

# Primjena i oblikovanje sustava s horizontalnim karuselima

---

Labaš, Marcel

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:891704>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Završni rad br. 268/TGL/2015**

# Primjena i oblikovanje sustava s horizontalnim karuselima

**Student:**

Marcel Labaš, 4648/601

Varaždin, rujan 2015. godine





**Tehnička i gospodarska logistika**

**Završni rad br. 268/TGL/2015**

**Primjena i oblikovanje sustava s horizontalnim karuselima**

**Student**

Marcel Labaš, 4648/601

**Mentor**

Goran Đukić, doc.dr.sc.

Varaždin, rujan 2015. godine

## **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno primjenom znanja stečenog tijekom studija te korištenjem navedene literature. Zahvaljujem svojem mentoru, voditelju ovog rada Doc. dr. sc. Goran Đukić, na potpori, strpljenju i savjetima tijekom izrade ovog rada.

U Varaždinu, 2015 godine.

Marcel Labaš

## **Predgovor**

Zahvaljujem se profesoru Goranu Đukić na strpljenju, potpori tijekom izrade ovog završnog rada.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji na moralnoj i financijskoj podršci, strpljenju i povjerenju koje su mi pružili tijekom cijelog školovanja.

## **Sažetak**

U radu će se obraditi općenito o logistici, skladištima te horizontalnim karuselima i drugim skladišnim sustavima. Prikazat će se razlike odnosno prednosti i nedostaci između horizontalnih karusela i drugih skladišnih sustava. U radu su navedeni po dva primjera proizvođača karusela te dva primjera primjene horizontalnih karusela u praksi.

Ključne riječi: skladište, logistika, horizontalni karusel, vertikalni karuseli, AS/RS sustavi.

## **Popis korištenih kratica**

<b>AS/RS</b>	Automated storage and retrieval system
<b>Fi-Fo</b>	First in, first out
<b>Li-Fo</b>	Last in- first out
<b>VLM</b>	Vertical Lift Module
<b>S/RS</b>	Storage and retrieval systm
<b>WSM</b>	Warehouse management system
<b>ERP</b>	Enterprise resource planning
<b>ROI</b>	Return on Investment
<b>Gmbh</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>SS</b>	Smjer sata
<b>KS</b>	Suprotni smjer sata
<b>Ltd</b>	Limited



## Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Opis
$n$		Broj stavki iz skupine naloga
$T(n)$	s ili min.	Vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki $n$
$T^{SS}(n)$ se	s ili min.	Vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki $n$ , ako karusel okreće u smjeru kazaljke na satu (SS)
$T^{KS}(n)$ se	s ili min.	Vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki $n$ , ako karusel okreće u kontra smjeru kazaljke na satu (KS)
$F_x(t)$		Distribucijska funkcija
$E(T(n))$	s ili min.	Funkcija rotacije karusela
$\check{S} \times D \times V$	m	Širina, dužina, visina

## Sadržaj:

1.	Uvod.....	11
2.	Logistika .....	13
2.1.	Etimologija .....	13
2.2.	Osnovno o skladištima .....	14
2.3.	Podjela skladišta.....	14
3.	Automatizirani sustavi skladištenja .....	16
3.1.	Horizontalni karuseli .....	16
3.2.	Vertikalni karuseli .....	17
3.3.	Vertikalni podizni moduli .....	17
3.4.	Dizalica u prolazu .....	18
3.4.1.	Automatizirano skladište za komisioniranje (eng. Person-on-board S/RS) .....	19
3.4.2.	Automatizirano skladište za male dijelove (eng. Micro-load AS/RS i Mini-load AS/RS) .....	19
3.4.3.	Automatizirano visoko regalno skladište .....	20
4.	Horizontalni karusel .....	22
4.1.	Način rada i izgled .....	22
4.2.	Primjena horizontalnih karusela .....	24
4.3.	Prednosti horizontalnih karusela .....	26
4.4.	Usporedba horizontalnih karusela sa drugim sustavima skladištenja .....	27
4.4.1.	Horizontalni karusel u usporedbi sa automatiziranim skladišnim sustavima .....	27
4.4.1.1.	Horizontalni karuseli nasuprot vertikalnim karuselima .....	27
4.4.1.2.	Horizontalni karusel nasuprot VLM-a (Vertikalnog podiznog modula) .....	29
4.4.1.3.	Horizontalni karusel nasuprot mini i micro load AS/RS .....	30
4.4.1.4.	Horizontalni karusel nasuprot person on board AS/RS .....	31
4.4.2.	Horizontalni karusel u usporedbi sa neautomatiziranim skladišnim sustavima .....	32
4.5.	Model rotacije na primjeru jednog karusela .....	32
4.6.	Softveri za upravljanje automatiziranim skladištima .....	37
4.6.1.	Softverski paket za upravljanje automatiziranim skladištima-proizvođača Kardex Remaster Power Pick Global .....	37
4.6.1.1.	Cleverstore 1000 .....	39
4.6.1.2.	Smartpick 5200 .....	40
4.6.1.3.	Smartpick 6000 .....	42
4.6.1.4.	Communicator Pro .....	43
4.7.	Prikaz horizontalnog karusela na primjeru proizvođača (Kardex Remaster GmbH) .....	43
4.7.1.	Kardex Remstar Horizontal Karussell .....	44

4.7.1.1.	Prednosti Kardex Remstar horizontalnih karusela.....	47
4.7.2.	Horizontalni karuseli u kombinaciji sa "Lean techniques" (mršavim tehnikama) .....	48
4.7.2.1.	Uštede prostora, novca i točnost izuzimanja.....	50
4.8.	Prikaz horizontalnog karusela na primjeru proizvođača Dexion-Constructor grup UK Ltd. ....	51
4.8.1.	Dexion Horizontalni karusel "HOCA" .....	51
5.	Praktični primjeri primjene horizontalnih karusela .....	54
6.	Zaključak .....	57
7.	Popis literature.....	58

# 1. Uvod

Zbog sve veće potražnje za brzinom, točnošću, protoka robe te ostalih logističkih procesa i aktivnosti izuzimanja i skladištenja malih i srednje velikih predmeta skladištenja sve veću ulogu u unaprjeđivanju imaju automatizirani skladišni sustavi.

Horizontalni karuseli su okretni regali koji se okreću prema potrebi u oba horizontalna smjera, a služe za pohranu, skladištenje i čuvanje malih i srednjih predmeta skladištenja kao što su rezervni dijelovi, uredski materijal i slično. Oni su u današnje vrijeme nezamjenjivi u procesima skladištenja koji zahtijevaju veliki obrtaj robe s minimalnim greškama i maksimalnom efikasnošću operatera sa što manjim praznim hodom.

U prijašnje doba za skladištenje malih i srednje velikih skladišnih predmeta koristili su se klasični načini skladištenja kao što su: razne polične izvedbe, podna skladištenja i slični. Kroz vrijeme kako se razvijala industrija i zahtjevi za brzinom i točnošću isporuka razvijali su se moderni i automatizirani načini skladištenja, a jedan od efikasnijih je horizontalni karusel.

Horizontalni karuseli se najčešće koriste u distribucijskim centrima sa velikim zahtjevima protoka robe te većim skladištima i proizvodnim pogonima koji zahtijevaju ispunjavanje narudžbe što bliže realnom vremenu. Mogu se kombinirati raznih dužina i visina za razne vrste robe. U nekim slučajevima se zahtijevaju ekstremnije dimenzije, primjerice dužine i preko 60m, a visine preko 4m odnosno na dvije etaže.

Uz horizontalne karusele postoje i druge vrste automatiziranih sustava skladištenja kao što su vertikalni karuseli, Mini i Mikro load AS/RS, Person on bord AS/RS, Vertikalni podizni moduli, Unit-Load AS/RS i druge vrste izvedba. Bit će prikazana usporedba horizontalnih karusela s ostalima skladišnim sustavima, iz kojih će se iščitati njihove prednosti i nedostaci. Također će biti navedene i tehničke karakteristike horizontalnih karusela. Kod njih najviše dolazi do izražaja sustav komisioniranja Pick to Light koji dodatno olakšava i ubrzava procese izuzimanja robe operaterima.

Postoje mnogi proizvođači horizontalnih karusela, a ovdje su obrađena dva poznatija proizvođača, a to su Kardex remaster GmbH i Dexion-Constructor grup UK Ltd.

Nakon završetka čitanja ovog rada, čitatelj bi trebao dobiti uvid i jasnu sliku o horizontalnim karuselima, njihovoj namjeni i svrsi za koju su namijenjeni. Bit će prikazani benefiti njihove upotrebe i njihovih karakteristika te ergonomske značajke i značajke proizvođača. Kod svakog proizvođača će se pronaći kratak opis o proizvođaču i njihovim proizvodima te vidljive su slike Horizontalnih karusela. Pod kraj rada prikazana su sva primjera primjene horizontalnih karusela koji upotpunjuju ovaj rad i daju bolju i jasniju cjelokupnu sliku.

## 2. Logistika

Logistika je djelatnost koja se bavi svladavanjem prostora i vremena uz najmanje troškove.

Logistika je proces planiranja, implementacija i kontrole efektivnog i efikasnog protoka i skladištenja sirovina, zaliha, finalnih dobara i usluga i srodnih informacija od točke podrijetla tih dobara do točke njihove potrošnje (uključujući vanjski i unutrašnji transport i pokrete) u svrhu zadovoljavanja zahtijeva potrošača.

### 2.1. Etimologija pojmova

Podrijetlo izraza logistika veže se uz grčke rijeci *logistikos* što znaci „vješt, iskusan u računanju, procjeni, *lego* što znaci zamisliv, odnosno *logik* što znaci logički misleći. Pojam logistika vezuje se i uz francusku riječ *loger* što znaci „stanovati“, „noćiti po vedrim nebom“, „smjestiti se“, „ukonačiti se“, odnosno „nastaniti se“. Veže se i uz *logistique* što nam dolazi od dočasničkog čina "Marechal de logos" čija je zadaća bila planirati sve administrativne poslove vezane uz pomak snaga u francuskoj vojsci u 17-tom stoljeću.

Nasuprot općem uvjerenju da je pojam novijeg datuma, povijesni izvori ga prvi put spominju u 17. stoljeću i to u vojnom smislu. God. 1670. spominje ga Ludwig XIV. u vojnim dokumentima u značenju opskrbljivanju vojničkih trupa potrebnim materijalima i transportnom podrškom. U 19. stoljeću vojni smisao pojma u potpunosti je definiran kao „znanost o pozadinskoj vojničkoj službi, tj. transportu i opskrbi.“ Izraz se ustalio u vojničkoj praksi, a početkom 20. stoljeća dobiva civilno značenje.

Skladište i logistika su usko vezani jer gotovo u svim dijelovima logističkog sustava dolazi do zastoja ili prekida toka robe, materijala, zaliha i slično, ali i potrebe za prekrcajom, sortiranjem ili jednostavno samo zbog potrebe za zaštitu robe od vanjskih utjecaja te iz tog razloga dolazi do potrebe stvaranja mjesta da privremeno odlaganje odnosno skladišta. Skladištenje kao dio logistike se pojavljuje kao funkcija, logistička aktivnost i sustav koji kao zadatak ima čuvanje robe. Skladište je integrirani je dio svakog logističkog sustava te ima nezamjenjivu ulogu u povezivanju proizvodnje, transporta i potrošnje.

## 2.2. Osnovno o skladištima

Skladišta su specijalno izgrađeni ili pripremljeni odnosno prerađeni prostori za smještaj i čuvanje robe od trenutka njihovog preuzimanja do vremena njihove upotrebe, otpreme ili daljnje obrade. To je mjesto za privremenu pohranu, odlaganje, pripremu čuvanje i izdavanje zaliha, materijala, poluproizvoda, gotovih proizvoda, komponenti i drugo.

Sa logističke točke gledanja skladište je čvor, točka ili mjesto u logističkoj mreži na kojem skladišne jedinice bdiu.

Sa proizvodne točke gledanja svako skladištenje, odnosno mirovanje materijala predstavlja prekid procesa što u pravilu nije povoljno jer produljuje ciklus proizvodnje, a samim time i troškove proizvodnje.

Razloga za skladištenje je mnogo. Neki od tih razloga su: dugi rok nabave materijala, kašnjenja u isporuci, pojavljivanje škarta, promjene u planovima proizvodnje, sezonska proizvodnja robe, popusti na količine, odstupanje od proizvodnog plana, zastoji u proizvodnji, razlike u trajanju tehnoloških procesa i ciklusa proizvodnje pojedinih dijelova, otežana prodaja gotovih proizvoda, kratki rokovi isporuke, varijabilnost potražnje te skladištenje alata, naprava i rezervnih dijelova.

