

# Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava

---

Štefančić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:686591>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-06**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Tomislav Štefančić**

**KLJUČNI POKAZATELJI PERFORMANSI SKLADIŠNIH SUSTAVA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2018**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 28. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Upravljanje transportnim lancima**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4705

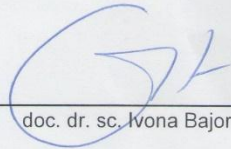
Pristupnik: **Tomislav Štefančić (0067506693)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava**

### Opis zadatka:

U radu će se istražiti postojeći načini izračuna ključnih pokazatelja performansi kod skladišnih operacija. Obrada teorijskog dijela uključuje značajke skladišnih sustava kroz infrastrukturu i operacije. Analizom postojećih znanstvenih istraživanja istražiti će se dosezi referentnih autora, te će se određeni izračuni primijeniti kroz primjere.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Irena Bajor

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**KLJUČNI POKAZATELJI PERFORMANSI SKLADIŠNIH SUSTAVA**

**KEY PERFORMANCE INDICATORS IN WAREHOUSE MANAGEMENT**

Mentor: doc.dr.sc. Ivona Bajor

Student: Tomislav Štefančić

JMBAG: 0067506693

Zagreb, rujan 2018.

**SAŽETAK**

Skladišta su mjesta u kojima se vrše određeni procesi koji utječu na funkcioniranje cjelokupnog opskrbnog lanca. U radu su prikazani svi tipovi skladišta i skladišne operacije koje ovise o stupnju automatizacije skladišta. Prikazano je i određivanje unutrašnjeg dizajna skladišta, raspored regala, određivanje veličine transportnog puta. Određivanjem samog dizajna skladišta može se bitno utjecati na efikasnost ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava. Pokazatelji performansi skladišnih sustava su glavna tema ovog rada. Dan je uvid u dosadašnji prikaz autora na tom području, te su prikazani pokazatelji performansi skladišnih sustava promatrani sa aspekta: vremena, produktivnosti, troška i kvalitete. Svaki pokazatelj prikazan je formulom, uz njeno objašnjenje.

**KLJUČNE RIJEČI:** ključni pokazatelji performansi, skladišni procesi, troškovi

## **SUMMARY**

Warehouses are places where certain processes that affect the functioning of the entire supply chain are performed. All types of warehouses and warehouse operations are discussed, depending on the degree of warehouse automation. The design process of the internal warehouse, the delivery schedule and the size of the transport path are also discussed. By defining the design of the warehouse itself, significant efficiency gains can be achieved regarding the key performance indicators of warehouse systems. Warehouse key performance indicators are the main topic of this paper. The overview into the author's work in this area so far is given, and the performance indicators of warehouse systems are shown from the aspect of time, productivity, cost and quality. Each indicator is represented by the formula, in addition to its explanation.

**KEY WORDS:** key performance indicators, warehouse processes, costs

# Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	PROJEKTIRANJE SKLADIŠNIH OBJEKATA .....	3
2.1	Vrste skladišnih objekata.....	7
2.1.1	Skladišta sirovina .....	8
2.1.2.	Skladišta poluproizvoda.....	8
2.1.3	Skladišta gotovih proizvoda.....	8
2.1.4	Konsolidacijski i tranzitni centri.....	9
2.1.5	Cross dock centri.....	10
2.1.6.	Centri za sortiranje .....	11
2.1.7	Sabirni centri .....	11
2.1.8	Skladišta institucija javnog sektora .....	11
2.2	Određivanje nacrtu skladišta .....	12
2.2.1	Analiza podataka .....	13
2.2.2	Određivanje prijemne i otpremne zone .....	14
2.2.3	Površina za skladištenje.....	16
2.2.4	Širina transportnog puta .....	19
2.2.5	Ostale skladišne površine .....	20
2.3	Primjer dizajna skladišta.....	20
3	Operacije u skladišnim sustavima.....	23
3.1	Prijem i uskladištenje.....	25
3.2	Komisioniranje .....	27
3.2.1	Optimizacija procesa komisioniranja .....	27
3.2.2.	Metode rutiranja u procesu komisioniranja .....	29
3.3	Usluge dodanih vrijednosti .....	32

