skladišni prostor izgrađen jedan iznad drugoga na nekoliko katova. Time se dobiva mogućnost da se na istom prostoru zemljišta postigne višestruka skladišna površina.*
- regalna skladišta - *kombinacija hangarskih i etažnih skladišta su regalna skladišta. Razvila su se najkasnije, a upotreba im se naglo širi. Mogu se upotrebljavati samo za paletizirane terete ili za komade kojima se može rukovati na isti način* ***(slika 3.).***
- specijalizirana skladišta (spremnici, hladnjače, silosi, plivajuća skladišta, vinski podrumi, rezervoari za naftu i dr.).



Slika 2. Čelične konstrukcije prizemnih (hangarskih) skladišta
Izvor: [4]



Slika 3.: Regalno skladište
Izvor: Izradio autor

3.5. Podjela skladišta prema stupnju mehanizacije i automatizacije

Prema stupnju mehanizacije i automatizacije skladišta se dijele na [4]:

- nisko mehanizirana
- visoko mehanizirana
- automatizirana
- robotizirana

Nisko mehanizirana prevladava ručni rad. Poslovi se, uključujući i upravljanje, obavljaju pomoću jednostavnije skladišne opreme i manipulativne tehnike, kao što su razne vrste kolica kojima upravljaju skladišni radnici.

Visoko mehanizirana poslovi se obavljaju sredstvima kojima upravljaju skladišni radnici, ali i automatskim sredstvima u manjem opsegu.

Automatizirana skladišta svi se poslovi obavljaju automatizirano. Zaposleno osoblje je prisutno samo u slučaju potrebe. Upravljanje skladišnim procesima i operacijama obavlja se elektroničkim načinom (računalno) [4].

Automatizacija u skladištu započela je prije 30-ak godina. Najviše se razvila u Japanu, SAD-u i Njemačkoj. Ova tehnologija omogućava ekonomičnu uporabu prostora i znatno manje troškove radne snage i naprezanja uposlenih radnika. Automatizirana skladišta djeluju brzo, točno i sigurno. Postoje dva stupnja automatizacije: Off-line i On-line. **Off line** automatizacija predstavlja najjednostavniji način primjene računala te se samim time ne povećava stupanj automatizacije pošto se vođenje procesa isključivo prepušta procesnom osoblju. Računalo ovdje obavlja određene proračune i obrade, stoga Off line smatramo niskim stupnjem automatizacije. **On-line** stupanj automatizacije se dijeli na dvije vrste; On-line rad u otvorenoj petlji sa srednjim stupnjem automatizacije i On-line rad u zatvorenoj petlji s visokim stupnjem automatizacije.

Kod slučaja sa otvorenom petljom računalo je direktno vezano s procesom, te se informacije o procesnim događajima prenose u računalo u stvarnom vremenu. Ovdje je prisutnost procesnog osoblja ali u znatno manjem postotku nego je to kod Off-line stupnja automatizacije. On-line rad u zatvorenoj petlji predstavlja trenutno najviši stupanj automatizacije gdje računalo neposredno upravlja i djeluje na procese u stvarnom vremenu. Upravljanje i kontrola statičkih i dinamičkih skladišnih sustava obavlja se preko računala, što trenutno predstavlja najveći stupanj automatizacije u skladištu [5].

4. MODELI AUTOMATIZIRANOG SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I IZUZIMANJE

4.1. Automatizirani sustavi skladištenja i pohrane, općenito i podjele

Općenito, pojam automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje (u nastavku AS/RS eng. Automated Storage and Retrieval System) obuhvaća razne izvedbe računalom upravljanog automatiziranog odlaganja i izuzimanja iz skladišnih lokacija. Računalo određuje gdje će se u skladišnom prostoru smjestiti roba te sa koje pozicije se određena roba može dohvatiti. Budući da cijelim sustavom upravlja računalo u svakom trenutku može se znati točna količina zalihe određenog proizvoda jer računalo automatski ažurira stanje prilikom skladištenja ili prikupljanja robe iz regala [2].

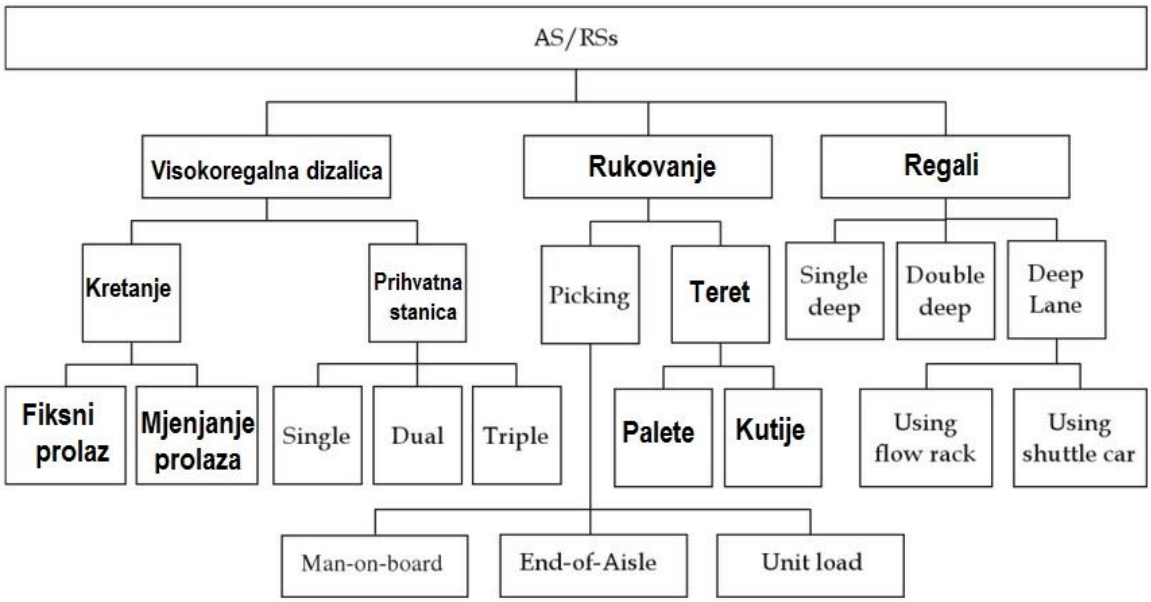
U užem smislu AS/RS je sustav regala, svaki red ima svoju jedinicu za odlaganje/izuzimanje koja se kreće vertikalno i horizontalno uzduž regala odlažući i izuzimajući terete (slika 4.). Primarne funkcije AS/RS sustava su: skladištenje, ulaz/izlaz, komisioniranje. Stupanj automatizacije definiran je protokom, preciznošću i brzinom. Prvi AS/RS sustav nastao je 1960-ih, u početku s naglaskom na skladištenje teških tereta, no vrlo brzo s razvojem tehnologija počinje se primjenjivati za rukovanje teretima relativno malog opterećenja (lakih tereta). Sustavi konvejera (transportera) i ili automatizirani vođena vozila (AGV eng. Automated Guided Vehicles) se također smatraju dijelom AS/RS sustava.

Sustavi se razlikuju od relativno jednostavnih ručno upravljanih izuzimanja skladišnih lokacija (order-picking) koji se primjenjuju kod skladišta s manjim obrtajem robe pa do potpuno automatiziranih sustava (computer-controlled storage/retrieval systems) kod skladišta s velikim obrtajem robe. Material Handling Institute of America (MHIA), je svjetsko neprofitno udruženje za rukovanje materijalima, a njegovi članovi su podijelili AS/RS u dva glavna segmenta: Fixed Aisle and Carousels/Vertical Lift Modules (VLMs). Obje vrste tehnologije pružaju automatizirano skladištenje i pretraživanje za uskladištenu robu ali koriste različite tehnologije. Svaka tehnologija ima svoj jedinstveni set prednosti i nedostataka. Fixed Aisle systems su karakteristično veći sustavi, dok se Carousels/Vertical Lift Modules (VLMs) u pravilu koriste pojedinačno [2].

Vrste automatiziranih sustava koje se koriste u današnje vrijeme su (slika 4) [7]:

- Horizontalni karuseli
- Vertikalni karuseli
- VLMS
- Kranovi u prolazima AS/RS:
  - Automatizirano visokoregalno skladiše (unit-load AS/RS)
  - Automatizirano skladište za male dijelove (mini-load AS/RS, micro-load AS/RS)
  - Poluautomatizirani skladišni sustavi (person-on-board AS/RS)

Objekti u kojima se koriste AS/RS sustavi uvelike se razlikuju, te je potrebno temeljito raspraviti koji uvjeti i okruženje rada odgovaraju određenom sustavu kako bi što uspješnije funkcionirali. Okruženja u kojem AS/RS može ponuditi najveću korist su hladnjače, smrznuta hrana, te roba kod koje je potrebno striktno praćenje zaliha [2].



Slika 4.: Različiti koncepti AS/RS sustava
Izvor: [3]

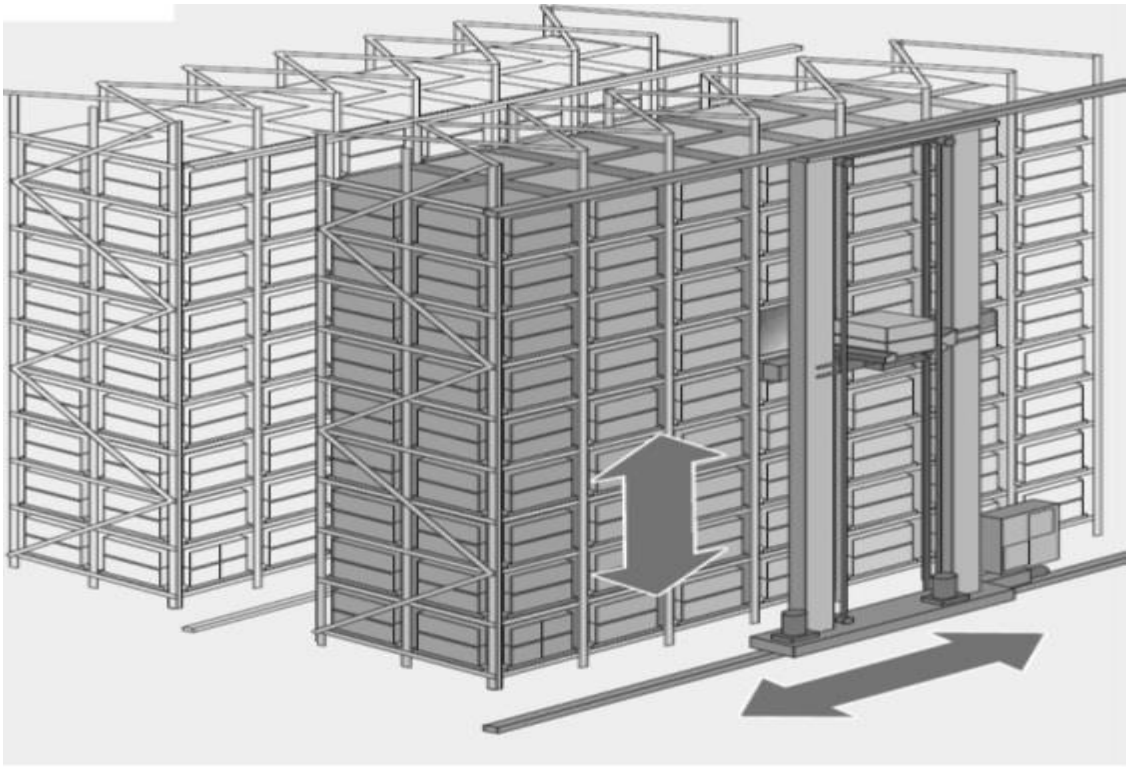
Postoji deset uvjeta u kojima AS instalacija / RS može biti najuspješnije instalirana, a to su [2]:

- Rad skladišta u minimalno dvije ili po mogućnosti tri smjene
- Kritične razine zaliha
- Fleksibilnost proizvodnje
- Zajedničko skladištenje gotovih proizvoda i poluproizvoda
- Područja sa velikom cijenom zemljišta na kojem je izgrađeno skladište (veća mogućnost uštede)
- Nema zakonskih ograničenja na visinu zgrada
- Vješti tehničari na tržištu rada koji će održavati sustav
- Roba više vrijednosti po jedinici proizvoda
- Broj(SKU) skladišnih jedinica nije dovoljno velik (potreban veći broj)
- Uski postojeći prostor koji je pogodan za AS/RS instalaciju

Svaka situacija je drugačija, ali ovih deset smjernica prikazuju uvjete koji su najprikladniji za AS / RS. Za skladištenje kod ovakvih sustava koriste se standardne regalne konstrukcije, koje po potrebi mogu biti ojačane te su prilagođene vrsti robe koja se skladišti. AS/RS uređaj (slika 5.), odnosno dizalica koja prenosi robu od ulazno-izlazne platforme do lokacije uskladištenja u regalu samostalno se kreće, transportira robu do/od lokacije uskladištenja sa ulazno-izlazne platforme. Ulazno-izlazna platforma predstavlja mjesto s kojeg dizalica uzima ulaznu robu koju prenosi do mjesta uskladištenja i mjesto na koje se donosi roba koja izlazi iz regala [2].

Automatizirani sustavi za skladištenje i izuzimanje ne zahtijevaju znatna pred-laganja za instalaciju i stalnu financijsku obvezu za održavanje. Održavanje visoko integriranih sustava zahtijeva obuku i iskustvo. Čak i najiskusnije tvrtke koje koriste AS/RS bore se sa podrškom, promjenjivim zahtjevima, održavanjem, starenjem tehnologije i zamorom mehanizacije. Trošak nabave i provedba učinkovitog automatiziranog sustava je značajan, obuhvaća sve od lanca opskrbe i upravljanja zalihama do stvarne kupovne cijene AS/RS opreme i softvera. Osim toga, stručnjaci u korištenju i održavanju AS/RS napominju da tvrtke često imaju značajne tekuće troškove za održavanje i ažuriranje različitih podsustava [1].

Ti kapitalni troškovi koji su prethodno navedeni mogu neke poduzetnike baciti u dilemu te iz financijsko ugla, ih prisiliti da kupuju "jeftine" sustave koji su loše opremljeni za dugoročno korištenje. U mnogim slučajevima, takve odluke mogu završiti sa daleko većim troškovima u dugoročnom korištenju. Dug i pouzdan životni vijek za AS/RS sustav počinje prilikom nabave, odnosno pri odabiru marke i vrste uređaja kojima će se opremiti skladište. Autor ovdje želi napomenuti da je bitnije obratiti pozornost na kvalitetu uređaja a ne bazirati odluke u odnosu na cijenu.



Slika 5.: Prikaz klasičnog automatiziranog visokoregalnog Unit Load AS/RS sustava- Izvor: [7]

4.1.1 Horizontalni karuseli

Karuseli se definiraju kao niz povezanih polica u neprekinutom lancu koji je montiran na kružnim nosačima. Kada se pokrene pogon, police kruže oko nosača i pred operatera donosi traženu skladišnu lokaciju, odnosno proizvod. Operater izdvaja potrebnu količinu proizvoda te se zatim do operatera pomakne sljedeća lokacija i tako dalje. Rotacijom karusela se može upravljati ručno ili pomoću računala [1].

Ovom tehnologijom se umjesto tradicionalnog hodanja operatera do lokacije postiže to da lokacija, odnosno proizvod, dolaze operateru.