## 2.3. Podjela skladišta

Skladišta se dijele prema načinu skladištenja na:

- a) **Podna skladišta**- ona nemaju opremu za skladištenje već se materijal direktno odlaže na pod. Skladišnoj jedinice su često podložene paletama te se mogu naslagati do visine od 5m. za manipulaciju se obično koristi podni viličar.
- b) **Regalna skladišta**- Ova vrsta skladišta je ujedno i najčešće izvedena. Postoje mnogobrojne izvedbe ovih skladišta. **Paletni regali** (eng. pallet rack) materijal se obavezno odlaže pomoću paleta mogu biti izgrađeni jednostruke i dvostruke dubine. **Prolazni regali** služe za veće količine istovrsnog materijala

postavljenog na posebnu skladišnu opremu najčešće palete ili sanduke. Služe za to da transportno sredstvo (viličar) može proći kroz njih te iz tog razloga mogu imati ulaz i izlaz sa jedne ili obje strane visina skladištenja je moguća i do 10 metara. **Protočni regali** su odličan izbor kod manjeg asortimana odnosno za skladištenje istovrsnog komadnog materijala u većim količinama. Duljine do 20m, a visine do 12m. Oni funkcioniraju na principu Fi-Fo (first in, first out). **Pomični regali** su izvedbe poličnih, paletnih ili konzolnih regala učvršćeni na pokretnom postolju. Opterećenja s ručnim pogonom mogu biti do 200 kN po regalu, dok ona s motornim pogonom mogu biti opterećena i s više od 200 kN. **Protočni regali sa guranjem** (eng. push- back rack) nude u odnosu na protočne regale samo bolju iskoristivost prostora te djeluju na principu Li-Fo (last in- first out). **Konzolni regali** služe za odlaganje materijala na karakterističnom jednom ili dvije dimenzije te nisu pogodni za odlaganje na klasičnim paletama i regalima. Neki od tih materijala su: šipke, limovi, cijevi, ploče i sl. **Optočni regali** služe za odlaganje materijala manjih dimenzija i težina na policama. Jednostavno se automatiziraju, materijal je zaštićen, a skladištenje sigurno. **Visoki regali** koriste se kod skladišta s poličnim ili paletnim regalima visine do 50 m. Visok stupanj automatizacije i preciznost glavne su odlike ovakvih sustava. Način rada, izvedbe i radni ciklusi detaljno su objašnjeni u nastavku ovog rada.



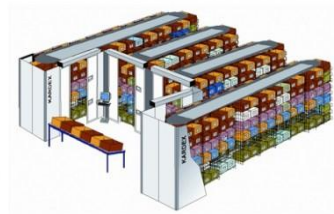
### 3. Automatizirani sustavi skladištenja

Automatizirani skladišni (en. Automated Storage / Retrieval System, AS/RS) sustavi rade po principu „roba - čovjeku“. Najviše se primjenjuju u proizvodnim pogonima, ali i u distribucijskim centrima, veleprodajnim i maloprodajnim trgovinama. Ovakvi skladišni sustavi idealni su kod „vitke proizvodnje“, six sigma, Just-in-time i sličnih metodologija u proizvodnji kad se moraju uzeti u obzir današnji zahtjevi za uštedom vremena, prostora, povećanje točnosti, sigurnosti, produktivnosti.

Dijele se na: Horizontalne karusele (eng. horizontal karussell), Vertikalne karusele (eng. vertical karussell), Vertikalne podizne module (eng. VLM-Vertical Lift Module), Dizalica u prolazu (eng. Crane in aisle).

#### 3.1. Horizontalni karuseli

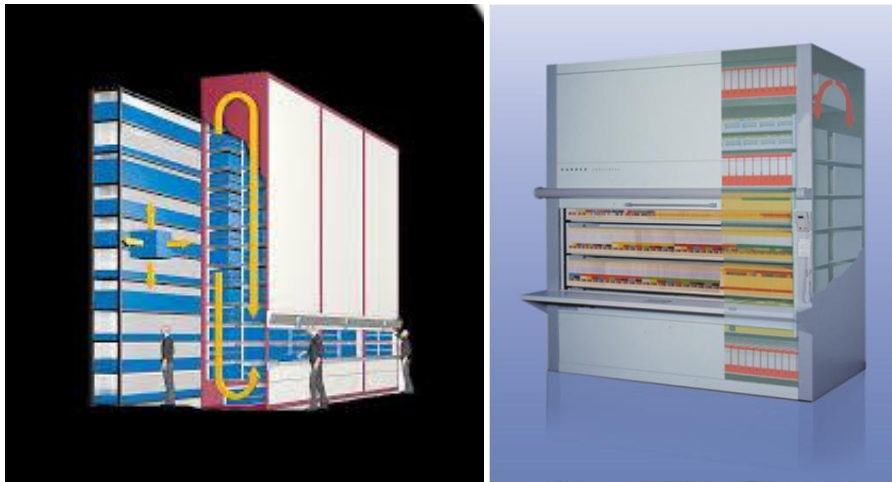
Horizontalni karuseli (eng. horizontal karussell) ili okretni regali su uređaji za pohranu robe, a sastoje se od fiksnog broja skladišnih kolona ili odjeljaka koji su mehanički povezani s gornjim ili donjim pogonskim mehanizmom i tako čine zatvorenu petlju. Svaka kolona podijeljena je na određeni broj skladišnih lokacija ili ćelija. Roba se stavlja u posude ili tankove koji se skladište, izuzimaju ručno ili putem automatskog mehanizma. Određeno skladišno mjesto dovede se do mjesta komisioniranja pomoću rotacije karusela te se zbog toga ovaj princip naziva još i „roba - čovjeku“. Korištenjem ovakvih sistema štedi se do 75% podnog prostora, a produktivnost se može povećati i do 65%.



Slika 3.1 Horizontalni karusel [7]

### 3.2. Vertikalni karuseli

Vertikalni karuseli (eng. vertical karussell) također su okretni regali sa zatvorenom petljom čija rotacija je automatizirana. U ovom slučaju se uređaj sastoji od fiksnog broja polica koje rotiraju u vertikalnoj ravnini, a mogu sadržavati više mjesta za posude ili tankove. Ukoliko je potrebno rukovati većim teretom, poput rola tepiha ili tkanine, police se ne dijele na manja mjesta već se koristi cijela dužina karusela. Skladištenje artikala u ovakvim sistemima je vertikalno te su u skladištima s ograničenim podnim prostorom ovakvi karuseli vrlo popularni. Moguće je automatizirati skladištenje ili izuzimanje materijala ili tereta no nepraktično je, stoga nije ni toliko uobičajeno.



Slika 3.2 : Vertikalni Karusel [7]

### 3.3. Vertikalni podizni moduli

Vertikalni podizni modul (eng. Vertical Lift Module-VLM) je skladišni sistem koji sadrži tri paralelne vertikalne kolone. Dvije kolone podijeljene su na određeni broj polica na koje se skladišti roba, dok središnja služi za podizanje ili spuštanje tereta. Za odlaganje, izuzimanje i transport obično se koriste kutije ili ladice koje automatski uređaj poput lifta donosi na zadanu lokaciju. Lokacije polica su jedinične dubine kako bi prijevozno sredstvo moglo dignuti ili spustiti u prostoru između skladišnih kolona. Sustav je vrlo prilagodljiv i postoji mogućnost korištenja cjelokupne visine zgrade tako da se ugradi kroz nekoliko katova. Ovakav inovativan način skladištenja robe

dopušta da na svakom katu bude po jedna ulazna izlazna stanica i time se povećava efikasnost procesa komisioniranja.



Slika 3.3 Vertikalni podizni moduli (VML) [15]

### 3.4. Dizalica u prolazu

Automatizirani skladišni sistemi s dizalicom u prolazu (eng. Crane-in-aisle) sastoje se od jednog ili više dugih i uskih prolaza koji s obje strane imaju čelične regale koji služe za skladištenje i izuzimanje tereta. Dizalica se na podnim (ponekad, zbog vertikalne točnosti i stropnim) tračnicama kreće vertikalno i horizontalno između učvršćenih regala kako bi pronašla zadanu lokaciju. Zatim uređaj za rukovanje teretom, koji može imati od jedne do tri prihvatne stanice, skladišti ili izuzima teret. Sva tri gibanja stroja, horizontalno (niz prolaz), vertikalno i skladištenje, izuzimanje su nezavisna i upravljana računalom. Neki sofisticirani sistemi koriste i više dizalica po prolazu, no većina koristi jedan, što je sasvim dovoljno za normalno funkcioniranje sustava.

### 3.4.1. Automatizirano skladište za komisioniranje (eng. Person-on-board S/RS)

Jedini sustav komisioniranja robe po principu „čovjek robi“ s dizalicom u prolazu je automatizirano skladište za komisioniranje. U ovom (polu)automatiziranom sustavu dizalica stane ispred skladišne lokacije i čovjek na dizalici ručno izuzima robu unutar prolaza između visokih poličnih i paletnih regala.



Slika 3.4 Person-on-board S/RS [14]

### 3.4.2. Automatizirano skladište za male dijelove (eng. Micro-load AS/RS i Mini-load AS/RS)

Micro-load ASRS je tip sustava automatiziranog skladišta čija je ukupna težina tereta manja od 50 kg. Proizvodi se skladište u vrlo malim spremnicima (kutijama ili policama), a umjesto uređaja za rukovanje teretom koriste se izvlačni sistemi koji uhvate teret za ručke na pladnjevima ili pomoću vakuumskih hvatala.

Mini-load ASRS je tip sustava automatiziranog skladišta čija ukupna težina tereta iznosi od 50 do 250 kg, u iznimnim slučajevima i do 500 kg. Teret se obično postavlja u manje spremnike, kartonske kutije ili na police, širine samo 25 cm. Koriste se za pohranu dokumenata, knjiga ili manjih proizvoda



Slika 3.5 Micro-load AS/RS i Mini-load AS/RS [13]

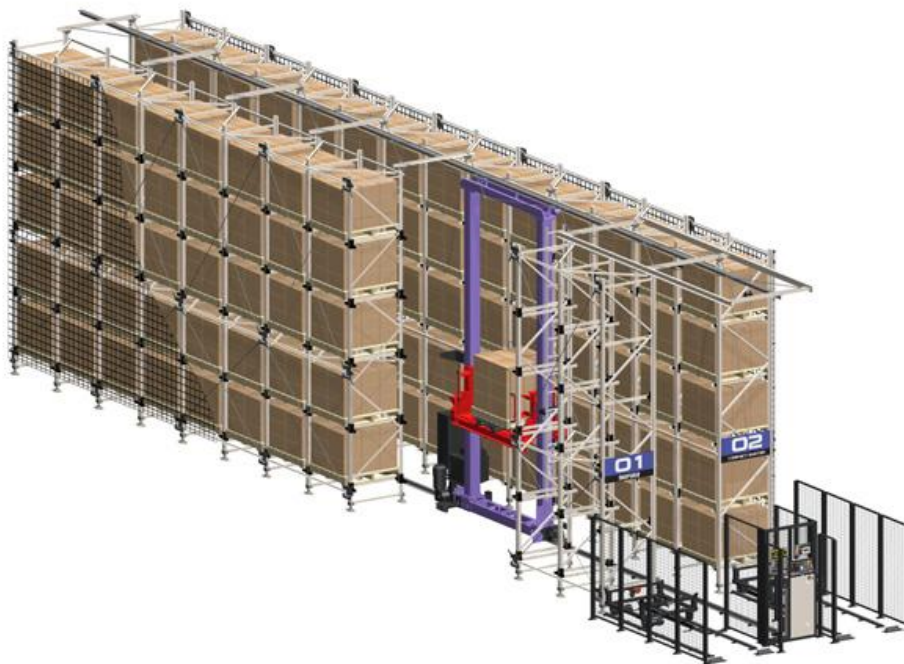
### 3.4.3. Automatizirano visoko regalno skladište

Velike sustave koji se koriste za skladištenje paletnih tereta nosivosti preko 450 kg nazivamo automatizirana visoko regalna skladišta (eng. Unit-Load AS/RS). Obično visoki do 50 m, mogu biti dugi i do 290 m, a širina prolaza je oko 1 metar. Specijalizirani sistemi mogu rukovati vrlo teškim teretom koji nisu na paletama poput namještaja ili rola materijala.

Regal za paletu može biti jedinične dubine ili s više paleta skladištenih jedna iza druge. Teleskopski uređaj poseže u paletnu lokaciju, klizne ispod palete i izvuče teret te ga postavlja na lift. Stariji modeli imali su stroj za skladištenje i izuzimanje u obliku tornja s rotirajućom viljuškom koji su mnogo sporiji ali se lakše prilagođavaju bilo kojem obliku paletnog regala.

U najčešćim konfiguracijama regalni manipulator zahvaća i nosi samo jednu paletu, ali postoje i konfiguracije gdje regalni manipulator istovremeno upravlja sa dvije palete. Navedeni manipulator ima tri nezavisne brzine kretanja, za horizontalno, vertikalno i pozicioniranje pri konačnom uskladištenju odnosno i skladištenju. U većini slučajeva manipulator je vezan za jedan prolaz, ali postoje i tehnička rješenja koja omogućuju njegovo prebacivanje iz prolaza u prolaz. Karakteristike ove tehnologije su visoka proizvodnost u odnosu na klasične sustave, te efikasno korištenje prostora zbog velike gustoće regala, dobro praćenje zaliha, povoljni faktori sigurnosti i značajno smanjenje štete i gubitaka. Pored svih pogodnosti, jedino što koči

poduzeća za ovakav tehnološki pothvat je dakako cijena ovakvih sustava, koja je prvenstveno jako visoka, pa se stoga primjenjuju samo kad su zalihe, protok i cijena zemljišta vrlo visoki. Ovakve uvjete skladištenja može si priuštiti jedna prehrambena industrija „Kraš“ koja je uložila pedesetak milijuna kuna u visoko regalno automatizirano skladište. Objekt je visok 26 metara, površine 6000 četvornih metara i može primiti 2900 tona proizvoda. Uvođenjem ovakvog automatiziranog sustava skladištenja povezali su sve poslovne procese od nabave, proizvodnje, razvoja, do prodaje i financija. Drugi primjer je tvornica „Podravka jela“ gdje je uveden potpuno automatizirani transport sirovina i gotovih proizvoda od ulaznog skladišta preko proizvodnje do izlaznog skladišta, te takvom integracijom sustava osigurava on-line informacije o količini i stanju robe svim učesnicima u procese odlučivanja, nabavi, proizvodnji, prodaji i otpremi proizvoda.