3.4. Ukrcaj.....	33
3.5. Otprema.....	33
4. Praćenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava.....	34
5. Način izračuna ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava .....	45
5.1 Vremenski pokazatelji performansi skladišnih sustava .....	47
5.2 Produktivnost kao ključni pokazatelj performansi skladišnih sustava.....	52
5.3 Trošak kao ključni pokazatelj performansi skladišnih sustava .....	57
5.4 Kvaliteta kao ključan pokazatelj performansi skladišnih sustava .....	60
6. ZAKLJUČAK.....	66
LIRERATURA.....	68
POPIS SLIKA .....	70
POPIS TABLICA.....	71

## 1. UVOD

Prilikom projektiranja svakog skladišta, potrebno je uzeti u obzir ulogu skladišta u lancu opskrbe i tip artikala kako bi se odredio način uskladištenja samih artikala.

Drugo poglavlje prikazuje podjelu skladišta u logističkom sustavu sa detaljnim opisom uloga i značajki za pojedinu vrstu skladišta. Detaljno je opisano projektiranje skladišnih objekata koje podrazumijeva određivanje prijemne i otpremne zone, površina za skladištenje artikala, planiranje transportnog puta, ostale skladišne površine i dizajna skladišta. Bitno je naglasiti kako su sve navedene stavke koje obuhvaćaju projektiranje skladišnih objekata iznimno važne i usko povezane s glavnom temom odnosno fokusom diplomskog rada koji se odnosi na ključne pokazatelje performansi skladišnih sustava.

Promatrajući proces određivanja zone za prijem i otpremu, potrebno je odrediti optimalni broj rampi za prijem i otpremu te optimalnu površinu zone za prijem i otpremu čime se može ubrzati protočnost robe kroz skladište. Optimalna širina transportnog puta i pravilan raspored regala ubrzavaju proces komisioniranja artikala koji zahtjeva najviše vremena skladišnog radnika.

U trećem poglavlju prikazane su skladišne operacije prijema robe i uskladištenja, komisioniranja, usluge dodanih vrijednosti, ukrcaj robe te sama otprema robe. Svaka aktivnost detaljno je opisana te je uz to za svaku od navedenih aktivnosti prikazan postotak zauzimanja skladišne površine. Za aktivnost komisioniranja koja zauzima 55% operativnih troškova skladišta, prikazane su metode rutiranja kako bi se poboljšali ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava, a koji se odnose na vrijeme potrebno za komisioniranje.

U četvrtom poglavlju dan je pregled dosadašnjih istraživanja za temu ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava.

U posljednjem poglavlju, prikazan je način izračuna ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava, dok je pregledom dostupne literature dobiven dojam



kako svaki autor na svoj način interpretira pojedini pokazatelj uspješnosti i način njegovog izračuna.

Kroz diplomski rad prikazuju se ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava za sve skladišne operacije sa aspekta vremena, produktivnosti, troška i kvalitete. Kako bi se navedeno dokazalo za primjer se u radu koristi regalno skladište paletizirane robe gdje je za svaki od ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava prikazana definicija te matematička formula s opisom.

## 2. PROJEKTIRANJE SKLADIŠNIH OBJEKATA

Glavna uloga lanca opskrbe je isporuka točno određenih artikala u određenoj količini kupcu koji je istu naručio u određenom vremenu u ispravnom stanju, na određenom mjestu po određenoj cijeni. Objekt koji predstavlja ključnu ulogu u opisanom procesu je skladište.

Točnost isporuke određenih artikala u određenoj količini ovisi o efikasnosti skladišnih procesa komisioniranja i slanja artikala. Za isporuku artikala na pravo mjesto u pravo vrijeme potrebno je pravilno označiti artikl (etiketiranje). Oznaka mora biti razumljiva i na vidljivom mjestu, a artikl mora biti ukrcan na prijevozno sredstvo koje je u mogućnosti ispuniti isporuku u zadanom vremenu.