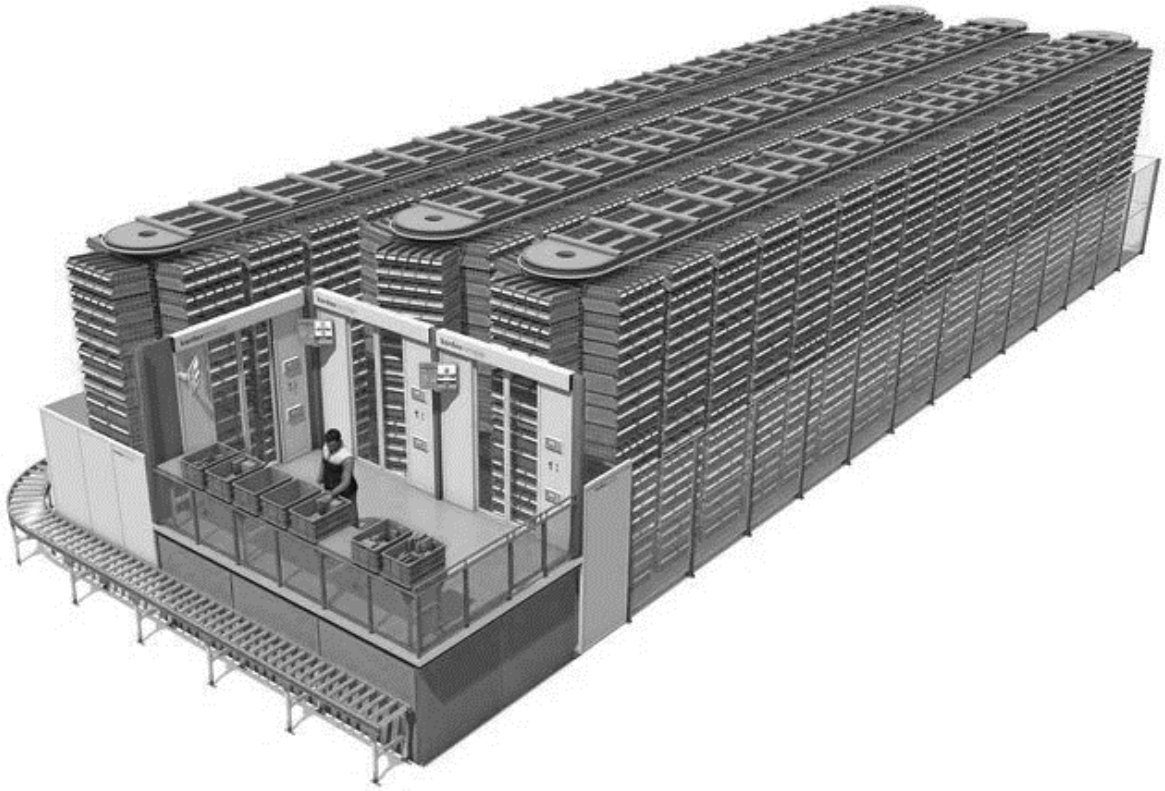
Horizontalni karuseli (slika 6.) se rotiraju i pohranjuju proizvode u horizontalnoj ravnini, te rade po principu „roba čovjeku, čime se eliminira nepotrebno hodanje do lokacije i traženje na lokaciji. Karuseli mogu biti upravljani ručno od strane radnika/operatera, ali najveću produktivnost daju u kombinaciji s [1]:

- računalnim programom i uređajima koji kontroliraju kretanje karusela,
- programa za komisioniranje koji automatski locira traženi proizvod i istovremeno „traži“ sljedeći proizvod koji će zatim biti dostavljen na lokaciju radnika,
- zaslonom koji prikazuje radniku koliko komada određenog proizvoda treba.

Prednosti horizontalnih karusela su [1]:

1) Efikasnost i brzo komisioniranje – traženi proizvodi brzo se dostavljaju komisioneru najkraćim putem, bez ikakvog hoda i traženja na lokaciji. Horizontalni karuseli često koriste i „pick to light“ način komisioniranja koja radniku pokazuje koji proizvod uzeti i u kojoj količini.
2) Komisioniranje više naloga – komisioniranje bez papirnatog naloga omogućava da se istovremeno prikupljaju proizvodi za više naloga te se na taj način skraćuje vrijeme kroz manji broj okretanja karusela.
3) Ušteda prostora - horizontalni karuseli zauzimaju oko 40% manje prostora od standardnih poličnih regala. K tome, proizvodi su zbijeni na ograničenom prostoru, što eliminira neproduktivno hodanje do lokacije. Komisiona zona horizontalnih karusela iznosi svega od 5 do 10m^2.
4) Fleksibilnost i prilagodba – kako bi se povećala produktivnost tijekom vršnih perioda i sezonskih zahtjeva horizontalni karuseli mogu biti podijeljeni na više zona. Karuselom upravlja jedna osoba, a tijekom vršnih opterećenja više radnika može raditi na jednom karuselu. Struktura karusela se može prilagoditi bilo kojoj vrsti proizvoda.

Horizontalni karuseli postali su jedan od najpopularnijih uređaja za skladištenje i izuzimanje, posebno u distribucijskim okruženjima. Od njihova nastanka početkom 1960-ih do danas hardver je ostao relativno nepromijenjen, izuzev manjih poboljšanja i nadogradnji, međutim primjene i upravljanje veoma su se promijenili [1].



Slika 6.: Prikaz Horizontalnog karusela
Izvor: [9]

4.1.2. Vertikalni karusel

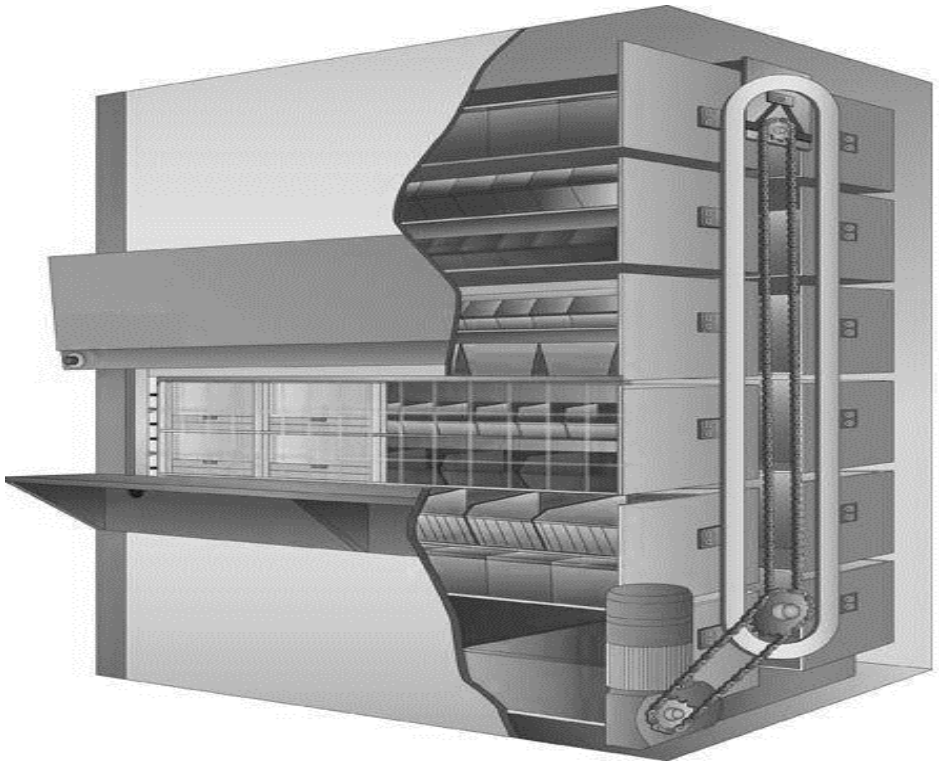
Vertikalni karuseli (slika 7.) su u potpunosti zatvoreni motorizirani sustavi sa vertikalno rotirajućim policama koje rotiraju gore ili dolje po vodilicama te dostavljaju pohranjene proizvode do ergonomski oblikovanog prozora od kuda operater uzima tražene proizvode. Mogu imati ugrađeni program za praćenje inventara koji prati stanje zaliha te povećava produktivnost i kontrolu zaliha.

Vertikalni karuseli su se počeli uvoditi radi smanjenog skladišnog prostora i neiskorištenog prostora u blizini stropa. Ovakvi sustavi iskorištavaju taj slobodni i neupotrebljivi prostor te povećavaju iskorištenje površine skladišta. Police unutar regala rotiraju u zatvorenoj petlji te radniku donose traženi proizvod do pristupnog prozora gdje se radnik nalazi. Moguće su izvedbe vertikalnih karusela sa više pristupnih prozora koji omogućuju da istovremeno više radnika obavlja posao [1].

Pristupni prozori mogu se nalaziti jedan iznad drugog (na različitim katovima), jedan pored drugog ili sa prednje i stražnje strane karusela. Zatvorena konstrukcija karusela pruža i dodatnu sigurnost za vrijedan sadržaj a može se i povećati mehaničkim i elektroničkim metodama.

Prednost vertikalnih karusela [1]:

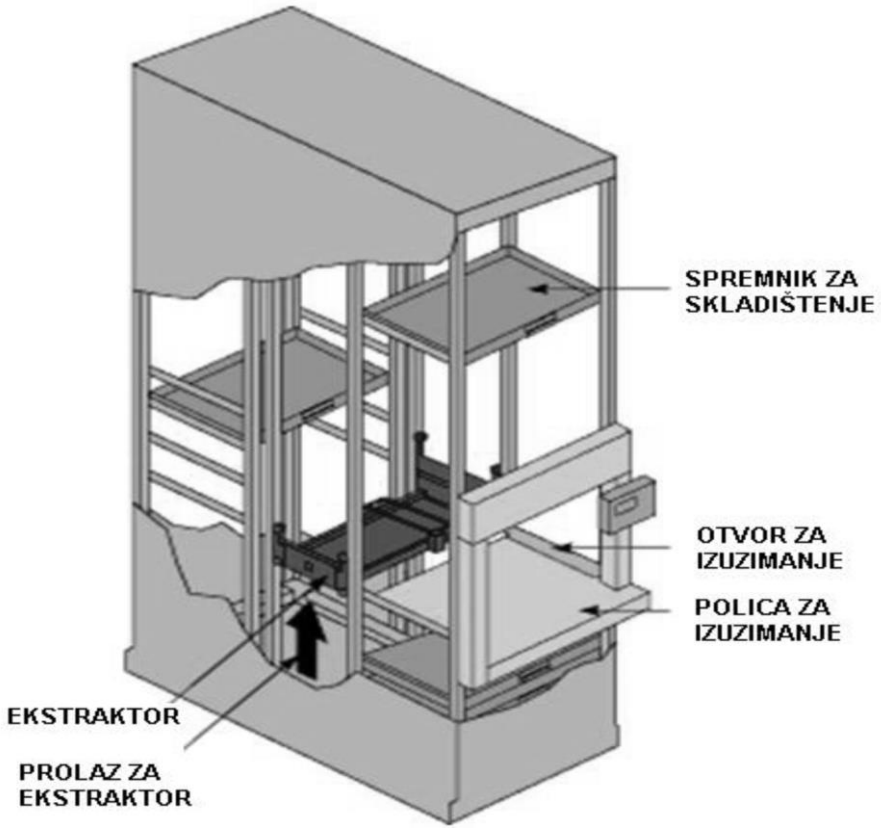
- ušteda i do 80% prostora.
- povećanje produktivnosti
- ergonomski prilagođena radna mjesta
- poboljšana kontrola zaliha
- ograničenje pristupa inventaru unutar karusela



Slika 7.: Prikaz Vertikalnog karusela
Izvor: [10]

4.1.3. VLMS (Vertikalni podizni moduli)

Vertikalni podizni moduli (*Vertical Lift Module - VLMS)* (slika 8.) su skladišni sustavi koji se sastoje od dvije paralelne kolone s fiksnim policama, u kojima su uskladišteni spremnici (kutije ili ladice). Odlaganje i izuzimanje spremnika obavlja automatski uređaj (shuttle/extractor), koji se elevatorom kreće vertikalno između kolona s policama [1].

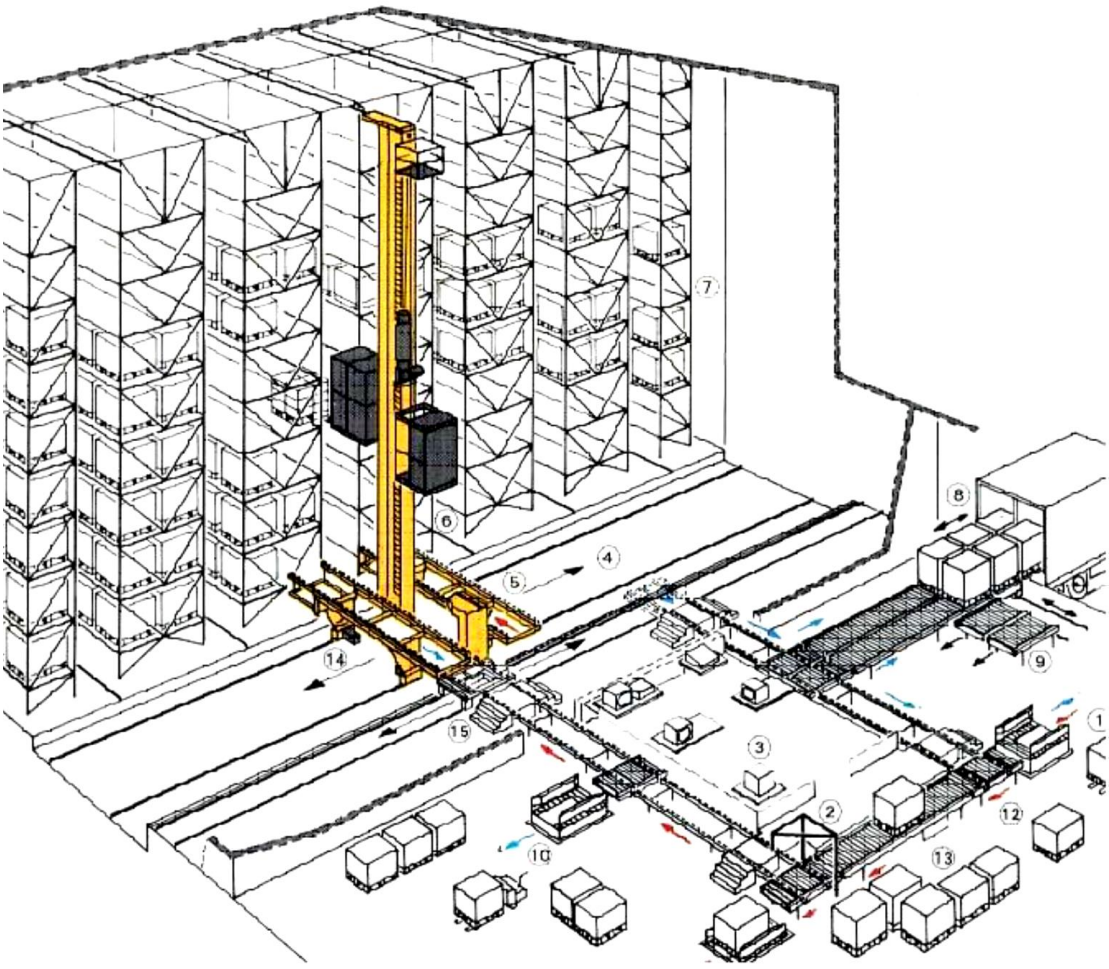


Slika 8.: Prikaz VLMS sustava
Izvor: [7]

VLM se sastoji od tri osnovna, paralelna stupca. Prednji i stražnji stupac koriste se za skladištenje te su opremljeni držačima koji funkcioniraju kao police za spremnike. Središnjim stupcem kreće se elevator sa napravom za odlaganje i izuzimanje spremnika (inserter/ekstraktor). Većina hala konstruirana je s visokim stropom. VLM je brz i jednostavan način da se iskoristi inače neupotrebljiv prostor u visini, uslijed čega se smanjuje količina podnog prostora za skladištenje. Također, VLM-ova sposobnost pohranjivanja spremnika s robom uz samo 25 mm razmaka među spremnicima omogućava znatno veću gustoću nego klasični polični regali. Postrojenja koja nemaju posebno visok strop mogu iskoristiti sposobnost VLM-a da povezuje katove. Nije neobično imati VLM koji se od prvog kata uzdiže 18 metara povezujući velik broj, ako ne i sve katove [1].