Slika 3.6 Unit-Load AS/RS [13]

## 4. Horizontalni karusel

### 4.1. Način rada i izgled

Horizontalni karuseli (eng. horizontal karussell) su uređaji za pohranu robe, a sastoje se od fiksnog broja skladišnih odjeljaka koji su mehanički povezani s gornjim ili donjim pogonskim mehanizmom i tako čine zatvorenu petlju. Svaka kolona podijeljena je na određeni broj skladišnih lokacija ili ćelija. Roba se stavlja u posude ili tankove koji se skladište, izuzimaju ručno ili putem automatskog mehanizma. Određeno skladišno mjesto dovede se do mjesta komisioniranja pomoću rotacije karusela te se zbog toga ovaj princip naziva još i „roba - čovjeku“. Korištenjem ovakvih sustava štedi se do 75% podnog prostora, a produktivnost se može povećati i do 65%. Horizontalni karusel sastoji se od definiranog broja odjeljaka koji su mehanički povezani s pogonskim mehanizmom u zatvorenoj petlji slični atletski stazi ili Hipodromu (eng. "horse track"). Odlaganje i izuzimanje je ručno ili automatsko. Okretanje karusela je u većini slučajeva automatizirano. Sustav pogona rotira karusel u oba smjera da bi se operateru u što kraćem vremenskoj periodu traženi spremnik za izuzimanje. Princip rada "roba čovjeku" eliminira potrebu za hodanjem koja je iznosila i do dvije trećine radnog vremena zaposlenika. Obzirom da se može raditi na više karusela istovremeno dodatno povećava produktivnost smanjenjem nepotrebnog gubitka vremena. Ergonomski je relativno prihvatljiv jer omogućuje uskladištenje frekventnije robe na visini koja je dostupna bez potrebe za dodatnim protezanjem ili saginjanjem, već se može staviti na visinu struka. Dok se ostala roba (manje frekventna) stavlja na teže dostupna mjesta tj. na dno ili gornji dio karusela.

Horizontalni karusel funkcionira na principu "roba čovjeku" (eng. part to picker)<sup>1</sup>. Operater najčešće radi sa dva do četiri karusela istovremeno, te se time izbjegava vrijeme čekanja na okretanje karusela i dolazak lokacije robe do operatera. Komisioniranje najčešće dolazi kao automatizirana izvedba. Tako da narudžba dolazi iz centralnog računala te se ona prosljeđuje računalu karusela. Karuseli se često primjenjuju u operacijama komisioniranja s jako velikim brojem narudžbi, ali s manje stavki po narudžbi i s malo izuzimanja po stavci. Sa odgovarajućim softverom

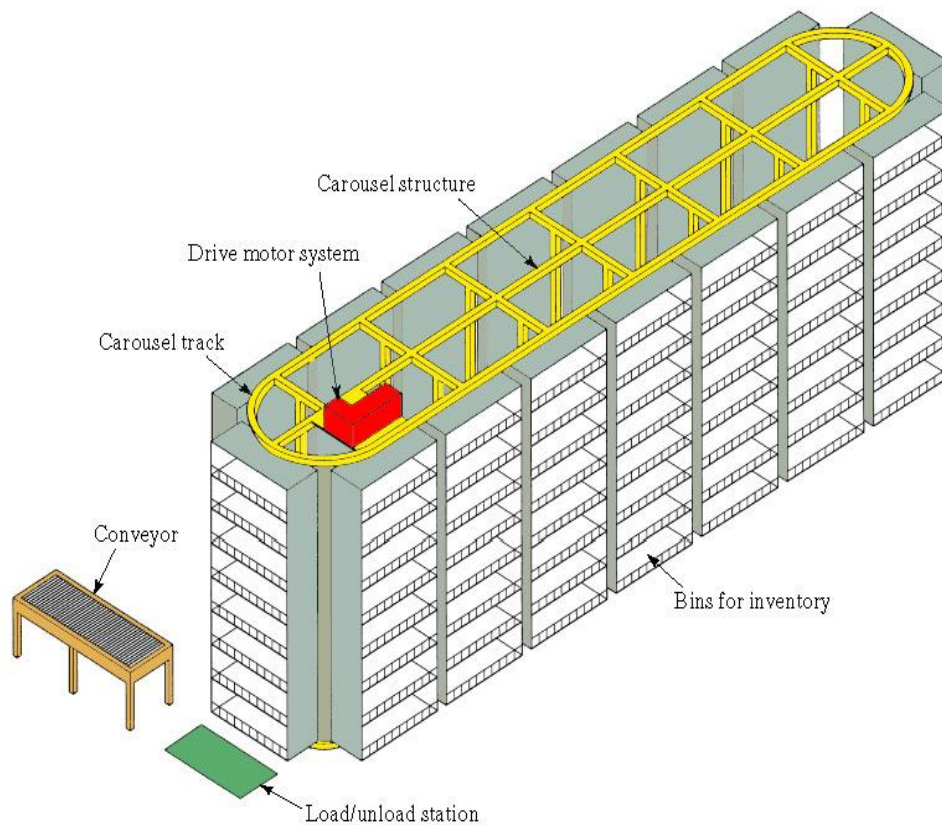
---

1

U sustavima komisioniranja prema principu "roba-čovjeku" (eng. *part-to picker*) materijal koji treba izuzeti kreće se do komisionera. Mjesto izuzimanja nalazi se na kraju prolaza, pa se ovi sustavi još nazivaju i sustavi "na kraju prolaza" (eng. *end-of-aisle*).

omogućuje da se efikasnost operatera kao i karusela znatno poveća. Ovakva se izvedba najčešće primjenjuje u distribucijskim skladištima.

Horizontalni karusel je optimalan za korištenje postojeće dužine skladišta. Centralni pristupni otvor postavljen je točno ispred horizontalnog karusela, a raspored zona izuzimanja nudi operateru brz, jednostavan te ergonomično prihvatljiv pristup robi na minimalnoj udaljenosti. Na taj se način smanjuje vrijeme kretanja koje je obično potrebno da bi operater stigao do lokacije robe u nekim od klasičnih načina skladištenja kao što su: blok skladištenje, klasični paletni regali te paletni regali dvostruke dubine, polični regali i sl.



Slika 4.1 Izgled horizontalnog karusela [11]



Osnovne komponente karusela su kolone (eng. bin). Broj kolona, njihova visina, širina i dubina te broj i razmak polica u koloni opisuju karusel. Kolone su najčešće izrađene od čelične žice koja je jeftinija i lakša od lima, te manje prikladna za skupljanje prašine. Svaka kolona dodatno je podijeljena na fiksni broj skladišnih lokacija (polica). Police su pričvršćene na dvije ili tri strane, a mogu biti i dodatno ojačane kako bi se ostvarila veća krutost potrebna za teške artikle. Police su nakošene prema natrag kako bi se spriječilo ispadanje robe zbog centrifugalnih sila koje se javljaju pri rotaciji karusela. Kolone se mogu nabaviti u različitim veličinama, jedino ograničenje je da su na jednom karuselu sve jednako velike. Širine im se kreću između 350 – 1000 mm, a visine između 1500 – 3600 mm. Dubine košara variraju od 180 – 760 mm, a kapaciteti su im od 100 do 900 kg. Dužina im se uglavnom kreće od 3 m do 30 m.

## **4.2. Primjena horizontalnih karusela**

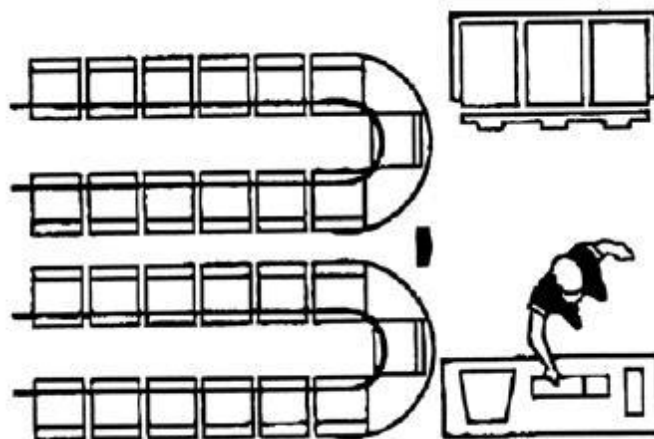
Horizontalni karuseli se često koriste kao skladišta velike gustoće sa niskim stropom gdje je korisniku bitna ušteda podnog prostora jer nije moguće ići u visinu pomoću primjerice VLM-ova ili Vertikalnih karusela. Relativno su malih širina prolaza između njih. To je zbog toga što je izostavljena potreba za tradicionalno izuzimanje sa polica već roba dolazi do operatera. To su primjerice skladišta alata i zaliha te skladišta za brzo sklapanje dijelova u proizvodnim postrojenjima. Općenito, primjene samostojećih karusela su prilično jednostavne: jedna osoba upravlja jednim karuselom na radnom prostoru što ćemo detaljnije vidjeti u daljnjem dijelu ovog rada. Posebno su korisni u montažnim pogonima gdje je korisna primjena u postrojenjima za sklapanje, gdje se dijelovi ili polu-sklopovi mogu staviti u karusel na kratko vrijeme između daljnjih operacija sklapanja. Pri sklapanju proizvoda, softver karusela sastavne dijelove poreda na takav način da je rotacija karusela najkraća. Operater se upućuje na izuzimanje svake komponente posebno.

U proizvodnji, karuseli su obično korišteni kao kratkotrajna, nadopunjiva skladišta manjih dijelova, potrošnog alata, rezervnih dijelova i zaliha poluproizvoda. Stavke u određenim količinama izlaze iz karusela prema zahtjevu. Zahtjevi su uglavnom neplanirani i nisu u seriji sa sličnima. Ovakvi samostojeći karuseli obično se nalaze u

raznovrsnim opskrbnim centrima, blizu proizvodnih linija te radnih stanica. Horizontalni karuseli su u proizvodnji često korišteni i za privremeno ili prolazno skladištenje poluproizvoda i gotovih proizvoda.

Primjena horizontalnih karusela primarno se orijentira prvenstveno zaprimanju narudžbi i komisioniranju, omogućujući pritom visoki protok. Primjena sustava u distribuciji je izuzimanje prema narudžbi, gdje je sklapanje proizvoda, koje spada u izuzimanje po narudžbi za unutarnju upotrebu, česta varijanta. Kod ovih primjena karuseli se trebaju promatrati kao komponente u cjelokupnom sustavu, ponekad povezano s drugim tehnologijama.

Osnovna jedinica sustava horizontalnih karusela je radna ćelija. Radna ćelija je integrirani radni centar od dva, tri ili četiri povezana karusela pod kontrolom jednog računala, koji ostvaruje više razine protoka, jer smanjuje nepotrebno čekanje da materijal stigne do operatera već može zatražiti drugu ili treću stavku prije nego li prva stigne do njega. Ovako operater može kontinuirano izuzimati, a vrijeme čekanja je skraćeno ili eliminirano. Softver logički razvrstava zahtjeve za izuzimanjem i identificira koja kolona sadržava koji proizvod. Također bilježi i gdje se nalazi karusel u svakom trenutku te odabire najkraću rutu za slijedeće izuzimanje. Sav alat potreban operateru sadržan je u radnoj ćeliji. To može uključivati mehanizme za izuzimanje, pisaače etiketa, mjerače težine, čitače bar koda i računala.



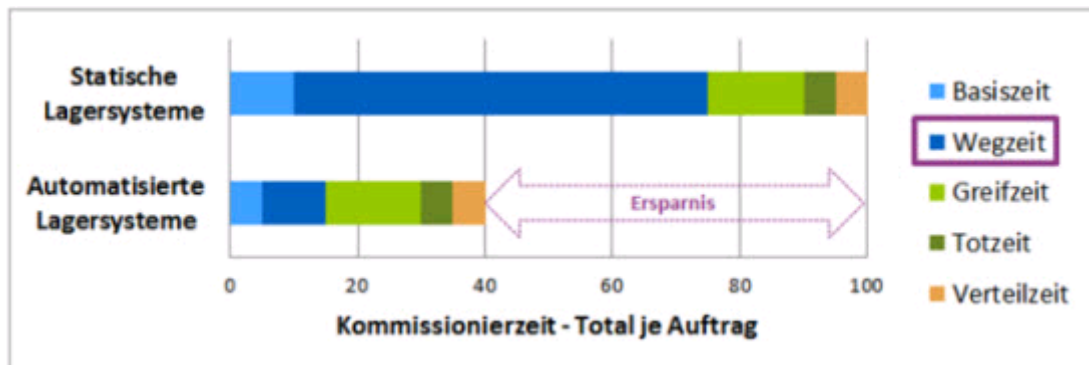
Slika 4.2 Sustav sa dva karusela i jednim operaterom [1]

Popunjavanje se vrši kad je aktivnost izuzimanja niska, primjerice rano ujutro ili periodički tokom dana, ili u drugoj smjeni kada se ne obavlja komisioniranje. Operaterov rad na popunjavanju je sličan kao kod izuzimanja, samo obrnut. Izradi se serija proizvoda koje treba zamijeniti, a softver karusela odabire najkraću putanju. Na zaslonu svjetla označavaju artikle koje treba zamijeniti te karusel, kolonu, policu i skladišnu lokaciju gdje ih treba smjestiti.

### **4.3. Prednosti horizontalnih karusela**

Prednosti horizontalnih karusela se protežu od onih tehničkih karakteristika do ušteda na raznim razinama, a posebice se očituju kroz povećanje produktivnosti, odnosno protok. Svaka njihova karakteristika ovisi od proizvođača do proizvođača, kao i o potrebama za koje će se koristiti.