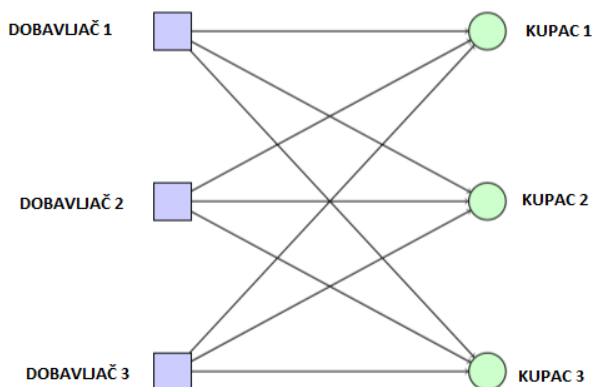
Jedan od glavnih zahtjeva koje je potrebno ispuniti u skladišnom poslovanju je da artikli koji se isporučuju iz skladišta budu u ispravnom obliku odnosno bez oštećenja. Tokom odvijanja navedenih procesa u skladišnom poslovanju potrebno je voditi računa o isplativosti svih procesa kako bi odnos uloženo/dobiveno bio što bolji, drugim riječima da usluga bude ekonomičnija. Iz gore navedenog može se zaključiti kako skladište i skladišni procesi imaju glavnu ulogu za točnost isporuke narudžbe[1].

Jedan od najvećih izazova koji se javljaju u modernim opskrbnim lancima je brza promjena potražnje, to je razlog držanja optimalne količine zaliha kako bi se potražnja uvijek zadovoljila, dok s druge strane takvim načinom poslovanja ne dolazi do nekurentnih zaliha. Oscilacije na strani ponude i potražnje mogu se javljati u obliku sezonalnosti proizvoda na čiju potražnju nije moguće odgovoriti ako skladišni sustavi nemaju zalihe. Zbog toga je važno da su skladišni sustavi u mogućnosti odgovoriti na oscilacije u potražnji za artiklima.

Pravilno poslovanje skladišnih sustava omogućava brz odaziv na velike skokove u potražnji, primjer toga je slučaj kada su artikli u prodavaonicama stavljeni na popust u tom slučaju dolazi do velike potražnje za artiklima, a skladišno poslovanje mora biti takvo da može odgovoriti na povećanu potražnju za tim proizvodima[2].



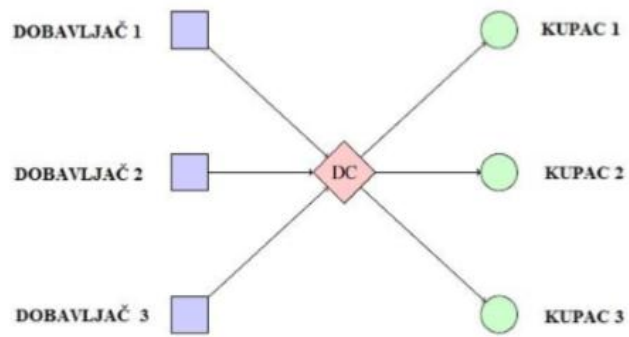
Konsolidacijom artikala u skladištima moguće je smanjiti transportni trošak, koji predstavlja najveći logistički trošak. Konsolidacija artikala postiže se objedinjavanjem pošiljaka različitih dobavljača u veće pošiljke čime se olakšava transport, ali i smanjuje trošak transporta. Na slikama 1 i 2 danim u nastavku prikazan je način konsolidacije pošiljaka. Slika 1. prikazuje neposrednu distribuciju pri čemu se vidi povećanje transportnog puta, odnosno troška ukoliko svaki dobavljač isporučuje pošiljku svakom kupcu pojedinačno. U ovom je slučaju najveći problem je povećanje transportnih troškova što u krajnosti uzrokuje povećanje cijene usluge, a samim time i povećanje krajnje cijene artikala[2].



Slika 1 Neposredna distribucija

Izvor: [2] prilagodio autor

Na slici 2 prikazana je posredna distribucija, odnosno distribucija preko centralnog skladišta. Cilj ovakvog tipa distribucije je konsolidiranje artikala od dobavljača u centralnom skladištu tj. distribucijskom centru nakon čega se roba distribuira prema kupcima. Prednost ovakvog tipa distribucije je smanjenje cijene transporta, ali i manji broj potrebnih manipulacija[1].