4.1.4. Automatizirano visokoregalno skladište (eng. Unit Load AS/RS)

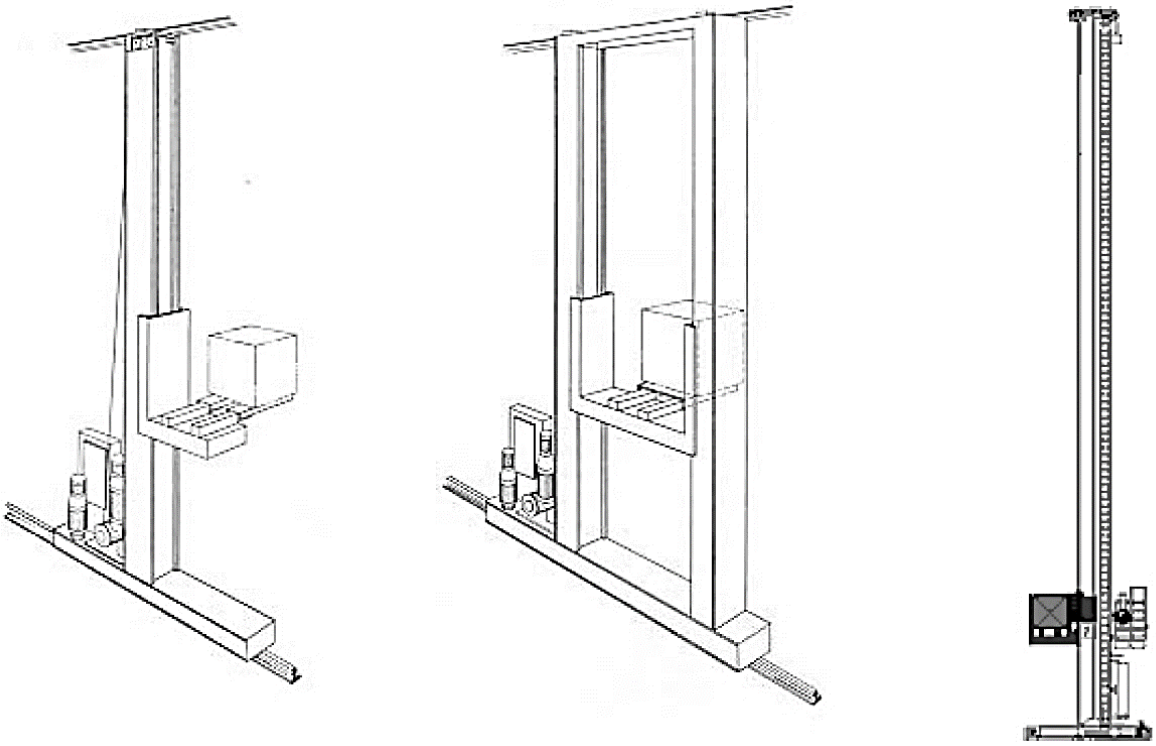
Unit load je naziv sustava za automatizirano visokoregalno skladište (slika 9.). Glavna karakteristika ovog tipa AS/RS je da se sa svakim teretom rukuje pojedinačno. Unit load je tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za teže/veće terete (250 do 500 kg i više) smještene na paletama ili u plastičnim, drvenim ili metalnim sanducima paletnih dimenzija. Nekim velikim teretima može se također rukovati i bez sredstava za oblikovanje jediničnog tereta, npr. kolutovi lima, papira, kablova. Visine regala se kreću od 10 do 50 metara a duljine prolaza čak do 290 metara. Prednosti automatiziranog visokoregalnog (eng. unit-load) AS/RS sustava u odnosu na konvencionalni način skladištenja su; ušteda na površini, točnost i kontrola materijala, velike brzine skladištenja/izuzimanja, povećana produktivnost, smanjenje škarta/štete, jednostavno rukovanje i održavanje i sigurnost zaposlenih [7].



Slika 9.: Prikaz klasičnog automatiziranog visokoregalnog unit load AS/RS sustava
Izvor: [7]

Osnovne komponente automatiziranog visokoregalnog (eng. unit load) sustava su [7]:

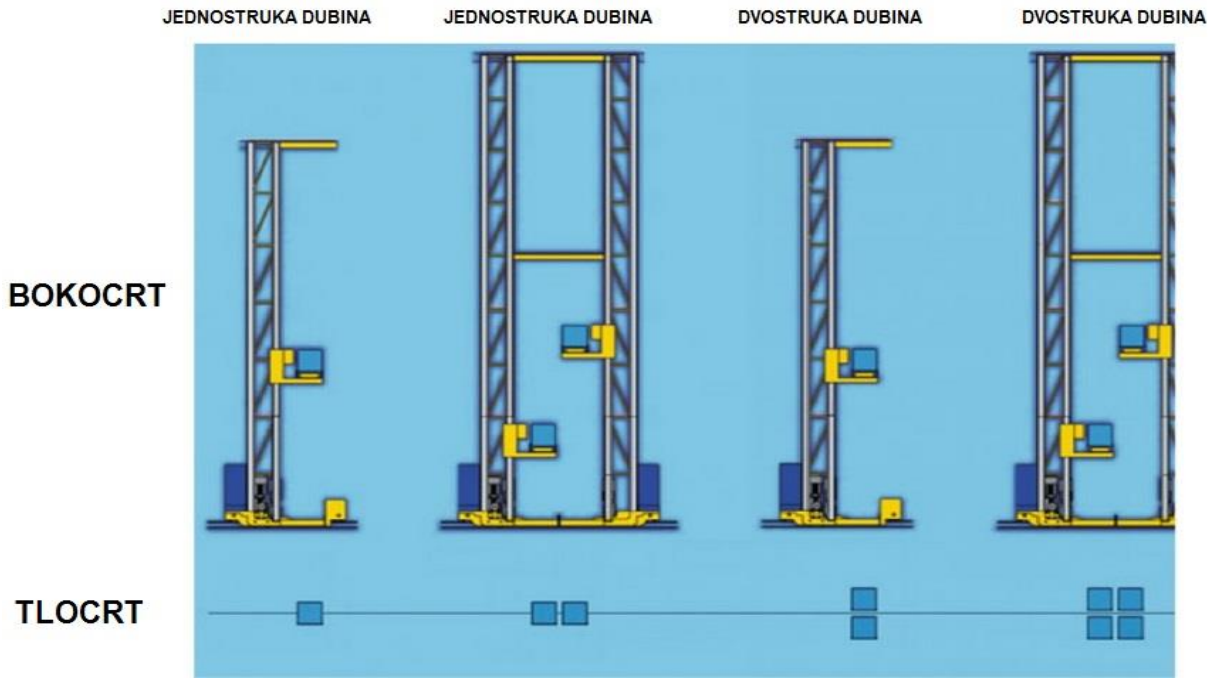
1) dizalica (S/R machine, S/R crane) (slika 10. i slika 11.),
2) regali, (slika 11.)
3) utovarno/istovarna stanica (I/O, PD station) (slika 10.),
4) protupožarni sustav,
5) ostalo



Slika 10.: Prikaz automatizirane visokoregalne (unit load)S/R dizalice
Izvor: [7]

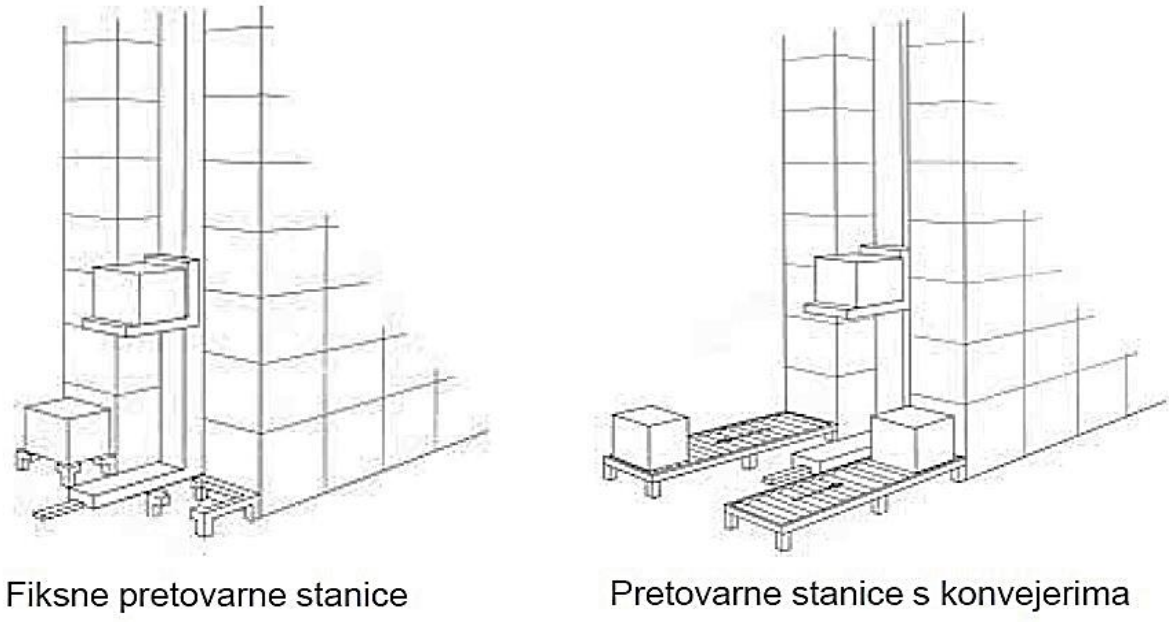
Brzine kretanja dizalica ovise o samoj konstrukciji dizalice, odnosno njenoj nosivosti a kreću se:

- Horizontalna 1,8 – 4,4 m/s (2,5-3 m/s)
- Vertikalna 0,3 – 1,3 (0,6-0,75 m/s)
- Shuttle (prihvatna stanica) 7,5-12 s

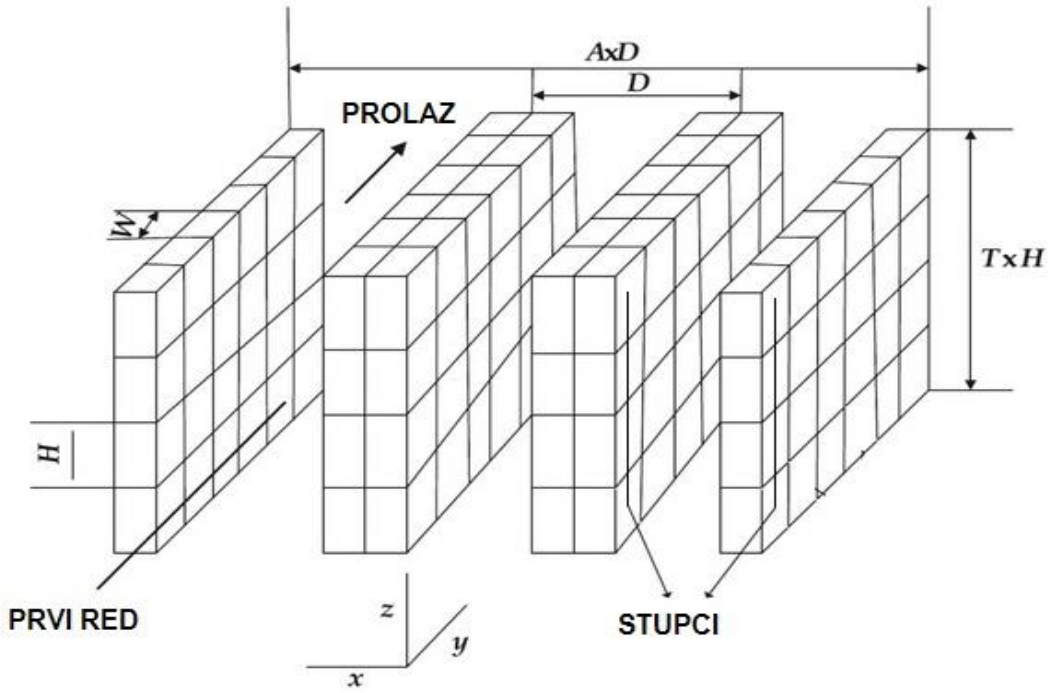


Slika 11.: Vrste visokoregalnih unit load dizalica, varijacije
Izvor: [3]

Utovarno/istovarne stanice (I/O, PD station) su mjesta na kojim dolazi do pretovara tereta sa S/R dizalice u daljnju distribuciju ili proizvodnju. One mogu biti napravljene fiksno (Slika 12.) ili uz korištenje konvejera.



Slika 12.: Utovarno/istovarne stanice pretovarne stanice
Izvor: [7]



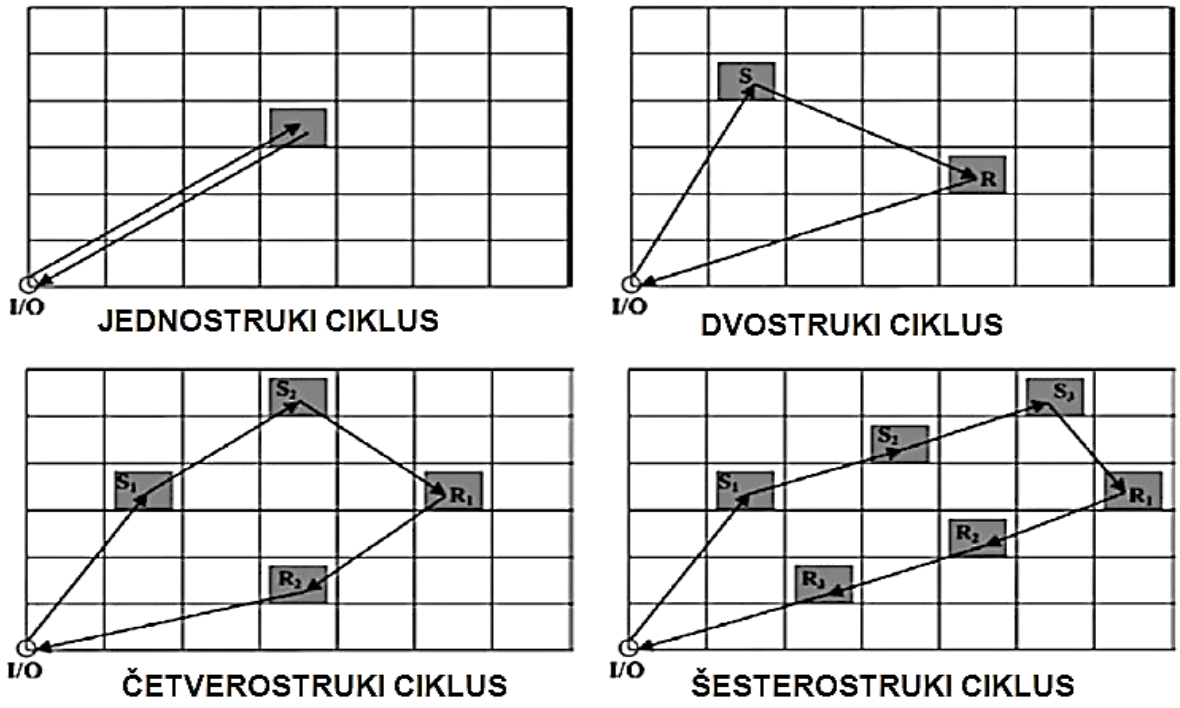
Slika 13.: Konfiguracija regala automatiziranih visokoregalnih skladišta
Izvor: [3]

Tablica 1.: Popis oznaka pri konfiguraciji AS/RS regala (slika 13.)