Horizontalni karuseli su visoke nosivosti koja se kreće od oko 150kg do 700 kg, a samih polica od 15 do 100kg. Dok se ukupno u karusel može uskladištiti do 60 tona robe. Dužine karusela mogu biti od 3 do 60 m. Operater može obraditi i do nekoliko stotina pozicija na sat. Omogućuje Fi-Fo i Li-fo, jer se uskladištenje vrši na način da se može izuzimanje vršiti po bilo kojem redoslijedu zbog specifičnog načina rada sa horizontalnim karuselima. Omogućuju veliku uštedu prostora jer se izbacuje potreba za širokim prolazima. Minimizira se prazan hod skladišnog radnika jer roba dolazi do samog radnika/operatera, što se vidi iz slike 4.3. Omogućuje rad na više karusela istovremeno te se time dodatno štedi na vremenu, koje se inače troši na čekanje da lokacija dođe do operatera. Preko kompjuterskog softvera se može odraditi veća narudžba, odnosno skup narudžba, te se nakon toga vrši sortiranje prema pojedinim narudžbama što je daleko efikasnije i efikasnije nego da se vrši sortiranje već kod samog izuzimanja.



Slika 4.3 Prikaz uštede vremena kod dinamičkih skladišnih sustava (ovdje horizontalnog karusela) u odnosu na statične sustave. [10]

#### 4.4. Usporedba horizontalnih karusela sa drugim sustavima skladištenja

U ovom dijelu vidjet će se usporedba horizontalnih karusela sa drugim sustavima skladištenja za male dijelove i/ili kutije, automatiziranim kao što su: vertikalni karuseli, VLM, mini load AS/RS - micro load AS/RS, persin on board i neautomatiziranim kao što su: podna skladišta, regalna skladišta i njihove varijacije.

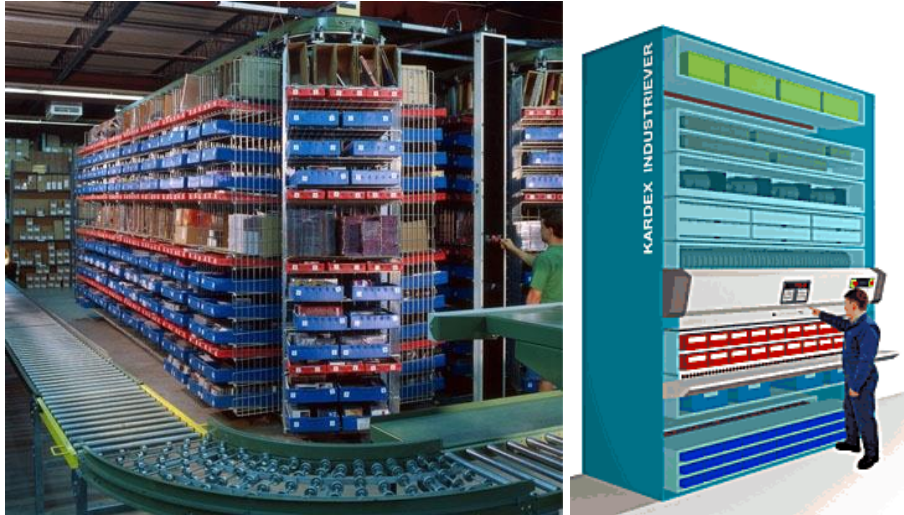
##### 4.4.1. Horizontalni karusel u usporedbi sa automatiziranim skladišnim sustavima

###### 4.4.1.1. Horizontalni karuseli nasuprot vertikalnim karuselima

Bez obzira na sličan naziv od ova dva sustava, oni su ipak veoma različiti. Kao po svojim prednostima tako i nedostacima. Osnovne prednosti horizontalnog karusela su: povećana iskoristivost skupog skladišnog prostora, smanjenje odnosno izostavljanje nepotrebnog praznog hoda time i vremena. Osnovni nedostatak u odnosu na vertikalne karusele je ergonomija jer kod vertikalnih roba dolazi do operatera u istoj ravnini predviđenoj za njegovu visinu, a kod horizontalnih to može biti za svaku novo izuzimanje na različitim visinama s obzirom da se skladištenje vrši po vertikalnoj osi, to se vidi i iz slike 4.4. Odlaganje kod oba sustava je veoma slična radu kod izuzimanja, te se uglavnom vrši za vrijeme manjih zahtjeva izuzimanja ili u nekoj drugoj smijeni kad iz nekih razloga zahtjevi za izuzimanjem opadaju.

Horizontalni karusel	Vertikalni karusel
Povećava iskoristivost skladišnog prostora. zbog minimiziranja prolaza između dvaju karusela.	Štedi na vrijednom skladišnom prostoru. skladištenje je orijentirano na iskorištenje visine skladišta, koje je kod horizontalnih uglavnom manje iskorišteno.
Brzi povrat uložениh sredstava	Smanjuje troškove životnog vijeka
Zbog fleksibilnog dizajna omogućuje podešavanje visine police	Dostupni u raznim visinama, dubinama i širinama.
Dizajn radne stanice omogućuje laku micanje ili promjenu iste.	Lako izmjenjivi nosači skladišnih jedinica.
Sličnosti ovih sustava	
Omogućuju princip rada "part-to picker"- roba čovjeku i time je izbjegnuta potreba za nepotrebnim hodom.	
Omogućuju rad jednog operatera na više karusela.	

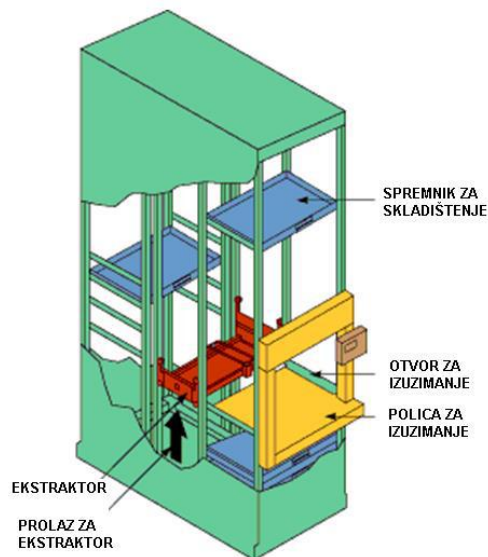
Tablica 4.1: Usporedba Horizontalnih i vertikalnih karusela



Slika 4.4 Horizontalni i vertikalni karusel [10]

#### 4.4.1.2. Horizontalni karusel nasuprot VLM-a (Vertikalnog podiznog modula)

Usporedba ova dva sustava je veoma slična usporedbi horizontalnih i vertikalnih karusela. Jedina značajnija razlika od prethodne usporedbe je u načinu rada VLM-a od vertikalnih karusela. Iz tog razloga jedna kratka usporedba VLM-a i vertikalnih karusela. Kod vertikalnih karusela se sve uskladištene jedinice okreću zajedno sa traženom jedinicom, dok kod VLM-a samo zatraženi predmet odnosno skladišna jedinica je pomaknuta do operatera, koja se nalazi unutar spremnika. 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.



Slika 4.5 Izgled VLM-a [7]

Horizontalni karusel i VLM omogućuju vođiteljima lakši nadzor nad operaterima zbog bolje preglednosti kao i nepotrebnog hoda između polica.

#### 4.4.1.3. Horizontalni karusel nasuprot mini i micro load AS/RS

Osnovna prednost horizontalnih karusela je u tome da su znatno jeftiniji od mini i micro load AS/RS sustava. Ova dva sustava izgledaju slično kao da se radi o klasičnom poličnom skladištenju gdje radnik sam vrši izuzimanje sa polica, ali nije to tako. Već pomoću dizalice koja se kreće uz prolaz između dva regala i iz ovog se lako može zaključiti da ušteda prostora nije toliko izražena kao kod horizontalnih karusela. No iz razloga što sav posao obavlja dizalica veoma se lako mogu postići i veće visine nego što bi bio slučaj sa horizontalnim karuselima. Horizontalni karuseli osiguravaju veći protok od mini i micro load AS/RS sustava jer horizontalni karuseli imaju mogućnost da obrade i preko 300 pozicija po satu, a mini i micro load AS/RS sustavi oko samo 50 pozicija po satu te time osigurava povećanje od 600%.

Kapaciteti horizontalnih karusela se kreću uglavnom od 100 do 900 kg. dok mini i micro load AS/RS imaju nešto manju nosivost. Mini-load AS/RS nosivosti od 50 i 250 kg (rijetko do 500 kg). To je tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za terete koji su obično u malim spremnicima (kutijama). Micro-load AS/RS sa

nosivošću manjom od 50 kg. To je tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za male proizvode u vrlo malim spremnicima (kutijama ili ladicama).

Zajedničko horizontalnim karuselima te mini i micro load AS/RS je to da rade na principu "part-to picker"- roba čovjeku.



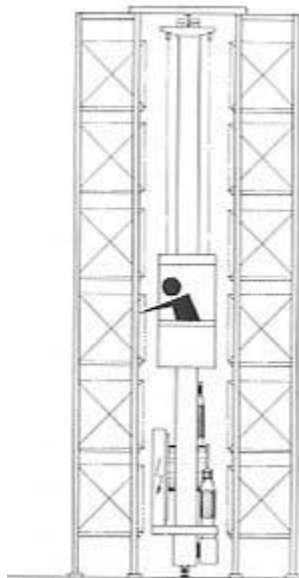
Slika 4.6 Mini load AS/RS [12]

#### **4.4.1.4. Horizontalni karusel nasuprot person on board AS/RS**

Ovaj sustav se gotovo u svemu razlikuje od sustava horizontalnog karusela. Samim time jer radi na principu "čovjek robi" i iz ovog se razloga ne može reći da je to automatizirani sustav odlaganja već bi se mogao bolje nazvati kao polu-automatizirani sustav.

Ovaj je sustav također kao i ostali AS/RS sustavi skuplji po izvedbi nego horizontalni karuseli, te ne nude toliku uštedu prostora kao horizontalni karuseli zbog potrebe za prolazima između polica/regala.





Slika 4.7 prikaz načina rada person on board AS/RS sustava [4]

#### **4.4.2. Horizontalni karusel u usporedbi sa neautomatiziranim skladišnim sustavima**

Kod ove usporedbe se može reći da je vrlo moguće i jedina prednost neautomatiziranih skladišnih sustava da su im financijski zahtjevi u startu mnogo manji nego kod horizontalnih karusela, ali se gledajući kroz duži rok horizontalni karuseli više isplate. Naravno to podrazumijeva već prije navedene tvrdnje da se radi o mjestima gdje je jako velik zahtjev za izuzimanjem iz polica/regala, primjerice ako se radi o distribucijskim centrima, proizvodnim pogonima i slično.

#### **4.5. Model rotacije na primjeru jednog karusela**

Za ovaj model bi bilo dobro da se uzme u obzir prosječno vrijeme rotacije jednog karusela. Pretpostavlja se da broj lokacija stavki unutar karusela postavlja u kontinuiranom modu od pozicije 0 do pozicije 1 u odnosu na trenutnu poziciju. Maksimalna rotacija karusela za skupinu naloga jednako jednoj vremenskoj jedinici.

Koristimo slijedeće oznake:

$n$  -predstavlja broj stavki iz skupine naloga;

$T(n)$  - predstavlja vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki  $n$ ;

$T^{ss}(n)$  - predstavlja vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki  $n$ , ako se karusel okreće u smjeru kazaljke na satu (ss);

$T^{ks}(n)$  - predstavlja vrijeme rotacije karusela do izuzimanja skupine stavki  $n$ , ako se karusel okreće u kontra smjeru kazaljke na satu (ks).

Znamo da se karuselu može okrenuti smjer vrtnje u bilo kojem vremenu. Slijedeći izraz vrijedi samo za pretpostavku da se smjer vrtnje karusela ne može okrenuti:

$$T_{(n)} = \min. \{T^{ss}_{(n)}, T^{ks}_{(n)}\}. \quad (1)$$

Pretpostavljamo da je svaka stavka jednako distribuirana na intervalu od 0 do 1, na karuselu koji se okreće u smjeru kazaljke na satu. Označujemo lokacije stavka sa  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Način izuzimanja se tad vrši tako da se krene od najniže do najviše i označavanjem stavki sa  $x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[n]}$ . Iz statistike izuzimanja znamo slijedeće:

$$F_{x_{[1]}}(t) = 1 - [1 - F(t)]^n.$$

$$F_{x_{[n]}}(t) = [F(t)]^n,$$

$$f_{x_{[1]}}(t) = n[1 - F(t)]^{n-1}f(t),$$

$$f_{x_{[n]}}(t) = n[F(t)]^{n-1}f(t), \quad (2)$$

pri čemu je  $F(t)$  distribucijska funkcija od prvobitno uzorkovanih lokacija stavki i  $f(t)=F'$ . Pretpostavljamo da je  $F(t)$  ujednačena distribucija (0, 1).