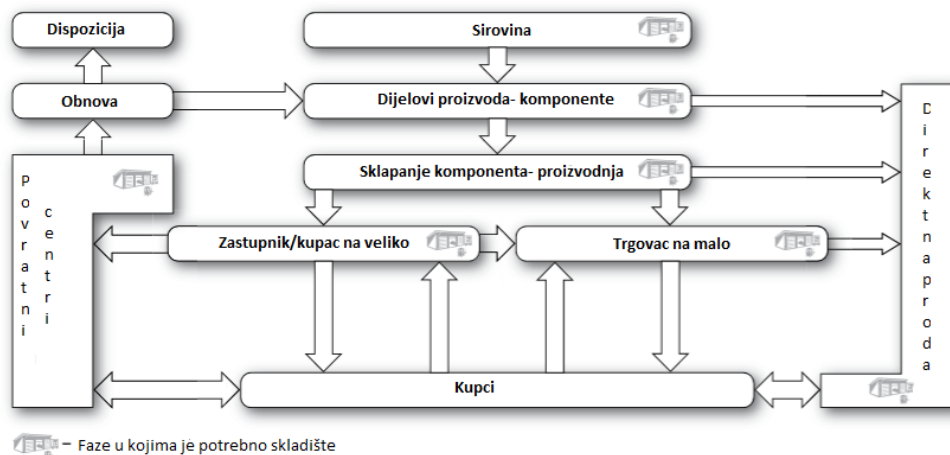
Slika 2 Posredna distribucija

Izvor: [2] prilagodio autor

Današnji lanci opskrbe omogućavaju naručivanje pojedinačno odnosno po želji kupca, stoga skladišta imaju i ulogu personalizacije artikla kupcu. Korak personalizacije omogućuje se na kraju opskrbnog lanca, što bliže kupcu odnosno u skladištima[2].

## 2.1 Vrste skladišnih objekata

Slika 3 prikazuje zastupljenost skladišta u pojedinim fazama opskrbnog lanca. Skladišta mogu biti u samoj fazi sirovina tj. skladišta sirovina, skladišta komponenata tj. dijelova proizvoda i skladišta gotovih proizvoda. Skladišta zastupnika odnosno trgovaca na veliko, trgovaca na malo i centri za povrat proizvoda. Potrebno je naglasiti da se pozicije skladišta razlikuju ovisno o njihovoj ulozi. Skladišta sirovina i komponenata potrebno je locirati što bliže proizvodnji proizvoda, dok skladišta gotovih proizvoda treba locirati što bliže kupcu[2].



Slika 3 Skladišta u opskrbom lancu

Izvor: [1] prilagodio autor

Prema Gwyne R. [1] skladišta prema ulozi u logističkom sustavu možemo podijeliti na:

- Skladišta sirovina,
- Skladišta poluproizvoda,
- Skladišta gotovih proizvoda,
- Konsolidacijski centri i tranzitna skladišta,
- Cross dock skladišta,

- Centri za sortiranje,
- Skladišta za robu u povratu (povratni centri),
- Skladišta institucija javnog sektora,

### 2.1.1 Skladišta sirovina

Ovakav tip skladišta koristi se za skladištenje sirovina, koja su locirana blizu samog mjesta vađenja sirovina iz zemlje ili blizu mjesta proizvodnje. Uloga skladišta sirovina je osigurati neprekinuti proces proizvodnje proizvoda. Mogu biti skladišta plastike, metala, pijesak itd.[1].

### 2.1.2. Skladišta poluproizvoda

Skladišta poluproizvoda se koriste za skladištenje proizvoda u različitim fazama proizvodnje i za prilagodbu proizvoda po želji kupca, prije same faze isporuke proizvoda kupcu[1].

Procesi prilagodbe i sastavljanja poluproizvoda obuhvaćaju aktivnosti:

- Prepakiranje proizvoda, označavanje tj. deklariranje robe,
- Označavanje proizvoda za marketinške svrhe,
- Prilagodba proizvoda za specifičnu zemlju u koju se dostavlja npr. promjena utičnice.