OZNAKE ZA KONFIGURACIJU AS/RS REGALA	
A	Broj prolaza
T	Broj redova
W	Širina stupca
V	Broj AS/RS vozila (uređaja)
Yx	Udaljenost od prvog stupca do sredine prolaza
νL	Brzina dizalice
λS	Brzina dolaska transakcija za skladištenje po satu
λR	Brzina dolaska transakcija za izuzimanje po satu
B	Broj stupaca po prolazu
D	Udaljenost između dva prolaza (mjeri se od središnje osi)
H	Visina retka
L	Broj dizalica
Tt	Vrijeme transfera AS/RS dizalice između Utovarno/Istovarne točke
Vv	Brzina AS/RS vozila/uređaja
Tl/u	Vrijeme utovara/istovara u regal

Izvor: [3]

U nastavku će biti prikazane različite varijacije ciklusa S/R dizalice (slika 14.) kao što su jednostruki, dvostruki, četverostruki i šesterostruki ciklusi gdje **S** (stacking) predstavlja skladištenje, **R** (retrieving) izuzimanje, a **I/O** (Input/Output station) ulazno/izlaznu platformu.



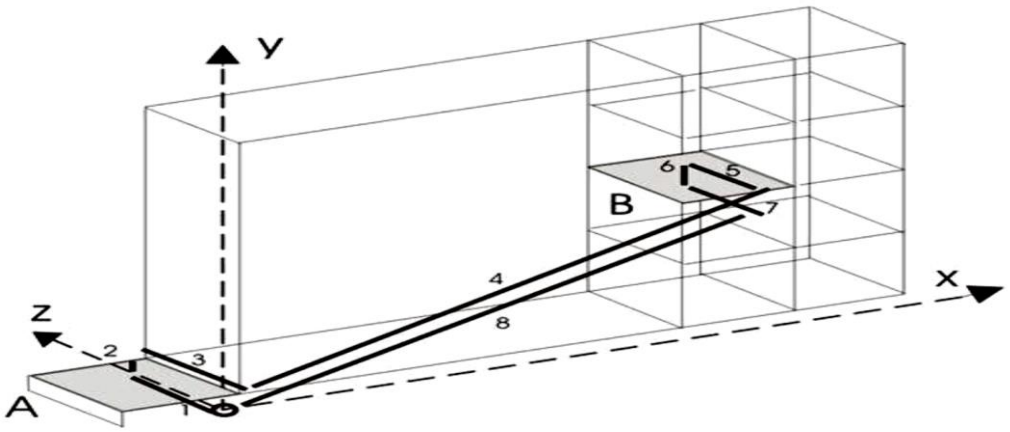
Slika 14.: Varijacije ciklusa S/R uređaja, shematski prikaz
Izvor: [3]

Pri jednostrukom ciklusu S/R dizalica obavlja jedno izuzimanje ili uskladištenje, a kretanje dizalice prikazano je na slici 15.

Tablica 2.: Proračun trajanja jednostrukog ciklusa S/R dizalice

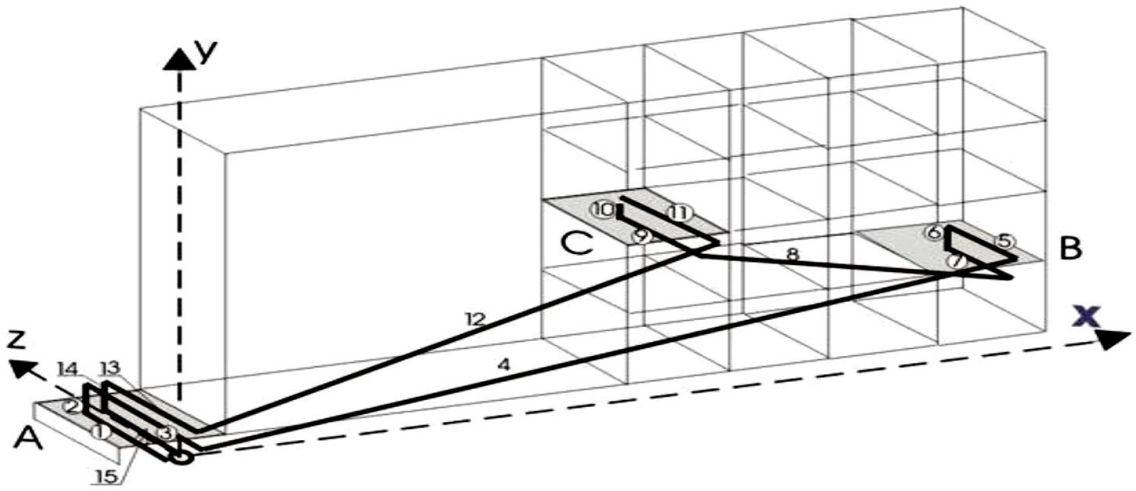
Prosječno vrijeme vožnje S/R dizalice od pretovarne stanice do lokacije u regalu.	$\mathbf{E(SC)} = (1+\frac{Q2}{3}) * T$	**(1)**
Prosječno vrijeme trajanja jednog ciklusa.	$\mathbf{t_{jc}} = \mathbf{E(SC)} + \mathbf{2} * tk$	**(2)**

Izvor: Preuzeto i modificirano od [3]



Slika 15.: Prikaz kretanja S/R dizalice pri jednostrukom ciklusu
Izvor: [3]

Dvostruki radni ciklus podrazumijeva jedno uskladištenje i jedno izuzimanje iz regala, a kretanje S/R dizalice prikazano je na slici 16. U dvostrukom ciklusu S/R dizalica mora obaviti jednu operaciju više, a usto mora obaviti kretanje od jedne skladišne lokacije prema drugoj.



Slika 16.: Prikaz kretanja S/R dizalice pri dvostrukom ciklusu
Izvor: [3]

Tablica 3.: Proračun trajanja jednostrukog ciklusa S/R dizalice

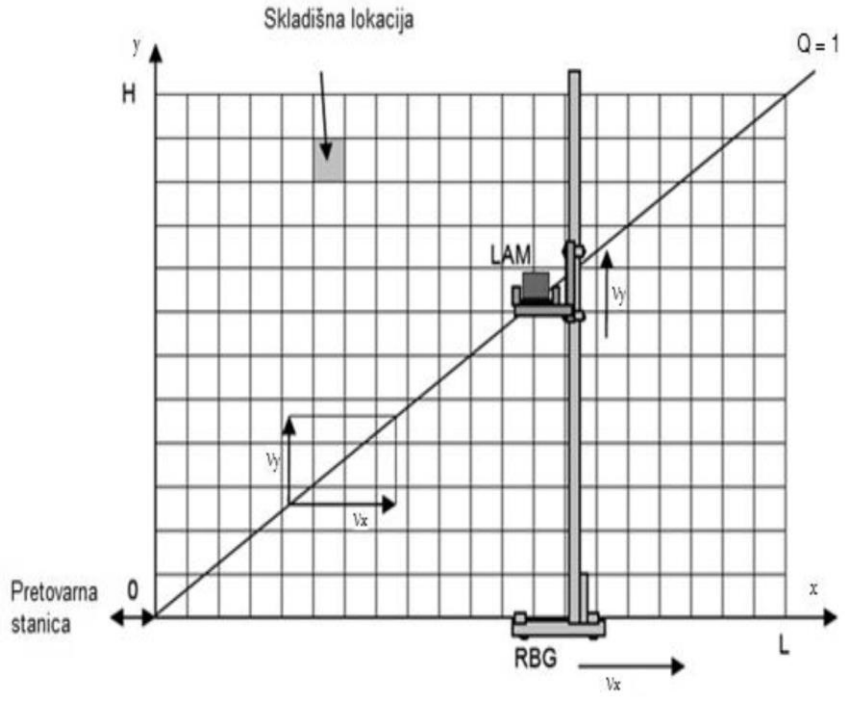
Dodatna kretnja između skladišnih lokacija koju obavlja S/R dizalica.	$\mathbf{E(TB)} = (\frac{1}{3} + \frac{Q2}{6} - \frac{Q3}{30}) * T$	**(3)**
Prosječno vrijeme trajanja dvostrukog ciklusa.	$\mathbf{t_{dc}} = \mathbf{E(SC)} + \mathbf{E(TB)} + \mathbf{4} * tk$	**(4)**

Izvor: Preuzeto i modificirano od [3]

Tablica 4.: Formule za izračun tehničkih podataka visokoregalne S/R dizalice

Vrijeme putovanja dizalice od pretovarne stanice do horizontalnog ruba regala.	$t_h = \frac{L}{vx}$	**(5)**
Vrijeme putovanja dizalice od pretovarne stanice do vertikalnog ruba regala.	$t_y = \frac{H}{vy}$	**(6)**
Pomoćna veličina **T.**	$T = \max(t_x, t_y) = \max(\frac{L}{vx*T}, \frac{H}{vy*T})$	**(7)**
Faktor oblika regala, $Q \leq 1$, odnosno kad je Q = 1 to označava da je regal kvadratnog oblika u suprotnome je pravokutan (slika 17.).	$Q = \min(\frac{tx}{T}, \frac{ty}{T}) = \min(\frac{L}{vx*T}, \frac{H}{vy*T})$	**(8)**
Vrijeme koje je potrebno S/R dizalici da ubrza do maksimalne brzine ili uspori s maksimalne brzine.	$t_1 = \frac{Vmax}{a}$ [s]	**(9)**
Put koji S/R dizalica prođe za vrijeme ubrzanja/usporenja.	$s_1 = (\frac{a}{2}) * (t_1)^2$ [m]	**(10)**
Put koji S/R dizalica prijeđe pri maksimalnoj brzini.	$s_2 = \frac{L}{2} - 2 * s_{h1}$ [m]	**(11)**
Vrijeme potrebno da S/R dizalica prijeđe put maksimalnom brzinom.	$t_2 = \frac{s2}{Vmax}$ [s]	**(12)**
Prosječna brzina kretanja S/R dizalice.	$V = \frac{2*s1+s2}{2*t1+t2}$ [m/s]	**(13)**

Izvor: [3]

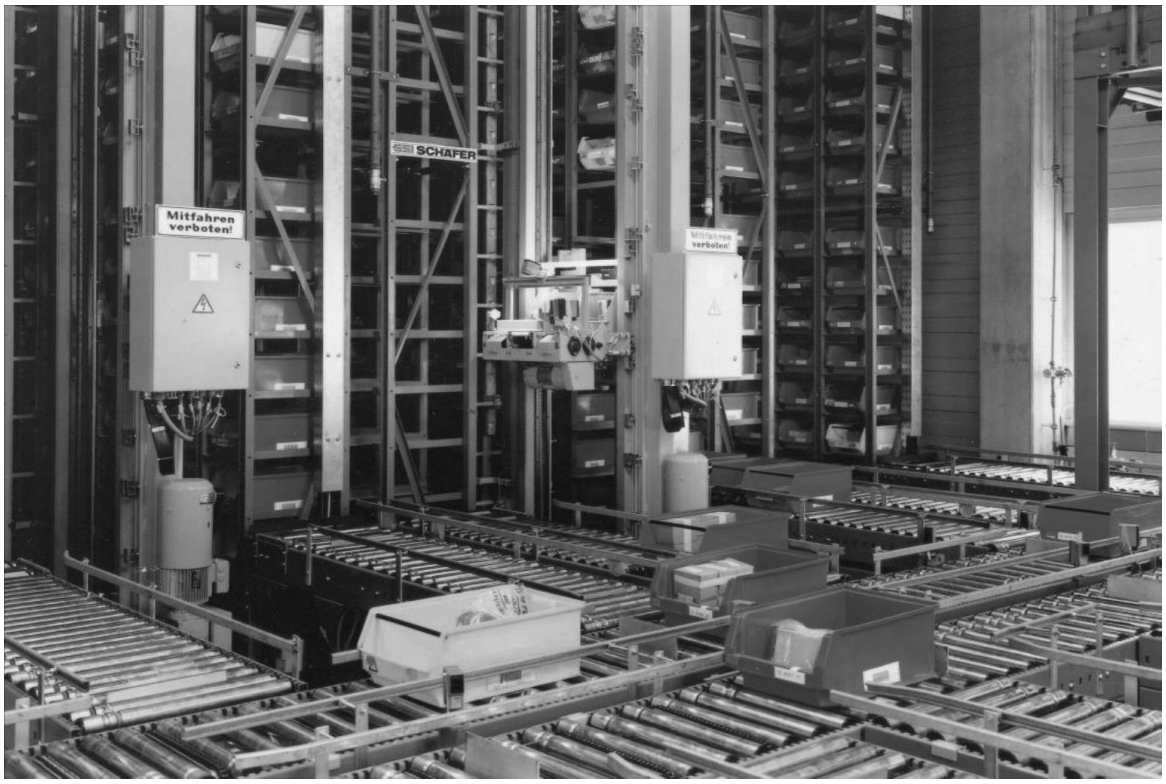


Slika 17.: Prikaz kvadratnog oblika regala i mjernih veličina iz tablice 4.
Izvor: [3]

4.1.5. Automatizirano skladište za male dijelove (mini load AS/RS)

Mini-load AS/RS (slika 18.): Tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za terete koji su obično u malim spremnicima (kutijama), s ukupnom težinom između 50 i 250 kg (rijetko do 500 kg). Micro-load AS/RS: Tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za male proizvode u vrlo malim spremnicima, (kutijama ili ladicama) s ukupnom težinom manjom od 50 kg. Princip rada je sličan Unit-loadu ; razlika je u tome što Unit-load ima okretnu stanicu (shuttle) koja skladišti / izuzima dok Mini-load posjeduje robotsku ruku ili ekstraktore koji povlače kutije s materijalom.

Mini Load sustav omogućuje veliku uštedu prostora, čuvanje materijala, povećana produktivnost i protok, zbog svoje brzine omogućava bolje usklađivanje kapaciteta s ostalim dijelovima poduzeća, smanjuje operativne troškove, manja mogućnost pogreške**,** tihi način rada i jednostavno upravljanje [2].



Slika 18.: Mini load AS/RS sustav
Izvor: [7]

Tehničke karakteristike mini load sustava su [2]:

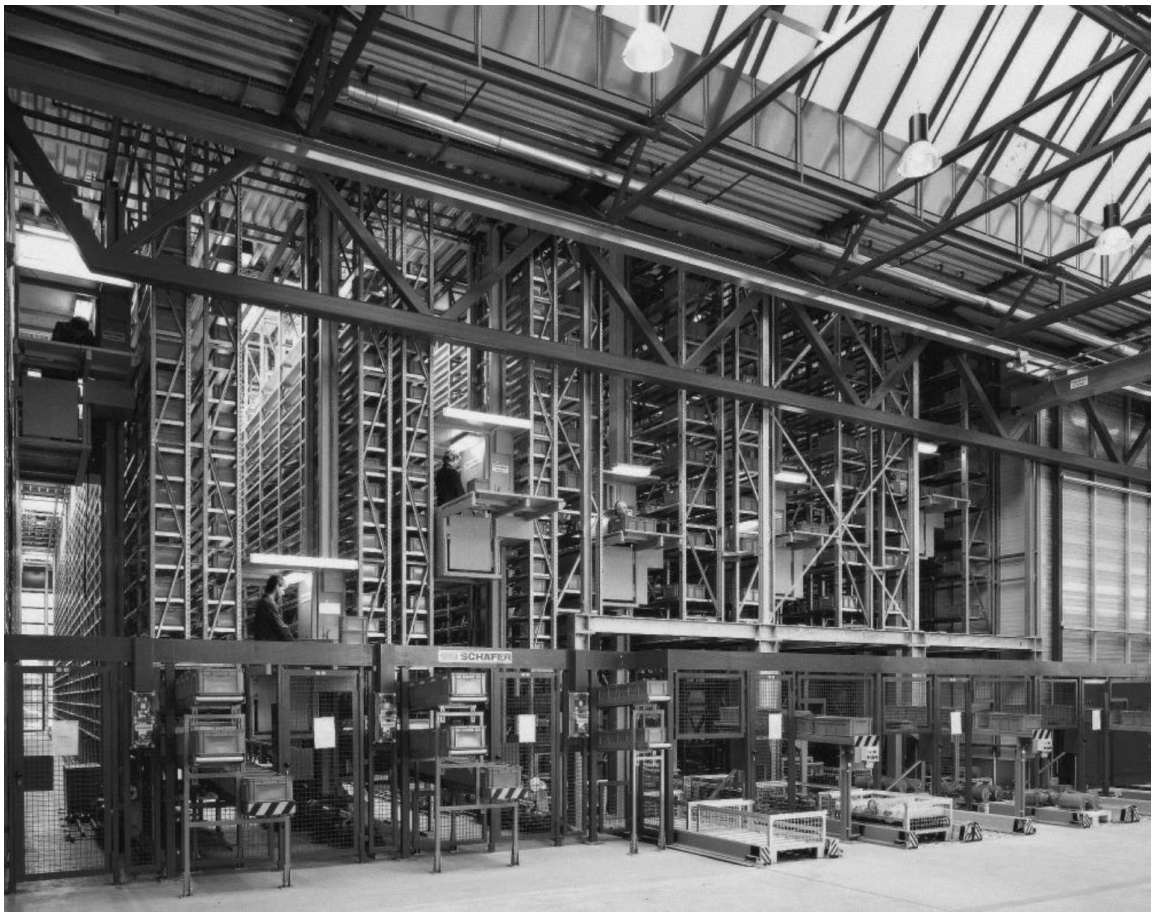
- Visine 3-15 m
- Duljine 12-60 m
- Brzine S/R dizalice:
  - hor. 2,5 m/s
  - vert. 0,6 m/s

Regali u skladišnom djelu mogu biti izvedeni kao jednostruki, dvostruki ili trostruki, ovisno o jedinicama koje se skladište i njihovoj masi. Tehnike izvlačenja jedinica iz regala mogu se razlikovati ovisno o zahtjevima kupaca a najčešće se koriste robotske ruke.