Mi trebamo pronaći distribucijsku funkciju za rotacijsko vrijeme koje je minimum za ss (smjer sata) i ks (suprotni smjer sata). Prvo ćemo vidjeti slučaj u kojem je  $n=1$ :

$$F(T(1)) = \begin{cases} 2t & \text{ako je } t \leq 0.5, \\ 1 & \end{cases} \quad (3)$$

Derivacijom od  $F(T(1))$  dobivamo  $f(t(1)) = 2$  za  $t \leq 0.5$ . Mi tako možemo pronaći očekivane vrijednosti  $T(1)$ :

$$F(T(1)) = \int_0^{\frac{1}{2}} 2t \, dt = \frac{2t^2}{2} \Big|_0^{\frac{1}{2}} = \frac{2 * \left(\frac{1}{2}\right)^2}{2} - \frac{2 * 0}{2} = \frac{2}{4} - 0 = \frac{1}{4} = 0.25$$

(4)

Ovo je poseban slučaj kad je  $n=1$  i lako se može pretpostaviti da u drugim slučajevima kad  $n$  nije jednak 1 i nisu toliko lagani. Da se karusel okreće u smjeru kazaljke na satu mogli bismo naći rotacijsko vrijeme karusela pomoću formule iznad.

$$F_{x(n)}^{ss} = (F(t))^n = (t)^n = t^n$$

(5)

Zato  $F_{x(n)}^{ss} = nt^{n-1}$  i očekivana vrijednost od  $T^{ss}(n)$  se može prikazati kao:

$$E(T^{ss}(n)) = \int_0^1 nt^n \, dt = \frac{n}{n+1}$$

(6)

No zna se da karuseli imaju omogućenu vrtnju u oba smjera, iz tog razloga se zaključuje da vrijednost  $T(n)$  mora biti manja od vrijednosti za  $T^{ss}$ . Treba razmišljati na ovaj način, "SS" (smjer sata) rotacija predstavlja jednu mogućnost, a "KS" predstavlja drugu mogućnost. Već je derivirana distribucija za rotaciju u smjeru sata (SS), vrijedi ista distribucija za rotaciju u suprotnom smjeru rotacije sata (KS). Minimalna distribucija za za ova dva primjera je:

$$F(T(n)) = 1 - [1 - t^n]^2$$

(7)

Zapažamo da izrazima iznad je potrebna dužina "SS" i "KS" rotacije da budu neovisne, što očito nije slučaj. Kako god za razumne količine stavka  $n$  ne bi trebalo predstavljati značajne probleme. Nastavljajući sa  $f(T(n))$  jednako  $2nt^{n-1} - 2nt^{2n-1}$  i očekivanom vrijednošću  $n > 1$  može se prikazati kao:

$$\begin{aligned}
E(T(n)) &= \int_0^1 2nt^n - 2nt^{2n} dt = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n}{2n+1} = \\
&= \left( \frac{n}{n+1} - \left( \frac{2n}{2n+1} - \frac{n}{n+1} \right) \right), \quad \text{za } n > 1
\end{aligned}
\tag{8}$$

Primjena ove formule je relativno jednostavna, prikazano primjerima za  $n=5$  i  $n=25$ .

$$\begin{aligned}
E(T(5)) &= \int_0^1 2nt^n - 2nt^{2n} dt = \int_0^1 2 * 5t^5 - 2 * 5t^{2*5} dt = \int_0^1 10t^5 - 10t^{10} dt \\
&= 10 * \left( \frac{t^{5+1}}{5+1} \right) /_0^1 - 10 * \left( \frac{t^{10+1}}{10+1} \right) /_0^1 \\
&= \left( \frac{10 * 1^6}{6} - \frac{10 * 0^6}{6} \right) - \left( \frac{10 * 1^{11}}{11} - \frac{10 * 0^{11}}{11} \right) = \left( \frac{10}{6} - \frac{0}{6} \right) - \left( \frac{10}{11} - \frac{0}{11} \right) \\
&= \frac{10}{6} - \frac{10}{11} = \frac{110 - 60}{66} = \frac{50}{66} = \frac{25}{33} \approx 0.7576, \quad \text{za } n = 5
\end{aligned}
\tag{9}$$

ili se ovo može uvrstiti u već izvedenu formulu:

$$\begin{aligned}
E(T(5)) &= \int_0^1 2nt^n - 2nt^{2n} dt = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n}{2n+1} = \left( \frac{5}{5+1} - \left( \frac{2 * 5}{2 * 5 + 1} - \frac{5}{5+1} \right) \right) \\
&= \left( \frac{5}{6} - \left( \frac{10}{11} - \frac{5}{6} \right) \right) = \left( \frac{5}{6} - \left( \frac{60 - 55}{66} \right) \right) = \frac{5}{6} - \frac{5}{66} = \frac{55 - 5}{66} = \frac{50}{66} = \frac{25}{33} \\
&\approx 0.7576, \quad \text{za } n = 5
\end{aligned}
\tag{10}$$

a za  $n=25$ ;

$$\begin{aligned}
E(T(5)) &= \int_0^1 2nt^n - 2nt^{2n} dt = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n}{2n+1} = \left( \frac{25}{25+1} - \left( \frac{2 * 25}{2 * 25 + 1} - \frac{25}{25+1} \right) \right) \\
&= \left( \frac{25}{26} - \left( \frac{50}{51} - \frac{25}{26} \right) \right) = \left( \frac{25}{26} - \left( \frac{1300 - 1275}{1326} \right) \right) = \frac{25}{26} - \frac{25}{1326} \\
&= \frac{1275 - 25}{1326} = \frac{1250}{1326} = \frac{625}{663} \approx 0.9427, \quad \text{za } n = 25
\end{aligned}
\tag{11}$$

Za neke ostale  $n$  vidljivi su iznosi za  $E(T(n))$  u sljedećoj tablici:

$n$	$E[T(n)]$	$S$	$Error (\%)$
1	0.2500	0.2509	0.35
2	0.5333	0.4986	6.97
3	0.6429	0.6254	2.79
4	0.7111	0.7033	1.11
5	0.7576	0.7466	1.47
10	0.8658	0.8578	0.94
25	0.9427	0.9434	0.08
50	0.9707	0.9708	0.02

Tablica 4.2 Analitički i simulirani rezultati za potrebno vrijeme da se izuzme  $n$  stavka [4]

Uspoređivanjem jednadžbe (8) i (6) nam pokazuje da je  $E(T(n))$  manji nego  $E[T^{CW}(n)]$  za sve vrijednosti  $n$ . Zaključujemo da ako se  $n$  približavam beskonačnosti ( $+\infty$ ),  $E(T(n))$  se približava 1, i tako što se broj stavki za izuzimanje povećava tako se i povećava potreba za potpunom rotacijom karusela.

Primjenom izraza (8) dobivamo vrijednosti za  $E(T(n))$  u tabeli 2 dok nam izraz (4) nudi rezultat za samo  $n=1$ . Vrijednosti se uspoređuju sa simuliranim rezultatima "S" od 10000 pokusa, zajedno za postotkom greške za svaku vrijednost  $n$ . Naš rezultat je točan za  $n=1$  i asimptotski točno za  $n>1$ , simulacije potvrđuju da se najveće greške javljaju za male iznose  $n>1$ . Kao što se vidi iz tabele 2 greške su manje od 2% za  $n>5$ .

Nije potrebno sa se ovakvi proračuni vrše u praktičnoj primjeni, već se koriste softicirani softveri za tu svrhu koji tu problematiku obrade mnogo brže. Ovaj primjer služi samo za prikaz kako to funkcionira.

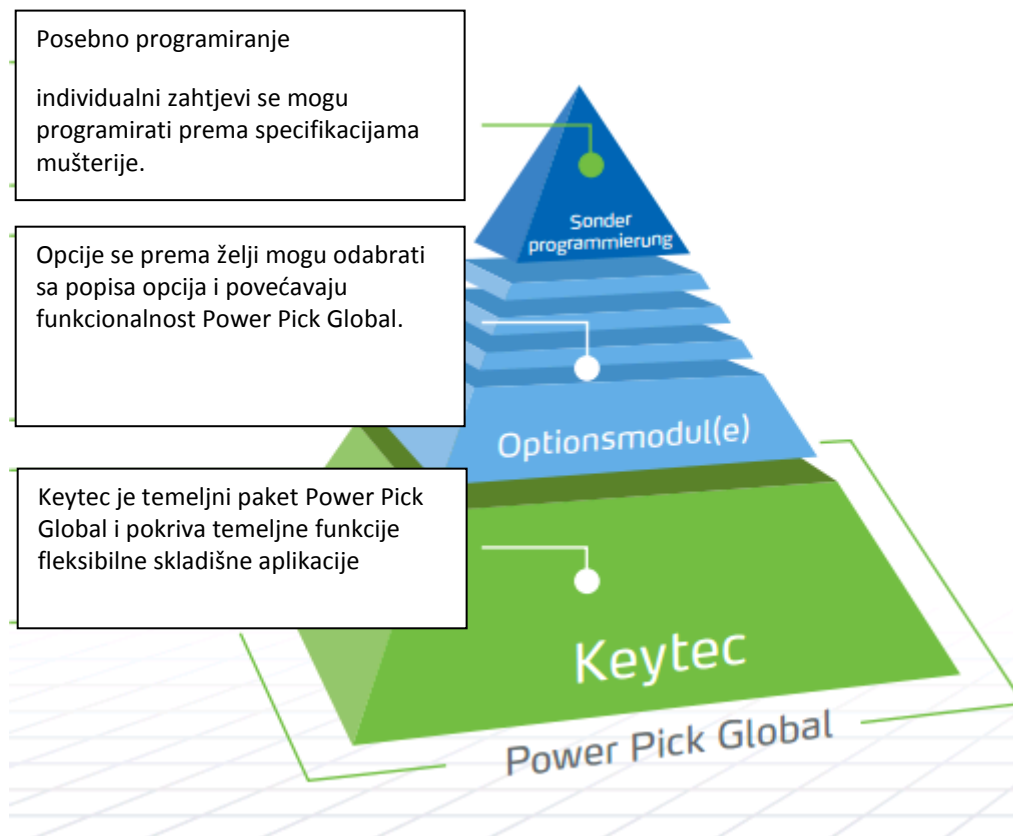
## **4.6. Softveri za upravljanje automatiziranim skladištima**

Ovi softveri su stvoreni tako da "rastu" zajedno sa poduzećem odnosno imaju daljnju mogućnost za njihov razvoj. Mogu se prilagoditi na stalno promjenjive uvjete rada. Početno mnogo poduzeća koristi samo klasična regalna skladišta ili neki od osnovnih sustava za skladištenje. Kroz iskustvo se pokazuje da poduzeća ne rijeko prelaze često i na automatizirana skladišta te proširuju sustave sve do Pick to Light sustava. Jer što koristi najbolji hardver ako fale inteligentna softverska rešenja. Iz tog razloga se proizvođači interne logistike trude ponuditi svojim mušterijama kompletan paket skladišnih sustava i odgovarajući softvera. Kod kojih se tad kombiniraju prednosti sustava i softvera te se time postiže snažni sinergijski efekt.

### **4.6.1. Softverski paket za upravljanje automatiziranim skladištima- proizvođača Kardex Remaster Power Pick Global**

Centralni modul Keytec® Predstavlja temelj nove strukture Power Pick Global. Keytec® uključuje funkcije za jednostavno upravljanje korisnika, ovlastima, spremnika, materijala, skladištima i dr. Dalje omogućuje da neplaniranim uskladištenjima te ponovnim uskladištenjima automatski predloži skladišnu lokaciju. Također i neplanirana izuzimanja su moguća kroz takozvane dinamične popise.

Mogu se lagano prema zahtjevima mušterija mogu postaviti opcije, kroz što se funkcionalnost Power Pick Global može povećati. Prema potrebi se Power Pick Global može preko posebnog programiranja individualno prilagoditi.



Slika 4.8 Hijerarhijski prikaz Power Pick Global [10]

Temeljne funkcije osnovne verzije Keytec:

- Administracija korisničkih računa te pripadajuće pristupne ovlasti unutar samog softvera,
- Administracija skladišta organizira dinamičke ili statičke skladišne izvedbe te raspoložive skladišne površine kod upotrebe različitih spremnika ili slobodnih površina te kompjuteriziranih radnih mjesta,
- Administracija skladišnih stavki i njihovih karakteristika,
- Izvješćivanje- pristup na unaprijed određene skladišne statistike i popise,
- Administracija spremnika i definiranje raznih vrsta spremnika i njihovih dimenzija,
- Povijest- evidencija i rezervacija sljedećih radnji.



Slika 4.9 Izgled radnog terminala [10]

Kardex softverski sustavi sustavi:

- a) Cleverstore 1000,
- b) Smartpick 5200,
- c) Smartpick 6000,
- d) Comunicator Pro.

#### **4.6.1.1. Cleverstore 1000**

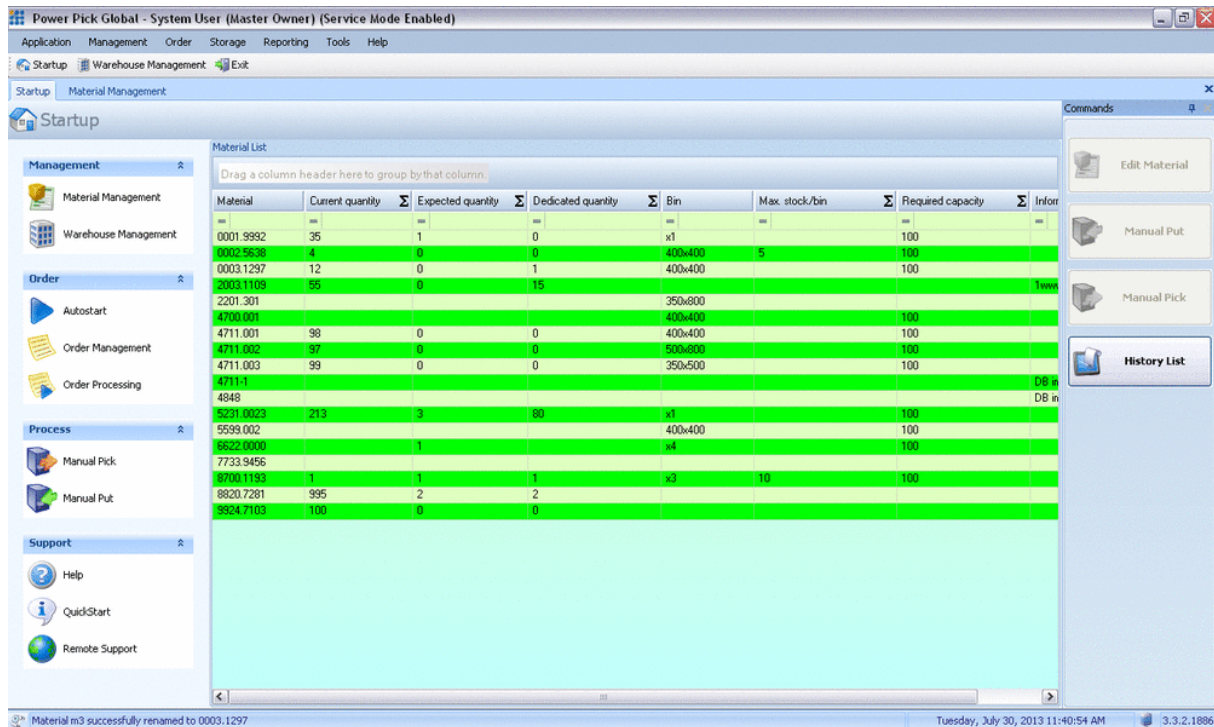
Cleverstone je jednostavno rešenje za jednostavno skladištenje i stavljanje na raspolaganje materijala. Pokraj administracije skladišnih mjesta i zaliha brinu se različiti protokoli i izvještaji za besprijekoran tok u skladištu. Taj softver je ujedno i optimalna nadopuna za dinamične skladišne sustave od Kardex remaster.