### 2.1.3 Skladišta gotovih proizvoda

Za skladištenje gotovih proizvoda koji su spremni za prodaju koriste se skladišta gotovih proizvoda. Roba se isporučuje zastupnicima tj. dobavljačima ili kupcima na malo. Važan segment skladišta gotovih proizvoda su zalihe proizvoda koje moraju omogućiti zadovoljenje potražnje za proizvodom u uvjetima nestabilne potražnje. Kako

bi se smanjio transportni trošak i poboljšala produktivnost isporuke, skladišta gotovih proizvoda važno je locirati što bliže krajnjem kupcu[2].

#### 2.1.4 Konsolidacijski i tranzitni centri

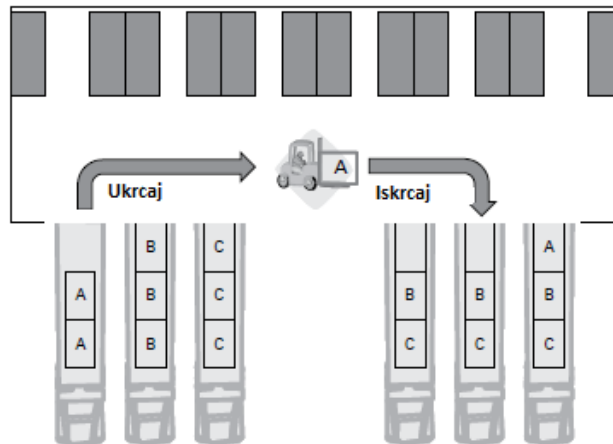
U konsolidacijskim centrima se okrupnjaju artikli iz više izvora tj. od pošiljatelja, potom se vrši proces konsolidacije artikala ovisno o pojedinoj pošiljci nakon čega slijedi ukrcaj i transport. U navedeno se mogu nabrojiti „Just in time“ skladišta iako se svakako tu mogu ubrojiti skladišta koja opskrbljuju maloprodajne objekte[4].

Ukoliko se uspoređuju konsolidacijski centri sa cross dock skladištima nailazi se na razliku koja je predstavljena u nekom vremenskom intervalu. Drugim riječima artikli u konsolidacijskim centrima mogu biti pohranjeni određeno vrijeme u odnosu na cross dock, gdje se zaprimljeni artikli zadržavaju najviše 24 h od vremena preuzimanja bez obzira što oba skladišta imaju skoro pa identičnu funkciju[2].



### 2.1.5 Cross dock centri

Cross Dock prema *Gwyne R.* prikazan je u nastavku na slici 4 iz koje se vidi kako navedeni omogućuju brzi odgovor na potražnju i brzi tok artikala kroz opskrbni lanac. Artikli se prvo iskrcajavaju, zatim se konsolidiraju ovisno o pošiljci za krajnju isporuku i na kraju slijedi ukrcaj na transportno sredstvo.



Slika 4 Cross dock

Izvor: [1] prilagodio autor

Efikasnost ovakvog tipa skladišta očituje se u što manjem vremenu zadržavanja artikala u skladištu. Željeno vrijeme od zaprimanja robe do ukrcaja na transportno sredstvo odvija se u istom danu. Ovakav tip skladišta zahtjeva kvalitetan skladišni sustav, visoku razinu povjerenja prema dobavljaču, te dizajn samog skladišta koji omogućava brz protok artikala. Lokacija na koju se pozicionira ovakav tip skladišta treba biti što bliže velikim gradovima, kako bi se artikli mogli distribuirati brže i uz manji transportni trošak[1].

### 2.1.6. Centri za sortiranje

Centri za sortiranje koriste se za distribuciju pisama, komadni i paletizirani artikli. Artikli koji se sakupe na nekom području, sortiraju se ovisno o poštanskom broju (pisma, komadne pošiljke), konsolidiraju se i distribuiraju ovisno o odredištu. Moguće je uvesti automatsko sortiranje ovisno o bar kodu koji može biti 2D ili 3D, RFID tehnologija.