4.1.6. Poluautomatizirani skladišni sustavi (person on board AS/RS)

Person-on-board (slika 19.) je (polu)automatizirani sustav odlaganja i izuzimanja, s čovjekom na dizalici za ručno uskladištenje i izuzimanje unutar prolaza između visokih poličnih i paletnih regala. Osnovna karakteristika i prednost ovoga tipa AS/RS je mogućnost komisioniranja (izuzimanje materijala manje od paletnih jedinica), te se zbog toga ubrajaju i u izvedbe sustava komisioniranja po principu "čovjek robi".

Princip rada: računalo po nalogu upravlja kretanjem dizalice (kabine) do paletne jedinice ili police, operater izuzme količinu materijala/robe koji mu je na prikazan na ekranu, kad izume materijal pritisne potvrdu, te ga dizalica navođena računalom odveze do sljedeće lokacije. Nakon što prikupi sav potreban materijal za jednu narudžbu ili ako ispuni maksimalan kapacitet (volumski ili težinski) kabina se vraća na ulazno/izlazno mjesto – pretovarnu stanicu [7].



Slika 19.: Person on board AS/RS sustav
Izvor: [7]

Različiti proizvođači imaju različite nazive i izvedbe Person-on-board AS/RS -a. Neki od naziva su: man-on-board AS/RS, person-aboard AS/RS, man-to-goods AS/RS. Sustavi se uglavnom razlikuju po tome za koju vrstu tereta su namijenjeni. Mogu se koristiti za komisioniranje čitavih paleta (bez mijenjanja sadržaja paletne jedinice), za komisioniranje manjih pojedinačnih pakiranja koja su smještena na paletama ili za neke male proizvode koji su smješteni u regalima u većim skladišnim jedinicama te je iz nekoliko pakiranja potrebno izuzeti određeni broj proizvoda kako bi se sastavila pošiljka [7].

4.2. Razlozi primjene AS/RS sustava skladištenja

Sve više investitora odlučuje se za ovakvu vrstu skladišta, s jedne strane zbog zahtjeva tržišta za visoko efikasnom distribucijom raznih vrsta roba, rezervnih dijelova i sl., a s druge strane zbog smanjenja raspoloživih površina za gradnju te zbog smanjenja troškova eksploatacije uslijed smanjenog udjela ljudskog rada [1].

Osnovni razlozi za automatizaciju skladišta su [1]:

- Povećanje kapaciteta skladišta
- Povećanje gustoće skladišta
- Povećanje ukupne iskorištenosti prostora
- Povećanje sigurnosti u radu i smanjenje štete i krađe
- Povećanje produktivnosti i redukcija ljudskog rada
- Poboljšanje kontrole inventara
- Poboljšanje obnavljanja zaliha
- Unaprjeđenje usluga kupcima
- Povećanje dostupnosti i transportnih puteva

Automatizirana skladišta projektiraju se namjenski za skladištenje različitih vrsta artikala. Sustavi rade prema principu “roba ka čovjeku”. Skladišne jedinice se lociraju na lokacijama automatski. Transport se odvija pomoću automatskih dizalica i transportnih sustava. Upravljanje sustavom i vođenje transakcija ulaza i izlaza robe izvodi se pomoću računala (WMS).

4.3. Isplativost AS/RS sustava

Kada se govori o smanjenju troškova skladišta, jedan od najvećih troškova je radna snaga to jest radnici. Naime, radna snaga, iako je vrlo potrebna, često se zna dogoditi da je ona upravo najveći trošak skladišta. Mnoga se poduzeća upravo zbog tog razloga odlučuju zapošljavati putem Student servisa te tako samo plaćaju odrađene sate. No, kako smanjiti i taj izdatak? Uvođenjem novih tehnologija, ponajprije automatizacijom skladišta. Ipak i tada je potrebna radna snaga koja će voditi i paziti na cijeli sustav, ali znatno manja nego prilikom ručnog traženja i donošenja robe (komisioniranje) [2].

Usprkos teškoj ekonomskoj situaciji u kojoj se svaki radnik pa tako i radnik u skladištu nalazi, potrebno je misliti o profitu poduzeća. Iako možda poslodavac ima vrlo kvalificirane i snalažljive te brze radnike, automatizacijom se tu brzinu i snalažljivost dovodi na jednu potpuno novu razinu. Najvažnije je u svakom trenutku znati gdje se što nalazi i koliko određene robe ima u zalihama. S tim se podatkom može kvalitetnije planirati potražnja, ali i organizacija prodaje te isporuka [2].

Prema podacima jednog američkog istraživanja o menadžmentu skladišta, godišnje se na inventuru, zaprimanje, slaganje te pakiranje robe potroši oko 47 tisuća dolara (otprilike 272 tisuće kuna). Kod automatiziranog skladišta, prema podacima iz tog istog istraživanja, ti se troškovi na godišnjoj bazi smanjuju za otprilike 25%. To je smanjenje troškova bazirano na manje utrošenom vremenu i na većoj efikasnosti prilikom obavljanja tih radnji. Naime, automatizirano je skladište 25% brže i efikasnije od skladišta koje nema moderne i automatizirane tehnologije .

Isto tako svako skladište godišnje generira pogreške u svom stanju zaliha. Te pogreške u podacima godišnje generiraju gubitak od oko 195 tisuća dolara (otprilike milijun kuna), a odnose se na robu koja prema podacima treba biti u zalihama, ali nije te na robu koje ima na zalihama, ali je nema u podacima. Automatizacijom bi se ti troškove smanjili za gotovo 70 tisuća dolara (otprilike 400 tisuća kuna), točnije za više od 35% [8]. Ako se govori o isplativosti sustava tada treba uzeti u obzir i troškove uvođenja sustava u skladište.

4.4. Usporedba klasičnih i automatiziranih skladišnih sustava

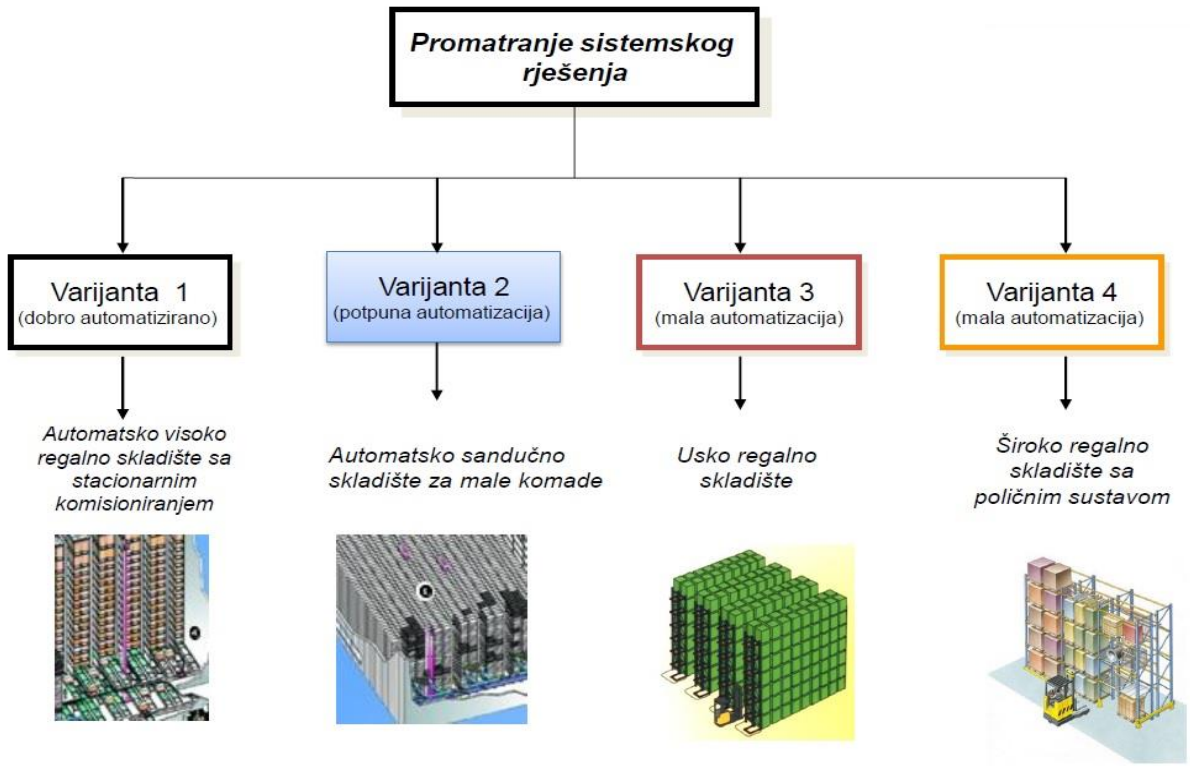
Razlika između manualnih i automatiziranih skladišta (slika 20.). Manualna skladišta temelje se na većem broju ljudi, a sva manipulacija robe (palete) obavlja se korištenjem viličara, kao i sustav komisioniranja. Takav način rada više je podložan greškama, brzine odaziva na narudžbu su puno manje od automatiziranog načina rada. I manualno skladište se može unaprijediti korištenjem modernih tehnika, prvenstveno komisioniranja, korištenjem bežičnih RF terminala i uređaja. Automatizirano skladište, korištenjem visokog stupnja robotizacije, transportne tehnologije, jamči bolje rezultate i povećava efikasnost rada skladišta [8].

Najveća prednost AS/RS sustava je da štedi prostor u odnosu na konvencionalna skladišta. Skladišta koja koriste čeone viličare za manipulaciju robom zahtijevaju širinu prolaza između regala od 3,5 metara dok se kod AS/RS sustava širina prolaza kreće od 1,3 do 1,5 metara.

Primjer: kod manualnog skladištenja 1000 paleta, potrebno je oko 929 kvadratnih metara. Automatizacijom se može postići smještaj 1000 paleta na samo 285 kvadratnih metara [8]**.**



Slika 20.: Prikaz razlika između klasične i suvremene logistike
Izvor: [8]



Slika 21.: Prikaz usporedbe automatizacije
Izvor: [8]

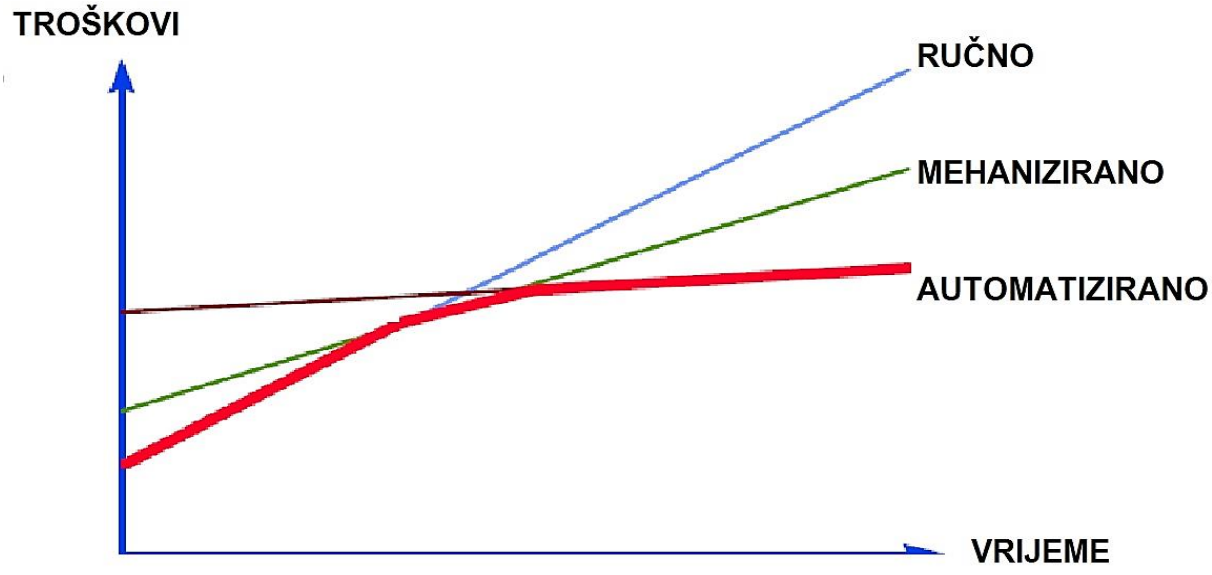
Prednosti i nedostatci moderne logistike su [1]:

Prednosti:

- Povećana iskoristivost skladišnog prostora
- Povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha
- Smanjenje troškova ljudskog rada
- Povećanje sigurnosti na radu
- Povećana zaštita materijala

Nedostaci:

- Visoki investicijski troškovi
- Povećani zahtjevi održavanja
- Povećani zahtjevi za tolerancije
- Nefleksibilnost



Slika 22.: Prikaz isplativosti klasičnog i modernog skladišta
Izvor: Prilagodio autor prema [8]

Tablica 5.: Karakteristike rukovanja materijala po tipu skladišta

KARAKTERISTIKE	TIP SKLADIŠTA		
	RUČNO	MEHANIZIRANO	AUTOMATIZIRANO
Težina	NISKI	VISOKI	VISOKI
Volumen	NISKI	VISOKI	VISOKI
Brzina	NISKI	SREDNJI	VISOKI
Frekvencija	NISKI	SREDNJI	VISOKI
Kapacitet	NISKI	SREDNJI	VISOKI
Fleksibilnost	VISOKI	SREDNJI	NISKI
Troškovi održavanja	NISKI	SREDNJI	VISOKI
Operativni troškovi	VISOKI	SREDNJI	NISKI

Izvor: [8]

Kao što je vidljivo iz tablice 5. prilikom usporedbe ručnih, mehaniziranih i automatiziranih skladišnih sustava dobiveni su rezultati koji ukazuju na prednosti i mane pojedinih sustava. Već na prvi pogled može se zaključiti da su mehanizirana i automatizirana skladišta u znatnoj prednosti naspram ručnih što je vidljivo iz gore navedenih karakteristika. Mehanizirana i automatizirana skladišta mogu poslovati sa robom većih težina, volumena, znatno su brža, većeg kapaciteta i frekvencije no imaju i određenih mana kao što su: fleksibilnost i troškovi održavanja. Kad se uzmu u obzir sve karakteristike može se zaključiti da su ručna skladišta izgubila „utrku“ s vremenom u kojoj mehanizirana također kaskaju za automatiziranim skladištima koja postaju sve češća pojava te se nameću kao budućnost skladištenja.