Najznačajnije značajke su:

- Administracija inventara,
- administracija skladišnih lokacija,
- evidentiranje ulaza i izlaza,
- evidentiranje korekcije inventara,
- uvoz podataka o materijalima,
- neplanirana odnosno manualna uskladištenja,
- neplanirana odnosno manualna izuzimanja,,
- manualni uvoz popisa za upis,
- po grafičkom prikazu sam odabrati skladišnu lokaciju,



- kategorizacija materijala prema srodnim materijalima,
- dokumenti i slike mogu se dodijeliti materijalima,
- prikaz stanja materijala je moguć kod skladišne lokacije,
- jednostavno izvještavanje preko definiranih popisa i izvještaja,
- jednostavna administracija korisničkih prava.



Slika 4.10 Radno sučelje Cleverstore 1000 [10]

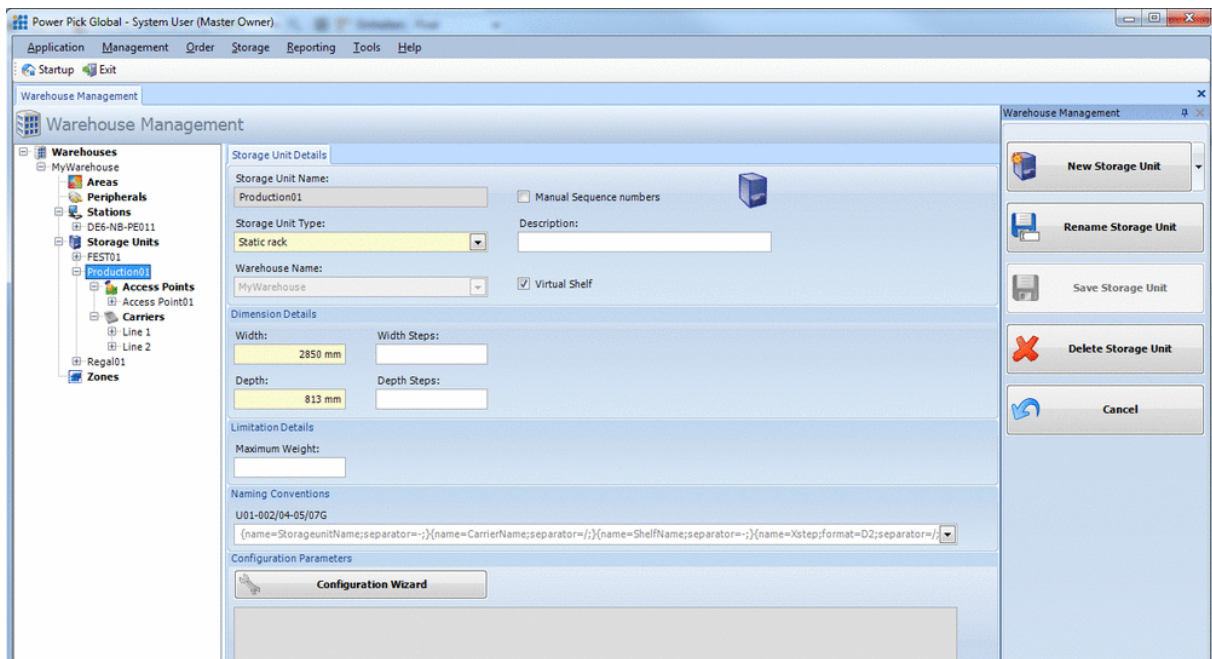
#### 4.6.1.2. Smartpick 5200

Smartpick 5200 je rješenje za administraciju i obradu naloga za komisioniranje. Posebice za elektroničku branšu. Posebice se bacila pažnja na specijalno rukovanje SMD (eng. surface-mountz device) dijelova.

Produktivnost se povećava kroz različite strategije izuzimanja. Svejedno da li je korisnik vođen preko optimiziranih ispisa ili integriranih automatiziranih svjetlosnih sustava (npr., eng. Pick to Light). Smartpick 5200 u svakom slučaju povećava radnu efikasnost preko skupnih naloga i višestrukih procesa izuzimanja. Točnost se povećava preko optimiziranih popisa za izuzimanje sve do bar kodnog potvrđivanja i Pick/Put to Light sustava. Točnost komisioniranja se povećava do 99%.

## Važne funkcije:

- Izrada naloga za uskladištenje i izuzimanje,
- uvoz podataka o materijalu,
- uvoz podataka o nalogima,
- izvoz podataka nalogima,
- administracija sastava materijala,
- kategorizacija materijala prema srodnim materijalima,
- dokumenti i slike se mogu dodijeliti materijalima,
- prikaz stanja materijal moguć kod skladišne lokacije,
- administracija skladišnih mjesta,
- evidencija ulaza i izlaza materijala,
- evidencija korekcija inventara,
- neplanirana ručna uskladištenja i izuzimanja,
- lako izvještavanje preko definiranih popisa i izvještaja,
- laka administracija korisničkih prava,
- specijalno rukovanje sa SMD dijelovima,
- izuzimanja do proizvodnih linija
  - višestruke proizvodne linije je moguće opskrbljivati,
  - premještanje s jedne na drugu liniju,
  - automatsko prikupljanje povratnica sa prikazom deficita.



Slika 4.11 Radno sučelje Smartpick 5200 [10]

#### 4.6.1.3. Smartpick 6000

Smartpick 6000 je rješenje za potporu raznim strategijama komisioniranja. Obrađivanje više naloga odjednom se vrši na način da se spaja u jedan veći skupni nalog. Da bi se izuzela jedna stavka koja je potrebna za više naloga, ovdje se vrši izuzimanje samo jednom te se kasnije sortira i dodjeljuje pojedinačnim nalogima.

Važne funkcije:

- Automatsko spajanje narudžba u jedinstvenu odnosno skupnu,
- različite strategije za izradu tih skupnih narudžba,
- potpora za Pick to Light,
- više operatera mogu obrađivati jednu skupnu narudžbu (pr. zonsko komisioniranje)
- uvoz podataka o materijalu,
- uvoz podataka o nalogima,
- izvoz podataka nalogima,
- administracija sastava materijala,
- kategorizacija materijala prema srodnim materijalima,

- lako izvještavanje preko definiranih popisa i izvještaja,
- laka administracija korisničkih prava,
- neplanirana izuzimanja i uskladištenja.

#### **4.6.1.4. Communicator Pro**

Comunicator Pro je skladišno rešenje za sve koji koriste WSM<sup>2</sup> ili ERP<sup>3</sup> sustav i žele profitirati od tih skladišnih sustava.

Materijali, zalihe, strategije i sve ostale skladišne aktivnosti se direktno administriraju sa ovim sustavom.

Važne funkcije:

- Sinkronizacija podataka o materijalima,
- sinkronizacija naloga,
- izvještavanje (izvoz i popis rezervacija)
- obrada stanja zaliha.

### **4.7. Prikaz horizontalnog karusela na primjeru proizvođača (Kardex Remaster GmbH)**

Kardex Remaster se broji u jednu od svjetskih vodećih proizvođača automatiziranih skladišnih sustava na području interne logistike. Poslovanje im kreće još 1880-ih godina. Njihovi proizvodi su razvijeni da povećaju produktivnost i za povećanje efikasnosti poslovnih tokova.

Kroz godine se poduzeće dosta promijenilo kao i spektar proizvoda, jedno što se nikad nije mijenjalo je inovativni duh i težnja kreativnoj kulturi poslovanja. Uspješno su implementirali 120.000 sustava, zajedno sa pripadajućim software paketima.

---

<sup>2</sup> Warehouse management system

<sup>3</sup> Enterprise resource planning



Slika 4.12 Logo Kardex Remaster GmbH [10]

Smješteni su u Njemačkoj- Kardex Deutschland GmbH, Megamat-Platz 1, 86476 Neuburg / Kammel.

Neki od njihovih proizvoda koji su trenutno najtraženiji:

- 1) Vertikalni podizni sustavi (VLM)- Shuttle XP 250/500, Shuttle XP 700, Shuttle XP 1000, Shuttle XPlus, Shuttle XPMultiple.
- 2) Vertikalni karuseli - Megamat RS Überblick, Megamat RS 180, Megamat RS 350, Megamat RS 650.
- 3) Horizontalni karusel - Kardex Remstar Horizontal Karussell

#### **4.7.1. Kardex Remstar Horizontal Karussell**

Kardex Remstar horizontalni karusel se koristi svugdje gdje je potrebno robu brzo, pouzdano i troškovno isplativo uskladištiti i/ili staviti na raspolaganje. Nije bitno da li u proizvodnji ili distribuciji. Naravno kao i svaki drug horizontalni karusel on omogućuje princip rada "roba čovjeku".

Brza reakcijska vremena, veći protok kratki rokovi isporuke su sve zahtjevi koje postavljaju distribucijski centri kao i moderna skladišna logistika. Na ovom području se ističu ovi karuseli. Mogu se prilagoditi svim ovim zahtjevima.



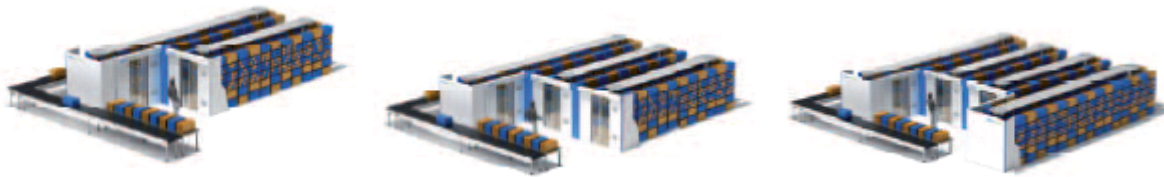
Slika 4.13 Izgled Kardex Remstar horizontalnog karusela. [10]

Tehnička svojstva karusela:

Nosivost karusela iznosi 450, 680 i 900 kg, a po spremniku iznosi 90 kg. Visina korištenja iznosi od 1,80 m do 3,65 m, dok visina cijelog karusela iznosi od 2,20 m do 4,10m.. Dužina karusela je u velikom rasponu i može se odabrati prema potrebi od 5,85 m do 51,52 m, a samim time se određuje i broj nosača od 16 do njih 100. Iskoristiva Brzina vrtnje karusela iznosi 24 metra po minuti, a snaga motora se kreće os 0,75 kW do 2,2 kW. Građa motora u unutrašnjosti omogućuje više etažnu gradnju. Iskoristiva dubina karusela je također dostupna u više dimenzija 0,46 m, 0,56 m i 0,61 m.

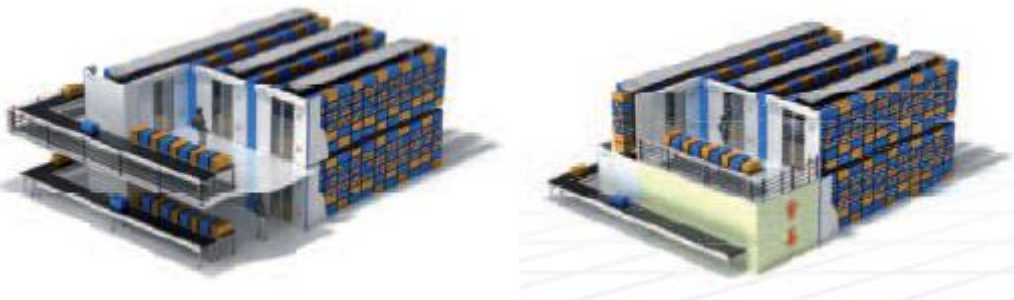
Da se postigne veća efikasnost komisioniranja, karuseli se obično postavljaju u radne stanice. Već prema veličini postrojenja i koncepciji su moguće različite izvedbe:

- dvostruka radna stanica- radni otvori su postavljeni jedan do drugog i time omogućuje jednostavno upravljanje i sa samo jednim operaterom.
- trostruka i četverostruka radne stanice- one su korisne kod većeg asortimana i većeg zahtjeva za pristupom robi. Postavljaju se uglavnom u "L" obliku.



Slika 4.14 Prikaz dvostruke, trostruke i četverostruke radne stanice [10]

- Više etažne radne stanice- Kod opsežnih logističkih sustava mogu se postaviti i više etažne stanice koje mogu zadovoljavati i veće protoke materijala. Omogućuje se komisioniranje na više etaža, te svaka etaža radi zasebno i samim time zasebno se nalazi mjesto upravljanja i izuzimanja za svaku etažu. Sa ovakvom horizontalnom više etažnom izvedbom se visina hale do oko 4,5m optimalno iskoristi. Hidraulička rampa dovodi operatera uvijek na ergonomski pravilnu visinu za izuzimanje. Za optimalizacije trošenja vremena se visina postrojenja podjeljuje na zone izuzimanja pomoću softvera za upravljanje. Dakle svi artikli jedne zone se obiđu prije nego li se rampa pomakne prema drugoj zoni izuzimanja.



Slika 4.15 Prikaz više etažne radne stanice [10]

Radni terminal postavlja na raspolaganje operateru sve potrebne informacije koje omogućuje brzo i jednostavno komisioniranje sa minimalno papirologije. Radi pomoću principa "Pick to Light" i potvrdnih tipki, ali se mogu kroz odgovarajuće softvere uvesti i neki drugi uređaji za komisioniranje kao što su skeneri, printeri, razni displeji i slično.

#### 4.7.1.1. Prednosti Kardex Remstar horizontalnih karusela

Prednosti ovih karusela su brojne i značajne, naravno ove prednosti vrijede i za druge proizvođače. Postoje eventualno razlike kod tehničkih komponenta te minimalne kod izgleda odnosno izvedbe samih karusela. Najbolje se mogu opisati i kroz njihovu politiku uspješnosti: "Optimierung Ihrer Produktivität und Erhöhung Ihres Durchsatzes bei gleichzeitiger Reduzierung des Platzbedarfs und mehr Transparenz im Lager"<sup>4</sup> što bi u kratko značilo optimizacija vaše produktivnosti i protoka kroz istovremeno smanjenje potrebe za prostorom te više utjecaja.

Neke od prednosti su:

- Performansa izuzimanja- po stanici i radnom satu jedan operater može obraditi od 200 do 400 pozicija.
- Produktivnost- već spomenuti način rada "roba čovjeku" omogućuje direktno, pouzdano, brzo izuzimanje. No karusel se pri svakoj vrtnji okreće u tom smjeru gdje je najkraća udaljenost lokacije i operatera. Rad sa "Pick to Light" tehnikom omogućuje prikaz koju robu i u kojoj količini treba izuzeti.
- Skupno komisioniranje (Batch)- komisioniranje bez papira je moguće, otpremnice i potvrde se i dalje prema potrebi mogu ispisati. Preko kompjuterski upravljanoj karusela i softvera za upravljanje se više naloga spoji u jedan jedinstven odnosno veći nalog (Batch). Time se istovremeno vrši izuzimanje i time se smanjuje broj nepotrebnih okretaja karusela.
- Visoka nosivost- horizontalni karusel je idealni za ulaz- izlaz skladištenje malih i srednje velikih dijelova. K tome omogućuje uskladištenje do oko 55 t.
- Ušteda prostora- Roba se skladišti u uskom prostoru, jer ne postoji potreba za prolazima između karusela. Zona komisioniranja je veličine od 5 do 10 m<sup>2</sup>.
- Pouzdanost i robusna građa
- Fleksibilnost- omogućuje uskladištenje različitoj vrsti artikala. Čak i veći artikli mogu se smjestiti unutar karusela, do veličine jednog polja regala. koje se kreće od 1,85 m do 3,65 m.

---

<sup>4</sup> Kardex Remstar Horizontal-Eine effiziente Lösung für schnelles Kommissionieren und Bereitstellen





Slika 4.16 Prikaz principa rada na terminalu horizontalnog karusela [10]

#### 4.7.2. Horizontalni karuseli u kombinaciji sa "Lean techniques" (mršavim tehnikama)

U današnjem ubrzanom svijetu vrijeme je novac. Optimalna kombinacija treniranih radnika i potrebnih znanja, strojeva omogućuje održavanje proizvodnje. Korištenje mršave proizvodnje pokreće smanjenje gubitka u proizvodnom procesu. Saia Burgess svjetski poznati poduzetnik kontinuirano traži načine da smanji gubitke.

Prije pojave automatizacije u skladištu, radnici su imali odnos 1:1 sa narudžbom, dakle svaki se radnik koncentrirao na ispunjavanje jednu po jednu narudžbu. Radnici su kretali diljem prolaza tražeći sve stavke narudžbe. Kad bi narudžba bila kompletna, dostavili bi ju do odgovarajućeg odjela te se vratili na ispunjavanje slijedeće narudžbe. Tako da su radnici po nekoliko puta na dan prošli pokraj iste lokacije prije nego što su je obišli, te se time stvaralo nepotrebnog praznog hoda.

Implementacijom novih automatiziranih sustava promijenio se način na koji su se narudžbe obrađivale. Narudžbe su skinute sa MRP-a (Material Requirements Planning softvera na FastPic softver.

Operater karusela inicijalizira do šest narudžba istovremeno koristeći odgovarajući softver. Svaka narudžba je zabilježena za različitoj poziciji na mjestu sakupljanja stavki. Karusel zatim rotira i koristeći svjetla od "Pick to Light" sustava usmjerava operatera do točne lokacije prve stavke. Operater izuzima određen broj koji ukazuje

"Pick to Light" sustav i vrati se natrag do mjesta sakupljanja da bi ih ondje odložio prema onim šest narudžbama određenih sustavom. Za vrijeme kad operater odlaže izuzete stavke karusel se okreće do slijedeće/ih stavki i time virtualno eliminiranjem operaterovog praznog hoda. Ovaj se proces ponavlja sve dok se ne ispuni svih šest narudžbi. Nakon toga se sve narudžbe postave na manipulacijsko sredstvo određeno od menadžera odjela.



Slika 4.17 Prikaz principa rada "Pick to Light". [10]

Sve dijelove potrebne za ispunjenje naloga koje su fizički pohranjene u karuselu se postavljaju na početak skupnog naloga. Drugi operater izuzima te stavke sa police te ih uspoređuje sa nalogima na pojedinim kolicima pripadajućeg odjela. Sve narudžbe su popunjene i isporučene unutar 24 sata. Skladište tjedno obrađuje prosječno oko 220 narudžbi. Mali dio (oko 10%) se direktno isporučuje kupcu, bez dodatne dorade. Ove narudžbe se obrađuju na isti način, samo što se direktno šalju do odjela za otpremu, koji ga direktno šalje kupcu.

Prethodni sustav zahtijevao je pet radnika kod izuzimanja stavki sa polica ručno. Sada je potrebno u skladištu troje ljudi za izuzimanje. Jedan za izuzimanje sa karusela, jedan za odvajanje od nakupljene količine stavki više narudžaba i jedan za popunjavanje karusela u drugoj smjeni. To nam je smanjenje gubitka od 40%.

#### 4.7.2.1. Uštede prostora, novca i točnost izuzimanja

Kao što je bilo moguće smanjiti gubitke, tako je i moguće uštedjeti na skladišnom prostoru. Primjerice prethodnih 650 m<sup>2</sup> je bilo previše skladišnog kapaciteta. Tako da su se sporo izlazeće stavke stavljale na udaljenija mjesta u skladištu oko 150 m<sup>2</sup> skladišnog prostora. Sada bi se sve stavke stavljale na istoj stani zauzimajući oko 465 m<sup>2</sup> skladišnog prostora i u kombinaciji sa horizontalnim karuselima odnosno uklanjanjem nepotrebnih prolaza između regala, bi se moglo uštedjelo oko 42% skladišnog prostora i uštedjelo oko 26000 kn mjesečnih troškova skladištenja. Ako je riječ o vlastitom prostoru, ovih viška 185 m<sup>2</sup> skladišnog prostora bi se moglo iskoristiti za proširenje proizvodnog prostora i/ili kao proširenje odjela za otpremu.

U proizvodnom okruženju "brza" izuzimanja su neizbježna te se javljaju odmah kad dijelovi u proizvodnji zatrebaju zbog trganja, istrošenosti, gubljenja ili nekih drugih uzroka. Kad operater zadobije jednu takvu narudžbu, on ju ispunjava odmah. Operater je u mogućnosti pritiskom na gumb prekinuti prethodnu operaciju i može odmah započeti sa postupkom izuzimanja tog hitnog djela te se nakon toga odmah vraća nastavku izuzimanja aktivne narudžbe. Dostava pravog dijela u pravoj količini na pravo mjesto može smanjiti broj potrebe za brzim izuzimanjima. Prethodno je točnost bila nešto ispod 94%, a nakon implementacije horizontalnih karusela i nekih drugih ključnih načina upravljanja, točnost se može povećati na oko 99%.

Prije nego li se provede smanjenje skladišnog prostora i operacija u njemu, treba provesti detaljnu ROI<sup>5</sup> (Return on Investment) analizu. Uzmemo primjerice slučaj da se umirovljuju trojica operatera u skladištu unutar nekoliko mjeseca. Umjesto da ih zamijenimo mi možemo uštedjeti na plaćama za njihove pozicije, a i otpremnina u slučaju da se to ipak provede u kasnije doba kad radnik dobije prava na istu. Tu uštedu lako ubacimo u proračun kod provedbe ROI analize. Prilikom koje možemo točno prikazati da li nam je isplativo uvesti horizontalne karusele i tu uštedu te vidimo nakon kojeg vremenskog roka dostižemo točku pokrića odnosno povrat investicije.

---

<sup>5</sup> ROI- povrat uložених sredstava.

## **4.8. Prikaz horizontalnog karusela na primjeru proizvođača Dexion-Constructor grup UK Ltd.**

Constructor grup UK Ltd. je jedna od vodećih Europskih proizvođača i opskrbljivača visoko kvalitetnih industrijskih i komercijalnih skladišnih rješenja. Ono posluje preko trgovačkih društava kao što su: Bruynzeel, Kasten, Dexion i PSS.

Constructor Group je treći najveći opskrbljivač skladišnih sustava za industrijski sektor i najveći za komercijalni sektor.

Posjeduje obrtni kapital od 330 milijuna Eura te zapošljava preko 1200 zaposlenika u najmodernijim proizvodnim objektima strateški lociranih u Rusiji, Rumunjskoj, Nizozemskoj, Njemačkoj i Finskoj.

### **4.8.1. Dexion Horizontalni karusel "HOCA"**

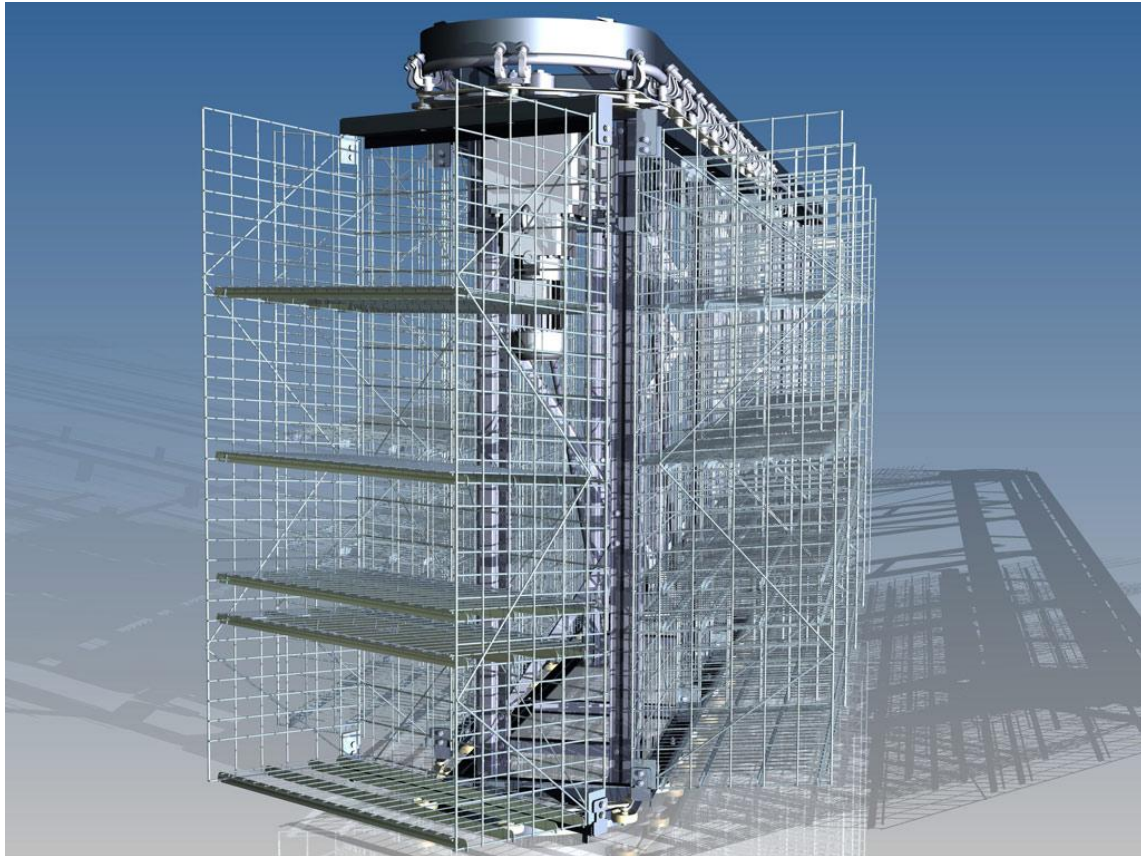
u praksi maksimalna iskoristivost skladišnog prostora iznosi oko 80 do maksimalno 90% ukupne površine skladišnog prostora. Dexion horizontalni karusel "HOCA" namijenjen je za optimalnu iskorištavanje dubine skladišta. Horizontalni karuseli općenito garantiraju troškovno isplativo skladištenje i efikasno i efektivno izuzimanje.