5. PRIMJERI AS/RS SUSTAVA IZ PRAKSE

U posljednjem poglavlju biti će obrađena dva primjera iz prakse. U prvom primjeru biti će predstavljena tvrtka iz Kentucky-a (SAD) konkretno radi se o „The Glenmore Distillery“ koja koristi AS/RS tehnologiju za skladištenje svojih proizvoda. Drugi primjer koji će biti predstavljen je tvrtka Kraš d.d. iz Zagreba (HR).

5.1. The Glenmore Distillery.

Glenmore destilerija je osnovana kasnih 1800-ih u gradiću Owensboro koji se nalazi u saveznoj državi Kentucky. Izvorno ime destilerije bilo je „Monarch Distillery“, James Thompson ju je preimenovao u „Glenmore Distillery“ prema Glenmore dvorcu u blizini njegova rodnog mjesta u Sjevernoj Irskoj. Tijekom prohibicije The Glenmore destilerija je imala sreću da bude jedna od četiri destilerije koje su smjele raditi u ograničenoj mjeri za medicinske potrebe. Destilerija danas ima jedan od najvećih i najmodernijih postrojenja za punjenje i skladištenje u SAD-u [11].

Zbog brzine rasta i naglog povećanja obima posla Glenmore destilerija bila je prisiljena okrenuti se automatizaciji svog distributivnog centra što se pokazalo kao pun pogodak. Oni su trenutno jedni od rijetkih proizvođača alkoholnih pića koji su se odlučili na automatizaciju to jest na korištenje AS/RS sustava. Tvrtka koja je izgradila i opremila distributivni centar Glenmore destilerije je Westfalia jedna od većih svjetski poznatih tvrtki koje se bave automatizacijom skladišta i korištenjem suvremenih tehnologija u području logistike i skladištenja. Dizajn je temeljen na „layer picking“ sustavu i konvencionalnim selektivnim regalima. Distributivni centar iznosi 20720 m^2 od kojih se 12720 m^2 odnosni na automatizirani dio skladišta. U automatiziranom djelu skladišta koriste se četiri AS/RS uređaja (dizalice) koje djeluju u četiri prolaza te dižu robu u regale do sedam visina dok duljina regalnog dijela iznosi 250[m], širina 51 [m], a visina 14 [m]. Skladište ima kapacitet od 36748 pozicija za pohranu. U vanjske regale stane od jedne do osam paleta u dubinu dok u središnje stane od jedne do deset paleta. Svaki kran može uskladištiti/izuzeti 90 paleta po satu pa kad se to pomnoži sa brojem kranova dobiva se brojka od 360 paleta u satu [11].



Slika 23.: Glenmore destilerija danas
Izvor: [11]

AS/RS sustav posjeduje 52 linije konvejera koje imaju kapacitet 416 paleta. Skladište ima 52 utovarno/istovarne rampe koje su povezane s prethodno navedenim linijama konvejera. Svaki kran (dizalica) kao na slici 24. može podići težinu od 2700 kg, maksimalna horizontalna brzina iznosi 3,33 [m/s] dok maksimalna vertikalna brzina iznosi 0,92[m/s], dok horizontalna akceleracija iznosi 1 [m/s^2], a vertikalna 0,5 [m/s^2]. U navedenom distribucijskom centru koristi se i „Layer Picking“ sustav koji u kombinaciji sa AS/RS sustavom omogućava Glenmore destileriji 100% točnost pri komisioniranju narudžbi. Prednosti koje je ostvarila Glenmore destilerija ovakvim AS/RS sustavom su [11]:

- Povećanje točnosti pri komisioniranju
- Povećana efikasnost skladištenja
- Povećan kapacitet skladišta
- Sposobnost proširenja postojećeg skladišta



Slika 24.: Automatizirana visokoregalna dizalica u Glenmore destileriji
Izvor: [11]

<u>Proračun prosječnih brzina kretanja visokoreglanih dizalica i broja ciklusa:</u>

Tablica 6.: Tehnički podaci Glenmore visokoregalnog skladišta

Duljina regala **(L)**	250 [m]
Visina regala **(H)**	14 [m]
Horizontalna brzina **(v_{hmax})**	3,33 [m/s]
Vertikalna brzina **(v_{vmax})**	0,92 [m/s]
Horizontalno ubrzanje **(ah)**	1 [m/s^2]
Vertikalno ubrzanje **(av)**	0,5 [m/s^2]
Vrijeme potrebno za pohranu/izuzimanje **(tk)**	7 [s]

Izvor: [11]

Sljedeći proračuni biti će izrađeni po formulama iz tablice 4.

(4)

Vrijeme koje je potrebno S/R dizalici da ubrza do maksimalne brzine ili uspori s maksimalne brzine. $t_{h1} = \frac{3,33}{1} = 3,33$ [s] (9)

Put koji S/R dizalica prođe za vrijeme ubrzanja/usporenja. $s_{h1} = \frac{1}{2} * 3,33^2 = 5,54$ [m] (10)

Put koji S/R dizalica prijeđe pri maksimalnoj brzini. $s_{h2} = \frac{250}{2} - 2 * 5,54 =$ 113,92 [m] (11)

Vrijeme potrebno da S/R dizalica prijeđe put maksimalnom brzinom. $t_{h2} = \frac{113,92}{0,92} = 123,82$ [s] (12)

Prosječna brzina kretanja S/R dizalice. $Vh = \frac{2*5,54+113,92}{2*3,33+123,82} = 0,958$ [m/s] (13)

Vrijeme koje je potrebno S/R dizalici da ubrza do maksimalne brzine ili uspori s maksimalne brzine. $t_{v1} = \frac{0,92}{0,5} = 1,84$ [s] (9)

Put koji S/R dizalica prođe za vrijeme ubrzanja/usporenja. $s_{v1} = \frac{0,5}{2} * 1,84^2 = 0,846$ [m] (10)

Put koji S/R dizalica prijeđe pri maksimalnoj brzini. $s_{v2} = \frac{14}{2} - 2 * 0,846 = 5,308$ [m] (11)

Vrijeme potrebno da S/R dizalica prijeđe put maksimalnom brzinom. $t_{v2} = \frac{5,308}{0,92} = 5,769$ [s] (12)

Prosječna brzina kretanja S/R dizalice. $Vv = \frac{2*0,846+5,308}{2*1,84+5,769} = 0,7408$ [m/s] (13)

Vrijeme potrebno da dizalica dođe do horizontalnog ruba. $t_h = \frac{250}{0,958} = 260,96$ [s] (5)

Vrijeme potrebno da dizalica dođe do vertikalnog ruba. $tv = \frac{14}{0,7408} = 18,89$ [s] (6)

Izračun pomoćne veličine T. $T = \max(260.96, 18.89) = 260,96$ [s] (7)

Izračun faktora oblika regala Q. $Q = \min(\frac{260,96}{260,96}, \frac{18,89}{260,96}) = 0,0723$ (8)

Prosječno vrijeme vožnje od utovarno/istovarne stanice do lokacije u regalu.

$$E(SC) = (1+ \frac{0{,}0723^2}{3}) * 260{,}96 = 261{,}41 \text{ [s]} \quad (1)$$

Prosječno vrijeme trajanja jednostrukog ciklusa. $t_{jc} = 264{,}41 + 2 * 7 = 275{,}41$ [s] (2)

Prosječno vrijeme vožnje od utovarno/istovarne stanice do lokacije u regalu uz jednu operaciju više.

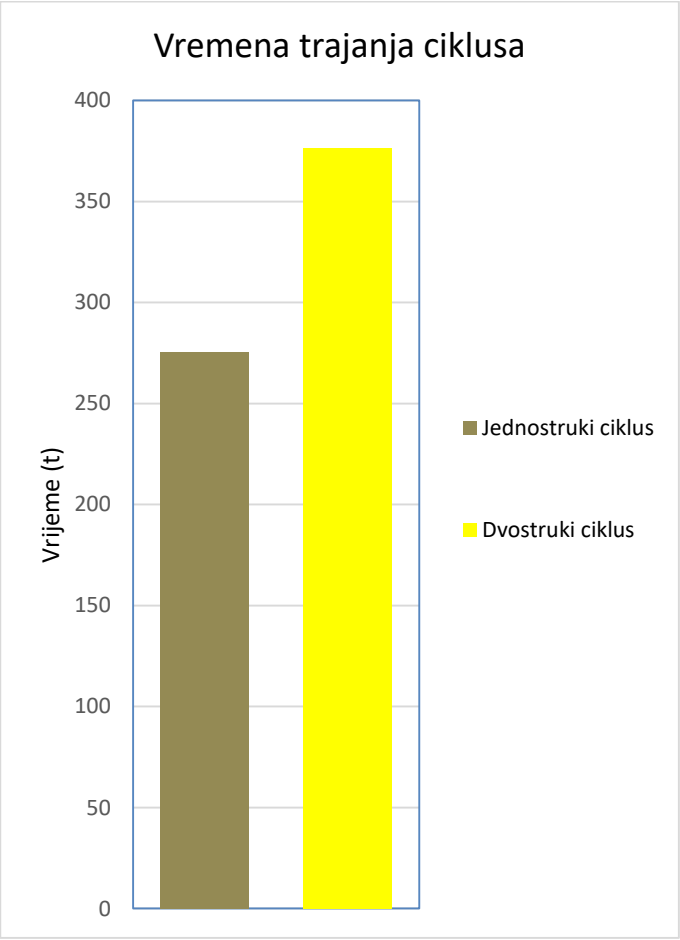
$$E(TB) = \left(\frac{1}{3} + \frac{0{,}0723^2}{6} - \frac{0{,}0723^3}{30}\right) * 260{,}96 = 87{,}217 \text{ [s]} \quad (3)$$

Prosječno vrijeme trajanja dvostrukog ciklusa. $t_{dc} = 261{,}41 + 87{,}217 + 4 * 7 = 376{,}62$ [s]

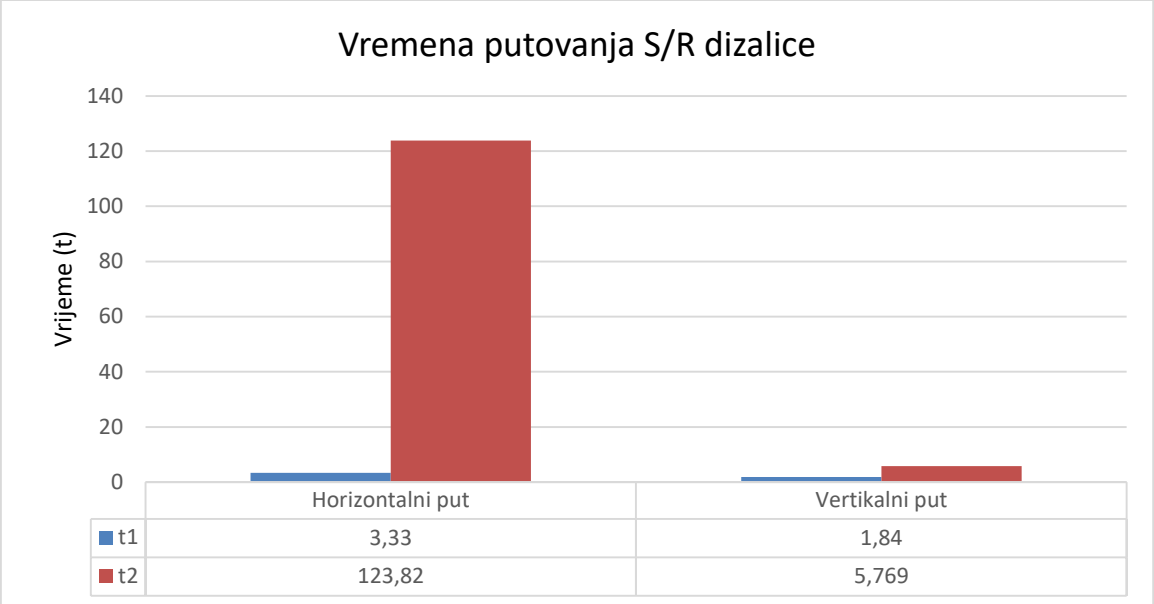
Tablica 7.: Rezultati proračuna Glenmore automatiziranog visokoregalnog skladišta

t_h	260,96 [s]
t_v	18,89 [s]
t_{jc}	275,41 [s]
t_{dc}	376,62 [s]
t_{h1}	3,33 [s]
t_{h2}	123,82 [s]
t_{v1}	1,84 [s]
t_{v2}	5,769 [s]
s_{h1}	5,54 [m]
s_{h2}	113,92 [m]
s_{v1}	0,846 [m]
s_{v2}	5,308 [m]
Vh	0,958 [m/s]
Vv	0,7408 [m/s]

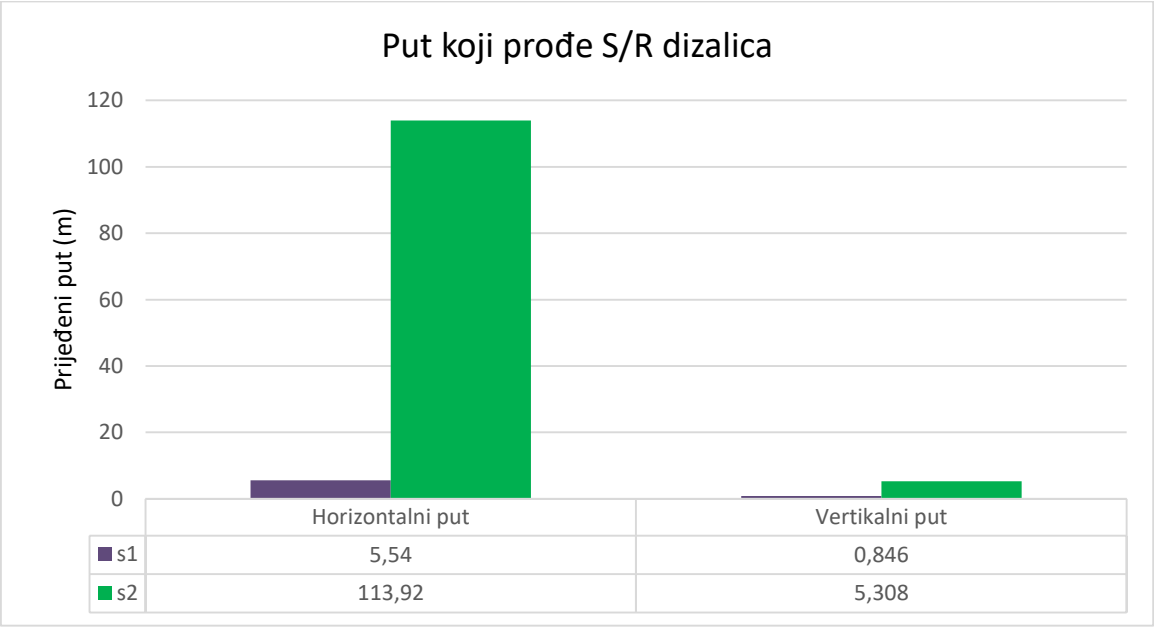
Izvor: izradio i prilagodio autor



Grafikon 1. Prikaz trajanja ciklusa u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu



Grafikon 2.: Prikaz vremena putovanja S/R dizalice u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu



Grafikon 3.: Prikaz puta koji prijeđe S/R dizalica u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu

5.2.Kraš d.d.