"HOCA" horizontalni karusel omogućuje:

- Veliko povećanje skladišnih kapaciteta zbog optimalne iskoristivosti skladišne dubine,
- smanjuje prazan hod operatera do 65%,
- smanjuje "kriva" izuzimanja,
- ubrzava protok materijala,
- povećava gustoću skladištenja.
- skladištenje malih i srednje velikih dijelova,
- omogućuje uskladištenje razne vrste robe i materijala,
- sigurno, "čisto" i dobro organizirano skladištenje,
- ergonomski zadovoljava s obzirom da radi na principu roba čovjeku.

Tehnički podaci:

Širine ležišta 0,83 i 1,01m, dubine ležišta 0,508 i 0,608m, a nosivosti ladice do 100kg. Razmak polica 6 i 12cm, a nosivost ležišta do 600kg. Ukupna nosivost karusela iznosi 40t, širina karusela 1,7m i 1,9m, dužine do maksimalno 50m, a ukupne visine 2,150m i 4,350m.



Slika 4.18 Prednji prikaz "HOCA" karusela [9]



Slika 4.19 Bočni prikaz "HOCA" karusela [9]

## 5. Praktični primjeri primjene horizontalnih karusela

### Primjer 1: Karl-heinz Gmbh - Kardex remastar

Kupac pod nazivom Karl-heinz Gmbh koji se bavi proizvodnjom i distribucijom visoko preciznim alatom za rezanje koji se koriste u raznim svrhama. Rastući zahtjevi za tim proizvodima kao i rastuća ponuda novih proizvoda učinili su reorganizaciju neophodnom.

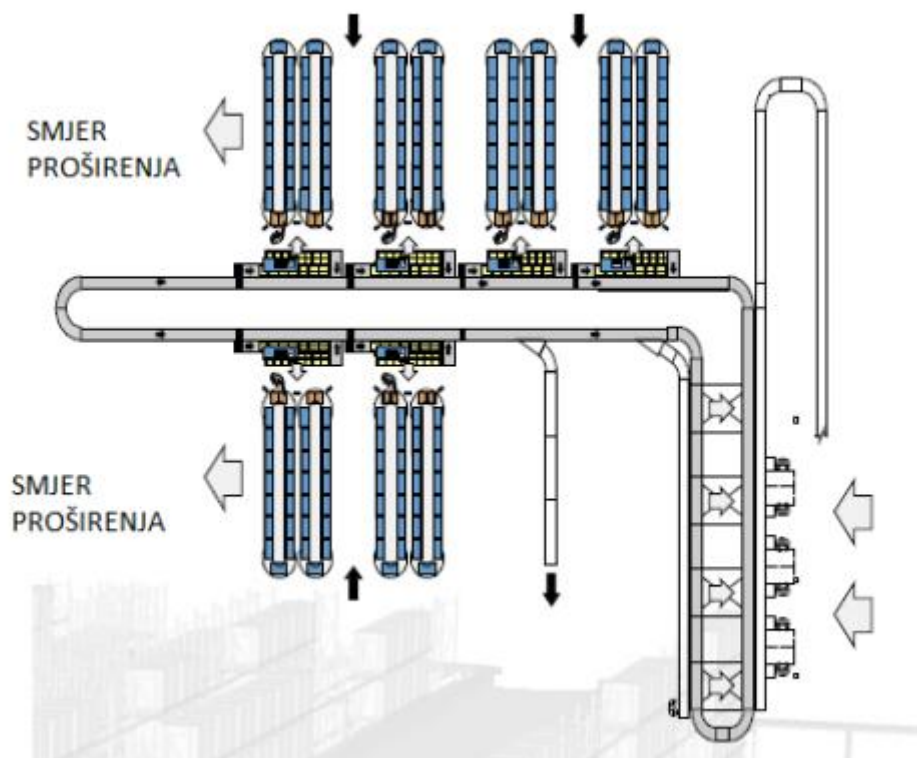
Novogradnja logističkog centra je neophodna jer postojeće skladište nije moglo zadovoljiti logističke zahtjeve. Predodređena površina iznosi 300m<sup>2</sup> i visine od 3,50m da bi se moglo skladištiti 1500 različitih artikala. Performansa komisioniranja se proračunala na 500 pozicija na sat. ostali postavljeni ciljevi su upravljanje zalihama što bliže realnom vremenu i minimiziranje grešaka kod komisioniranja kao i spremnost za isporuku unutar 24h.

Kroz predodređene dimenzije upotrebljuju se horizontalni karuseli. Cjelokupni obujam tih 1500 artikala će se uskladištiti u spremnicima karusela različitih veličina. Da bi se postiglo što bliže izuzimanje realnom vremenu koriste se skupni nalozi, veličina skupnog naloga je određena i iznosi 20 spremnika karusela po skupnom nalogu. te će raditi dva operatera na četiri karusela. Pick to Light sustav pokazuje operateru lokaciju sa koje treba vršiti izuzimanje i u kojoj količini je potrebno izuzeti i time se omogućuje brzo, jednostavno i točno izuzimanje ali uskladištenje kad jedno i drugo radi na sličan princip samo reverzno. Upotrebljen softver za administraciju skladišta pomoću skupnog naloga upravlja sa četiri karusela istovremeno. time ne nastaje vrijeme čekanje dolaska lokacije do ta dva komisionara.

Upotreba horizontalnih karusela osigurava 10% više iskoristivog skladišnog prostora na danoj površini. Upotreba Pick to Light omogućuje 99% točan dohvat materijala. Kombinirano ova dva sustava omogućuju više od 500 obrađenih lokacija po satu i do 70% manje potrebe za skladišnim kadrom.

Sažetak performanse:

- Četiri horizontalna karusela sa ukupno 230 nosača,
- skladišni kapacitet od 9500 spremnika sa ukupnom težinom (napunjen) od 157t,
- Dimenzije ŠxDxV 30x11x3 m,
- Pick to Light sustav,
- monitori na svakoj od četiri mjesta izuzimanja,
- skladišni administrativni sustav Power Pick Global,
- uređaj za upravljanje spremnicima (konvejer).



Slika 5.1 Prikaz sustava horizontalnih karusela i konvejera [9]



## **Primjer 2: MHI – Kardex remastar**

Značajan rast u prodaji predstavio je izazov kanadskom distributeru dijelova. Povećanje broja narudžba značilo je da moraju ubrzati obradu narudžba. Da bi se zadovoljili zahtjevi kupca i osigurala brža dostava postavili su osam horizontalnih karusela u njihovom skladištu od 8922m<sup>2</sup> te im je to omogućilo povećanje od 33% izuzimanja po danu.

Prethodno je skladište koristilo mini-load AS/RS sustav s osam staza. Kako se volumen izuzimanja povećavao kroz godine, produktivnost je pala jer se potrošilo previše bitnih sati na čekanje da se izuzme dio ili da se ponovno napuni. Dijelovi se nisu mogli dovoljno brzo izuzimati rekao je menadžer distribucijskog centra. Sad kad je distribucijski centar postavio osam horizontalnih karusela dvostruke visine s međukatom, dijelovi su izuzeti i dostavljeni do kupca unutar 12 sata.

Karuseli osiguravaju povećanje razine izuzimanja od 344%.

Horizontalni karuseli skladište 58% dijelova, što je jednako 32000 stavka. Prosjek objekta je 4200 stavki po danu s maksimumom od 5000 stavki po danu. Stavke izuzimanja iz horizontalnih karusela iznose 48% ukupnog izuzimanja u distribucijskom centru. U prosjeku se izuzima 200 stavki na sat. To je povećanje od 344% izuzimanja od prethodnih 45 stavki na sat. Da bi se još dodatno ubrzalo izuzimanje i poboljšala ergonomija najviše i najčešći dijelovi se pohranjuju u „zlatni zoni“ karusela odnosno na približno visini struka operatera.

Sa povećanom efikasnošću koje osigurava sustav. Dva operatera rade jedan na donjoj razini jedan na gornjoj. Time se može izuzimati 14 narudžba odjednom sa karusela. Sa tehnologijom Pick to Light operatera se usmjerava do točne lokacije te se prikazuje i količina koja e treba izuzeti sa te lokacije. Menadžer distribucijskog centra također tvrdi da razina izuzimanja prethodno korištenog AS/RS mini-load sustava nije niska u usporedbi sa onom od horizontalnih karusela koji su sada korišteni.

## 6. Zaključak

Horizontalni karusel je uređaj za skladištenje robe male i srednje veličine koji je nezamjenjivi ako je u pitanju veliki protok robe jer je minimiziran prazan hod operatera te kod sustava sa više karusela izbjegnuta period čekanja da roba dođe do operatera. Omogućava bolju organizaciju, povećava se brzina kao i produktivnost i kapacitet te se smanjuje broj grešaka i oštećenja na robi te kroz svoju izvedbu osigurava zadovoljavajuća ergonomska svojstva.

Može se zaključiti da horizontalni karuseli optimalno iskorištavaju cijelu površinu skladišta s obzirom da ne zahtijevaju prolaze između njih već relativno malu zonu komisioniranja od 5-10m<sup>2</sup>. Što se visinske iskoristivosti skladišta tiče, može se reći da je relativno dobro riješen taj problem jer mogu doći u izvedbama na dvije razine.

Sve beneficije horizontalnih karusela se mogu iščitati iz navedena dva primjera svjetski poznatih proizvođača kao i njihove primjene u praksi. Svaki proizvođač pruža inovativnost te razlike koje su relativno male no često te razlike pridonose kod odabira proizvođača.

Sva automatizirana skladišta su u svakom pogledu bolja od klasičnih izvedba jedino zahtijevaju veća financijska ulaganja, no dugoročno gledajući su isplativija. Postoji više vrsta automatiziranih sustava skladišta i svaki distribucijski centar ili skladište samo odabire koji sustav je za njih najbolji za njihove potrebe.

## 7. Popis literature

### Popis knjiga:

- [1] John J. BARTHOLDI, Steven T. HACKMAN WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE Release 0.93, August 23, 2010

### Popis članaka:

- [2] Industrial Carousels –A Versatile Technology for Distribution Applications Document #WMC-WP-2883, Revised March 4, 2002,
- [3] RUSSELL D. MELLER and JOHN F. KLOTE, A throughput model for carousel/VLM pods, Received February 2003 and accepted February 2004
- [4] Grado Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Tech, 250 Durham Hall, Blacksburg, VA 24061, USA

### Internet stranice:

- [5] <http://www.cisco-eagle.com/>
- [6] <http://www.asagroup.org/>
- [7] <http://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi-i-sustavi/skladisni-sustavi/horizontalni-karusel/horizontalni-karusel>
- [8] <http://www.kasten-storage.com/Products/Storage-Machines-and-WMS/Horizontal-Carousel-HOCA/>
- [9] <http://www.mhi.org/ofs/solutions-guide/horizontal-carousels>
- [10] <http://www.dexion.co.uk/Downloads/>
- [11] <http://www.kardex-remstar.com/en/storage-retrieval-systems/horizontal-carousels.html>
- [12] <http://www.bastiansolutions.com/automation/automated-storage-retrieval-systems-%28asrs%29/mini-load-asrs>
- [13] <http://daifukuna.com/Products/Automated-Storage-Retrieval-System-AS-RS/Unit-Load-Automated-Storage-Retrieval-System>
- [14] <http://www.ise.ncsu.edu/kay/mhetax/StorEq/Images/Man-On-Board%20ASRS.gif>
- [15] [http://www.warehousesolutionsinc.com/automated\\_vertical\\_storage.html](http://www.warehousesolutionsinc.com/automated_vertical_storage.html)

## Popis slika

Slika 3.4 Person-on-board S/RS [14] .....	19
Slika 3.5 Micro-load AS/RS i Mini-load AS/RS [13].....	20
Slika 4.2 Sustav sa dva karusela i jednim operaterom [1] .....	25
Slika 4.3 Prikaz uštede vremena kod dinamičkih skladišnih sustava (ovdje horizontalnog karusela) u odnosu na statične sustave. [10].....	27
Slika 4.5 Izgled VLM-a [7] .....	30
Slika 4.7 prikaz načina rada person on board AS/RS sustava [4] .....	32
Slika 4.8 Hijerarhijski prikaz Power Pick Global [10].....	38
Slika 4.9 Izgled radnog terminala [10].....	39
Slika 4.10 Radno sučelje Cleverstore 1000 [10].....	40
Slika 4.11 Radno sučelje Smartpick 5200 [10] .....	42
Slika 4.12 Logo Kardex Remaster GmbH [10].....	44
Slika 4.13 Izgled Kardex Remstar horizontalnog karusela. [10].....	45
Slika 4.14 Prikaz dvostruke, trostruke i četverostruke radne stanice [10] .....	46
Slika 4.15 Prikaz više etažne radne stanice [10].....	46
Slika 4.16 Prikaz principa rada na terminalu horizontalnog karusela [10].....	48
Slika 4.17 Prikaz principa rada "Pick to Light". [10].....	49
Slika 4.18 Prednji prikaz "HOCA" karusela [9].....	52
Slika 4.19 Bočni prikaz "HOCA" karusela [9] .....	53
Slika 5.1 Prikaz sustava horizontalnih karusela i konvejera [9].....	55

## **Popis tablica**

Tablica 4.1: Usporedba Horizontalnih i vertikalnih karusela.....	28
Tablica 4.2 Analitički i simulirani rezultati za potrebno vrijeme da se izuzme n stavka [4] .....	36