Kraš d.d. danas slovi kao najveći proizvođač konditorskih proizvoda u Jugoistočnoj Europi, sve tri grupe (čokolada, keksi, bomboni). Godišnja prodaja kreće se oko 33 600 tona te se samim time ostvaruje prihod od 1,07 milijardi kuna (cca. 145 milijuna €). Kraš posjeduje četiri tvornice od kojih se tri nalaze u Hrvatskoj a jedna u Bosni i Hercegovini, te zajedno imaju 40 – ak proizvodnih linija. Kraš danas ima 2600 zaposlenika (cca 2100 u Hrvatskoj, te 500 u Bosni i Hercegovini). Tvrtka je u privatnom vlasništvu sa manjim brojem malih dioničara (ESOP). Tvrtka se može pohvaliti brojim certifikatima, a neki od njih su: ISO, Halal, Kosher, IFS… itd. Jedan od također zanimljivih podataka je da tvrtka izvozi svoje proizvode u gotovo sve države [13]

Visokoregalno potpuno automatizirano skladište u Krašu je jedno od prvih takvog tipa na našim područjima a i šire. Projekat je započet 2000./2001. godine a realiziran u drugoj polovici 2002. godine, te je uloženo 50 milijuna kuna. Objekt je visine 26 metara, površine 6000 četvornih metara od kojih se 1600 odnosi na dio visokoregalnog skladišta te može primiti 2900 tona proizvoda. Visokoregalni dio skladišta fizički je odvojen od ostatka skladišta pošto se skladišti roba koja ovisi o temperaturnim uvjetima. U ostalom dijelu skladišta roba se kreće mnogim gravitacijskim konvejerima do utovarno/istovarnih rampi konkretno njih 11.

Kapacitet skladišta iznosi 10000 paletnih mjesta sa tri AS/RS dizalice koje se kreću u tri prolaza. Horizontalna brzina dizalice iznosi 4 [m/s] a ubrzanje 0,6 [m/s^2] dok je brzina podizanja tereta 1 [m/s] i vertikalno ubrzanje 0,8[m/s^2]. Duljina konstrukcije za odlaganje iznosi 130 metara, širine 13 metara i visine 26 metara te se roba skladišti na 13 visina. U konkurenciji od 14 svjetskih kompanija tvrtka Omni-Pro je pobijedila na natječaju zbog svoje koncepcije, visoke preciznosti, te ispunjavanja svih zahtjeva, a i same cijene. Projekt je realiziran po principu „ključ u ruke“ od temelja pa do kraja svih radova. Što se tiče visokoregalnog skladišta AS/RS uređaji te sva popratna oprema koja se nalazi u samome skladištu je od Tvrtke Stocklin pošto je tvrtka Omni-Pro jedan od njihovih brojnih kooperanata [12].

Proračun prosječnih brzina kretanja visokoreglanih dizalica i broja ciklusa:

Tablica 8.: Tehnički podaci Kraš visokoregalnog skladišta

Duljina regala **(L)**	130 [m]
Visina regala **(H)**	26 [m]
Horizontalna brzina **(v_{hmax})**	4 [m/s]
Vertikalna brzina **(v_{vmax})**	1 [m/s]
Horizontalno ubrzanje **(ah)**	0,6 [m/s^2]
Vertikalno ubrzanje **(av)**	0,8 [m/s^2]
Vrijeme potrebno za pohranu/izuzimanje **(tk)**	8 [s]

Izvor: [12]

Sljedeći proračuni biti će izrađeni po formulama iz tablice 4.

Vrijeme koje je potrebno S/R dizalici da ubrza do maksimalne brzine ili uspori s maksimalne brzine. $t_{h1} = \frac{4}{0,6} = 6,67$ [s] (9)

Put koji S/R dizalica prođe za vrijeme ubrzanja/usporenja. $s_{h1} = \frac{0,6}{2} * 6,67^2 = 13,34$ [m] (10)

Put koji S/R dizalica prijeđe pri maksimalnoj brzini. $s_{h2} = \frac{130}{2} - 2 * 13,34 =$ 38,32 [m] (11)

Vrijeme potrebno da S/R dizalica prijeđe put maksimalnom brzinom. $t_{h2} = \frac{38,32}{4} = 9,58$ [s] (12)

Prosječna brzina kretanja S/R dizalice. $Vh = \frac{2*13,34+38,32}{2*6,67+9,58} = 2,835$ [m/s] (13)

Vrijeme koje je potrebno S/R dizalici da ubrza do maksimalne brzine ili uspori s maksimalne brzine. $t_{v1} = \frac{1}{0,8} = 1,25$ [s] (9)

Put koji S/R dizalica prođe za vrijeme ubrzanja/usporenja. $s_{v1} = \frac{0,8}{2} * 1,25^2 = 0,62$ [m] (10)

Put koji S/R dizalica prijeđe pri maksimalnoj brzini. $s_{v2} = \frac{26}{2} - 2 * 0,62 = 11,76$ [m] (11)

Vrijeme potrebno da S/R dizalica prijeđe put maksimalnom brzinom. $t_{v2} = \frac{11,76}{1} = 11,76$ [s] (12)

Prosječna brzina kretanja S/R dizalice. $Vv = \frac{2*0,62+11,76}{2*1,25+11,76} = 0,911$ [m/s] (13)

Vrijeme potrebno da dizalica dođe do horizontalnog ruba. $t_h = \frac{130}{2,835} = 45,85$ [s] (5)

Vrijeme potrebno da dizalica dođe do vertikalnog ruba. $tv = \frac{26}{0,911} = 28,54$ [s] (6)

Izračun pomoćne veličine T. $T = \max(45.85, 28.54) = 45,85$ [s] (7)

Izračun faktora oblika regala Q. $Q = \min(\frac{45,85}{45,85}, \frac{28,54}{45,85}) = 0,622$ (8)

Prosječno vrijeme vožnje od utovarno/istovanre stanice do lokacije u regalu.

$E(SC) = (1+ \frac{0,622^2}{3}) * 45,85 = 51,76$ [s] (1)

Prosječno vrijeme trajanja jednostrukog ciklusa. $t_{jc} = 51,76+ 2 * 8 = 67,76$ [s] (2)

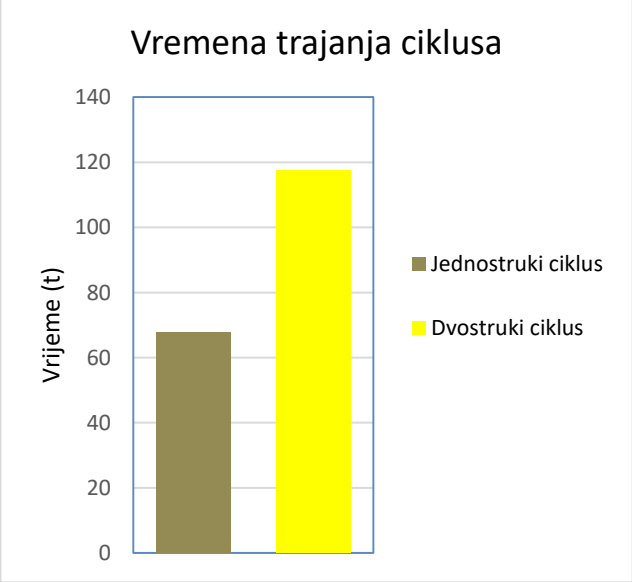
Prosječno vrijeme vožnje od utovarno/istovanre stanice do lokacije u regalu uz jednu operaciju više. $E(TB) = \left(\frac{1}{3} + \frac{0,622^2}{6} - \frac{0,622^3}{30}\right) * 45,85 = 17,86$ [s] (3)

Prosječno vrijeme trajanja dvostrukog ciklusa. $t_{dc} = 67,76 + 17,86 + 4 * 8 = 117,62$ [s] (4)

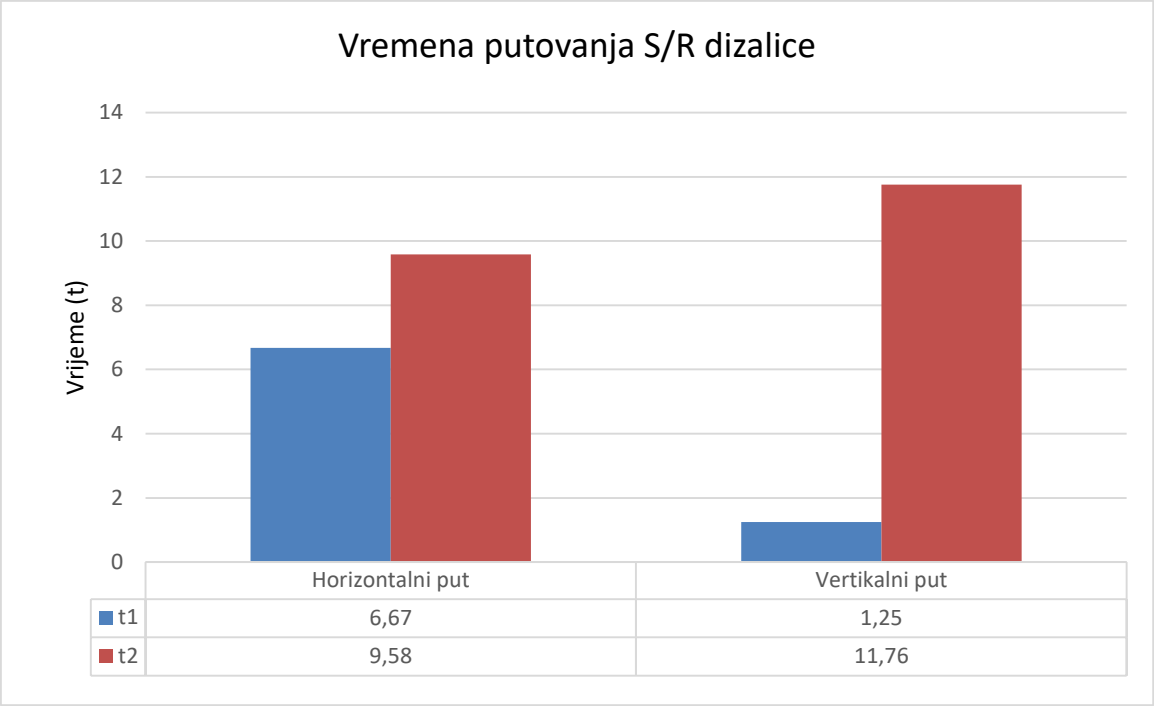
Tablica 9.: Rezultati proračuna Kraš automatiziranog visokoregalnog skladišta

t_h	45,85 [s]
t_v	28,54 [s]
t_{jc}	67,76 [s]
t_{dc}	117,62 [s]
t_{h1}	6,67 [s]
t_{h2}	9,58 [s]
t_{v1}	1,25 [s]
t_{v2}	11,76 [s]
s_{h1}	13,34 [m]
s_{h2}	38,32 [m]
s_{v1}	0,62 [m]
s_{v2}	11,76 [m]
Vh	2,835 [m/s]
Vv	0,911 [m/s]

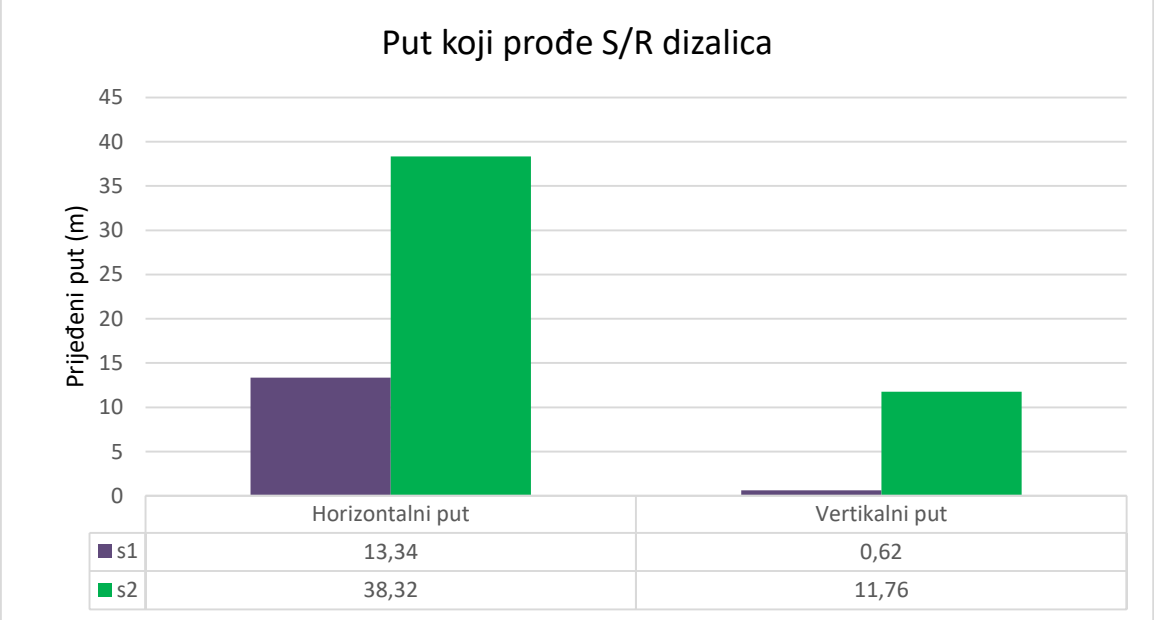
Izvor: izradio i prilagodio autor



Grafikon 4.: Prikaz vremena trajanja ciklusa u Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu



Graikon 5.: Prikaz vremena putovanja S/R dizalice u Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu



Grafikon 6.: Prikaz puta koji prijeđe S/R dizalica u Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu



Slika 25.: Izgradnja Kraš visokoregalnog skladišta
Izvor: [12]



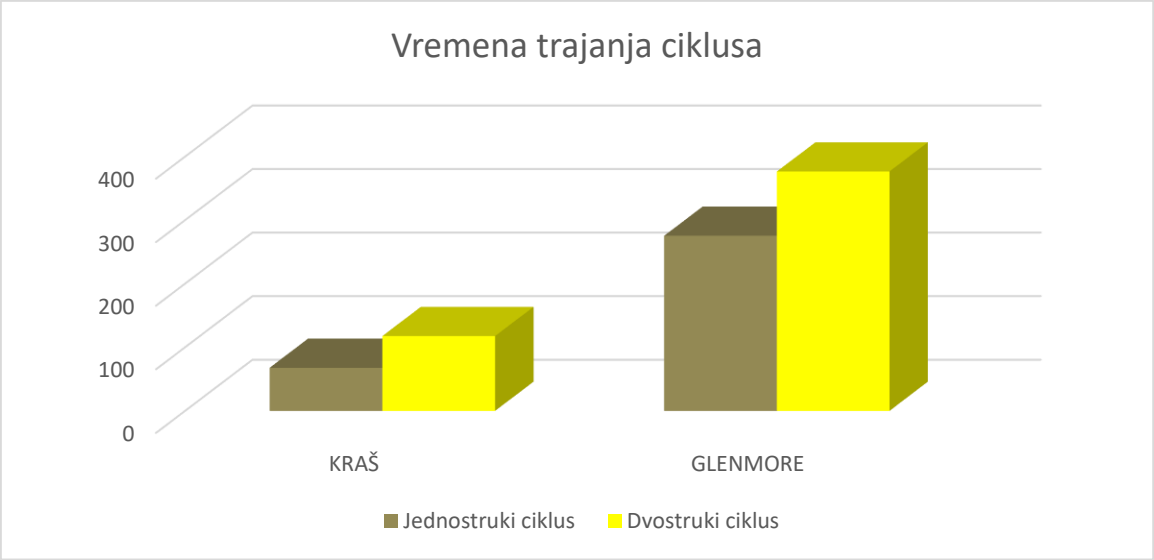
Slika 26.: Visokoregalna automatizirana S/R dizalica unutar skladišta
Izvor: [12]

5.3. Usporedbe rezultata proračuna Glenmore i Kraš automatiziranog visokoregalno skladišta

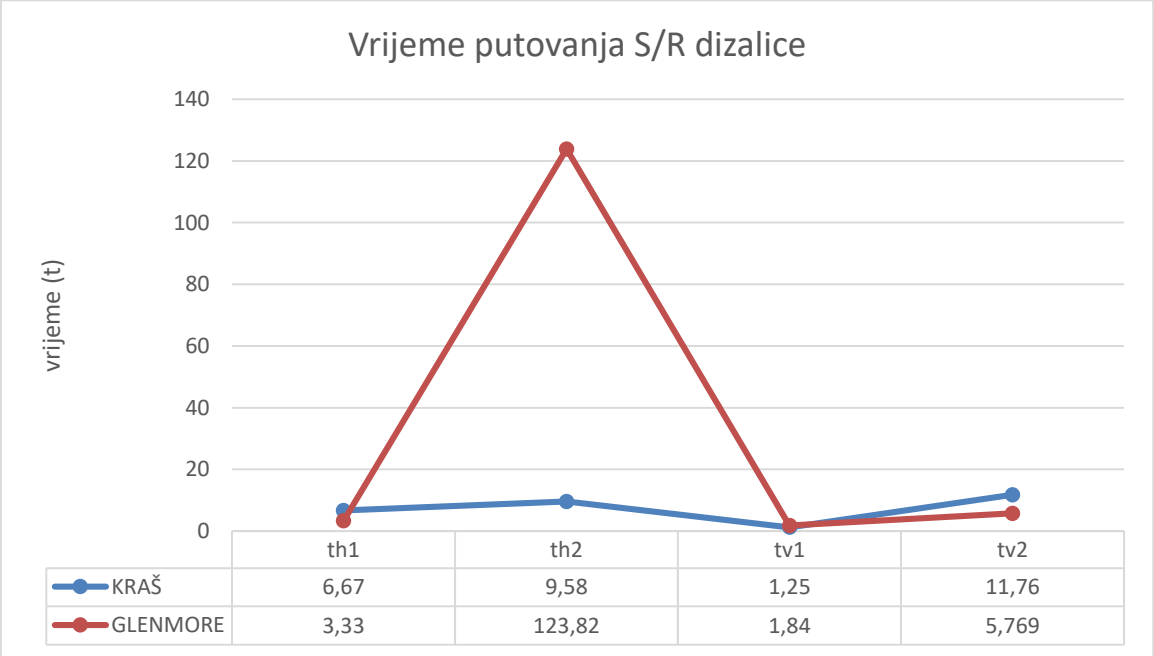
Tablica 10: Usporedbe rezultata

	KRAŠ	GLENMORE
L	130 [m]	250 [m]
H	26 [m]	14 [m]
v_{hmax}	4 [m/s]	3,33 [m/s]
v_{vmax}	1 [m/s]	0,92 [m/s]
a_h	0,6 [m/s^2]	1 [m/s^2]
a_v	0,8 [m/s^2]	0,5 [m/s^2]
t_k	8 [s]	7 [s]
t_h	45,85 [s]	260,96 [s]
t_v	28,54 [s]	18,89 [s]
t_{jc}	67,76 [s]	275,41 [s]
t_{dc}	117,62 [s]	376,62 [s]
t_{h1}	6,67 [s]	3,33 [s]
t_{h2}	9,58 [s]	123,82 [s]
t_{v1}	1,25 [s]	1,84 [s]
t_{v2}	11,76 [s]	5,769 [s]
s_{h1}	13,34 [m]	5,54 [m]
s_{h2}	38,32 [m]	113,92 [m]
s_{v1}	0,62 [m]	0,846 [m]
s_{v2}	11,76 [m]	5,308 [m]
Vh	2,835 [m/s]	0,958 [m/s]
Vv	0,911 [m/s]	0,7408 [m/s]

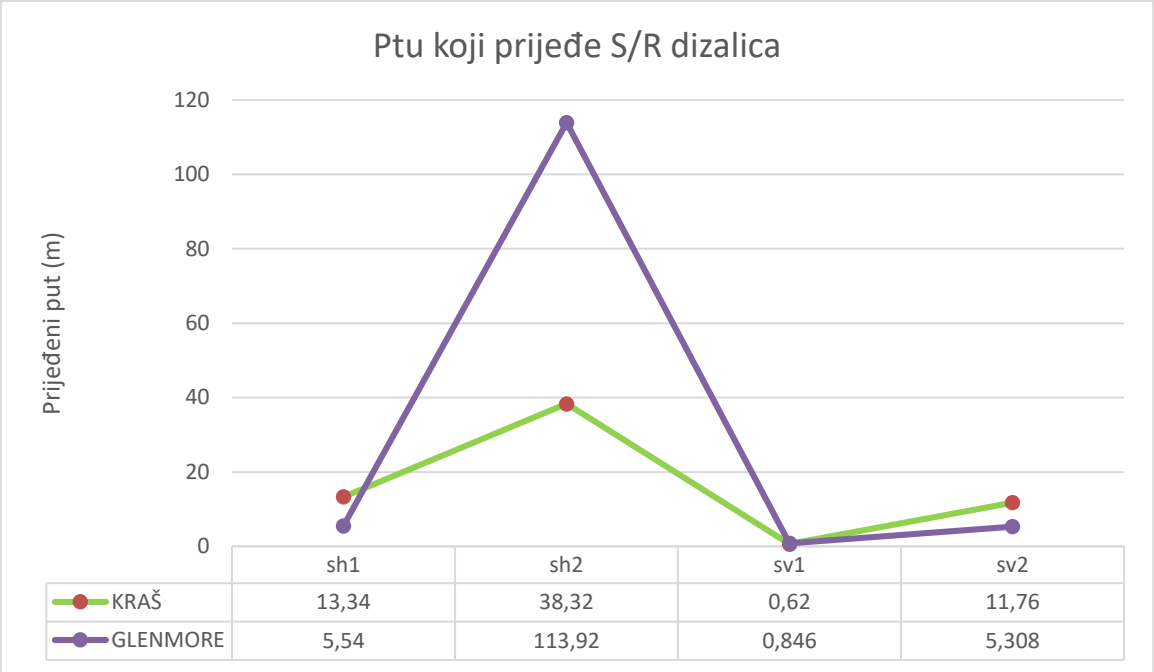
Izvor: izradio i prilagodio autor



Grafikon 7.: Usporedba vremena trajanja ciklusa u Kraš-u i Glenmore-u



Grafikon 8.: Usporedba vremena putovanja S/R dizalice u Kraš-u i Glenmore-u



Grafikon 9.: Usporedba puta koji prijeđe S/R dizalica u Kraš-u i Glenmore-u

Kao što se može vidjeti iz dobivenih rezultata i priloženih grafikona 7.,8. i 9. vremena trajanja ciklusa i vremena vožnje dizalica su znatno veća kod Glenmore destilerije nego u Krašu. Kada se usporede tlocrtne dimenzije te kapacitet skladišta Glenmore destilerije i Kraša rezultati su sasvim logični pošto se radi o znatno većem skladištu. Iz navedenih podataka vidljivo je da su u Glenmore destileriji išli na skladište veće duljine no manje visine za razliku od Kraševog skladišta koje je znatno više. Prema tehničkim podatcima Kraš je opremljen boljim odnosno bržim dizalicama, no vjerojatno je to tako pošto u Glenmore destileriji rade sa osjetljivim teretom to jest bocama pa zbog samog osjetljivog tereta su te brzine manje. Pošto je skladište Glenmore destilerije znatno duže može se vidjeti i iz grafikona 9. da je prijeđeni put dizalica značajno veći.

6. ZAKLJUČAK

Ukoliko se vlasnici ili rukovoditelji skladišta vode poznatom uzrečicom „vrijeme je novac“ onda je automatizacija skladišta svakako preporučljiv potez. Automatizirani sustav skladištenja i izuzimanja posjeduju mnoge prednosti koje smo već prethodno naveli a neke od njih su: povećana iskoristivost skladišnog prostora, povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha, smanjenje troškova ljudskog rada, …itd. no s obzirom na postojeće mane istog tog sustava od kojih je najveća veliki investicijski troškovi većina tih istih vlasnika i rukovoditelja dobro će razmisliti prije nego li donesu odluku o potrebi za uvođenjem automatizacije u njihovo skladište. Naime sama logika govori da se ne isplati automatizirati mala skladišta, skladišta sa malim obrtajem robe na dnevnoj bazi, skladištima sa malim brojem radnika, no ukoliko se radi o velikim skladištima, sa velikim obrtajem robe, velikim brojem zaposlenika gdje se javlja potreba za povećanjem produktivnosti, povećanjem iskoristivosti prostora, povećanjem točnosti, smanjenjem broja zaposlenika, početni investicijski troškovi ne izgledaju toliko strašno, odnosno brzo će isplatiti sami sebe.

Poboljšanja skladišnih procesa koja se mogu postići primjenom automatiziranih skladišnih sustava izravno utječu i na poboljšanje procesa proizvodnje. Automatizirani skladišni sustav će osigurati bolje, učinkovitije i sigurnije snabdijevanje proizvodnih procesa materijalom i sirovinom, a također pridonosi i poboljšanju procesa skladištenja gotovih proizvoda, te povećanim kapacitetima skladišta gotovih proizvoda omogućuje i eventualna povećanja proizvodnje. Smanjenje potrebne skladišne površine ovdje se postiže iskorištenjem visine, pa se na taj način povećava kapacitet sustava. Treba naglasiti da su ovakvi sustavi veoma pogodni za uporabu u skladištima koji imaju potrebu za određenim temperaturnim režimima, te skladišta koja su namijenjena opasnim teretima.

U petom poglavlju diplomskog rada obrađena su dva primjera automatizirana visokoregalna skladišta gdje se može vidjeti kako su se dvije potpuno različite tvrtke okrenule automatizaciji i postigli njome pun pogodak u svome poslovanju. U navedenom poglavlju određenim proračunima dobiveni su rezultati vremena kretanja S/R dizalica prema koji se mogu usporediti sa vremenima uskladištenja i izuzimanja kod konvencionalnih skladišta može se vidjeti koliko su automatizirani sustavi brži te kada se tome pridoda preciznost i točnost takvih sustava mnogi budući vlasnici, rukovoditelji i ulagači lakše će odlučiti koji sustav odabrati te koji je pogodniji za njihov oblik poslovanja.

LITERATURA

Knjige:

[1] Hompel M., Schmidt T.: Warehouse Management Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems (Intralogistik) (2006)

[2] Hamberg R., Verriet J.:Automation in Warehouse Development-Springer-Verlag London (2012)

[3] Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012

Članci, radovi, referati, autorizirana predavanja, studije:

[4] Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

[5] Obad, E.: Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje, Završni zadatak, FSB, 2010.

[6] Šafran M.: Autorizirana predavanja iz kolegija Upravljanje zalihama, Zagreb, 2014.

Internet izvori:

[7] www.fsb.unizg.hr (srpanj. 2016.)

[8] www.logistika.com.hr (srpanj. 2016.)

[9] www.directindustry.com (srpanj. 2016.)

[10] www.sedislogistic.wordpress.com (kolovoz. 2016.)

[11] www.westfaliausa.com (kolovoz. 2016.)

[12] www.omni-pro.eu (kolovoz. 2016.)

[13] www.kras.hr (kolovoz 2016.)

PRILOG

Popis slika:

Slika 1.: Prikaz kretanja troškova zaliha robe u jedinici vremena. 2

Slika 2. Čelične konstrukcije prizemnih (hangarskih) skladišta 10

Slika 3.: Regalno skladište 10

Slika 4.: Različiti koncepti AS/RS sustava 14

Slika 5.: Prikaz klasičnog automatiziranog visokoregalnog Unit Load AS/RS sustava- 16

Slika 6.: Prikaz Horizontalnog karusela 18

Slika 7.: Prikaz Vertikalnog karusela 19

Slika 8.: Prikaz VLMS sustava 20

Slika 9.: Prikaz klasičnog automatiziranog visokoregalnog unit load AS/RS sustava 21

Slika 10.: Prikaz automatizirane visokoregalne (unit load)S/R dizalice 22

Slika 11.: Vrste visokoregalnih unit load dizalica, varijacije 23

Slika 12.: Utovarno/istovarne stanice pretovarne stanice 23

Slika 13.: Konfiguracija regala automatiziranih visokoregalnih skladišta 24

Slika 14.: Varijacije ciklusa S/R uređaja, shematski prikaz 25

Slika 15.: Prikaz kretanja S/R dizalice pri jednostrukom ciklusu 26

Slika 16.: Prikaz kretanja S/R dizalice pri dvostrukom ciklusu 26

Slika 17.: Prikaz kvadratnog oblika regala i mjernih veličina iz tablice 4. 27

Slika 18.: Mini load AS/RS sustav 28

Slika 19.: Person on board AS/RS sustav 30

Slika 20.: Prikaz razlika između klasične i suvremene logistike 33

Slika 21.: Prikaz usporedbe automatizacije 33

Slika 22.: Prikaz isplativosti klasičnog i modernog skladišta 34

Slika 23.: Glenmore destilerija danas 37

Slika 24.: Automatizirana visokoregalna dizalica u Glenmore destileriji 38

Slika 25.: Izgradnja Kraš visokoregalnog skladišta 46

Slika 26.: Visokoregalna automatizirana S/R dizalica unutar skladišta 46

Popis tablica:

Tablica 1.: Popis oznaka pri konfiguraciji AS/RS regala (slika 13.) 24
Tablica 2.: Proračun trajanja jednostrukog ciklusa S/R dizalice 25
Tablica 3.: Proračun trajanja jednostrukog ciklusa S/R dizalice 26
Tablica 4.: Formule za izračun tehničkih podataka visokoregalne S/R dizalice 27
Tablica 5.: Karakteristike rukovanja materijala po tipu skladišta 35
Tablica 6.: Tehnički podaci Glenmore visokoregalnog skladišta 38
Tablica 7.: Rezultati proračuna Glenmore automatiziranog visokoregalnog skladišta 40
Tablica 8.: Tehnički podaci Kraš visokoregalnog skladišta 43
Tablica 9.: Rezultati proračuna Kraš automatiziranog visokoregalnog skladišta 44
Tablica 10: Usporedbe rezulata 47

Popis grafikona:

Grafikon 1. Prikaz trajanja ciklusa u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu 40
Grafikon 2.: Prikaz vremena putovanja S/R dizalice u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu 41
Grafikon 3.: Prikaz puta koji prijeđe S/R dizlica u Glenmore automtatiziranom visokoregalnom skladištu 41
Grafikon 4.: Prikaz vremena trajanja ciklusa u Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu 44
Graikon 5.: Prikaz vremena putovanja S/R dizalice u Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu 45
Grafikon 6.: Prikaz puta koji prijeđe S/R dizalicau Kraš automtatiziranom visokoregalnom skladištu 45
Grafikon 7.: Usporedba vremena trajanja ciklusa u Kraš-u i Glenmore-u 48
Grafikon 8.: Usporedba vremena putovanja S/R dizalice u Kraš-u i Glenmore-u 48
Grafikon 9.: Usporedba puta koji prijeđe S/R dizalica u Kraš-u i Glenmore-u 49

METAPODACI

Naslov rada: ANALIZA AUTOMATIZIRANIH SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I IZUZIMANJE

Student: Ante Marin 0135222984

Mentor: prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Naslov na drugom jeziku (engleski): ANALYSIS OF AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

Povjerenstvo za obranu:

- dr.sc. Mario Šafran predsjednik
- prof. dr. sc. Kristijan Rogić mentor
- dr.sc. Ivona Bajor član
- dr.sc. Ratko Stanković zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za transportnu logistiku

Vrsta studija: diplomski

Studij:ITS i logistika

Datum obrane diplomskog rada: 27.9.2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Analiza automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 16.9.2016

(potpis)