### 2.1.7 Sabirni centri

Sabirne centre moguće je organizirati kao zasebne elemente ili mogu djelovati u okviru postojećih skladišnih kapaciteta, te su jedan od ključnih elemenata lanca u sustavu povrata artikala. U sabirnim se centrima objedinjuju logističke usluge, pojednostavljuje se postupak procesiranja artikala i odabira kanala u kojem će povrat, u obliku većih količina zaliha distribucijskog lanca ili pojedinačnog artikla. Umjesto nepotrebnoga odlaganja važno je ostvariti najveću moguću vrijednost na određenim tržištima. Jedna od prednosti sabirnog centra očituje se u ekološki prihvatljivom načinu poslovanja.[14]

### 2.1.8 Skladišta institucija javnog sektora

Skladišta koja su u potpori javnog sektora ili vojske, locirana su na strateškim lokacijama za pojedina područja tj. države. Sadrže proizvode koji su potrebni za slučaj prirodnih i političkih nepogoda. Potrebno ih je locirati blizu kriznih područja kako bi reakcija mogla biti brza. Skladišta javnog sektora ne nalaze se u ulozi opskrbnog lanca.

## 2.2 Određivanje nacrtu skladišta

Za određivanje nacrtu skladišta u daljnjem tekstu dizajn skladišta, potrebno je znanje i iskustvo jer je potrebo povezati brojne faktore kao što su skladišne operacije, informacijski sustav, osoblje, financije, upravljanje zalihama. Određivanje dizajna skladišta se može podijeliti kroz nekoliko koraka. U praksi se navedeni koraci često ne obavljaju navedenim redoslijedom, ali ih je potrebno sve provesti jer međusobno ovise jedni o drugima[3].

Pri određivanju dizajna skladišta potrebno je:

- Definirati poslovne zahtjeve i ograničenja za određivanje dizajna,
- Definirati i procesirati potrebne podatke,
- Formulirati bazu za planiranje,
- Definirati operacijske principe,
- Vrednovati tipove opreme,
- Pripremiti unutrašnji i vanjski dizajn skladišta,
- Procijeniti fleksibilnost dizajna skladišta,
- Odrediti kvantitativno količinu skladišne opreme,
- Odrediti potrebu za skladišnim radnicima,
- Procijeniti operativne troškove,
- Odnos dizajna skladišta naspram poslovnih zahtjeva[3].

Prema *Gwyne R.* [1] potrebno je :

- Pribaviti što više relevantnih podataka koje je moguće analizirati,
- Pokušati procijeniti poslovanje za idućih 5-10 godina,
- Fokusirati se na dimenzije skladišta,
- Dizajn skladišta prilagoditi skladišnoj opremi,
- Zdravlje i sigurnost radnika mora biti na prvom mjestu: ergonomska oprema, objekt mora imati osvjetljenje i ventilaciju,
- Reducirati nepotrebna kretanja, tj. optimizirati putovanje prilikom komisioniranja,
- Standardizirati pakiranje radi lakšeg uskladištenja i manipuliranja robom,
- Zadovoljiti pravne regulative,
- Kod vanjskog uređenja potrebno je obratiti pozornost na: pristupne prometnice, parkirališta.

### 2.2.1 Analiza podataka

Analiziranje podataka obuhvaća određivanje vrste i količine artikala, te profil narudžbi. Analiziranjem tih podataka moguće je odrediti optimalne zahtjeve za veličinom te rasporedom prijamne i otpremne zone, prostorom za skladištenje, transportnim putem i prostorom za dodatne operacije kao i prostorom za artikle u povratu.

Određivanje profila u daljnjem tekstu profiliranje proizvoda obuhvaća cijeli asortiman artikala koja se nalazi u skladištu, broj artikala po narudžbi, veličinu i brzinu rukovanja artiklima tj. brzinu obrtaja pojedine palete proizvoda[2]. Potrebno je prepoznati artikle niskog obrtaja, kako se ne bi nagomilali u zalihama i postali nekurentna zaliha, a samim time zauzimali mjesto u skladištu.

Analizom podataka potrebno je odrediti broj isporuka proizvođača po danu, prosječan broj prijem, broj isporuka tj. otpreme artikala prema kupcu i prosječnu količinu artikala u narudžbi. Analizom tih podataka omogućuje se optimalan odabir tipa i opreme za prijem i otpremu artikala.

Prema autorima *Baker i Perotti* 2008, 52% skladišnog prostora koristi se za skladištenje artikala, 17% površine se koristi za komisioniranje, 16% površine se koristi za zone prijema i otpreme, dok se 7% prostora koristi za punjenje viličara ili odlaganje neispravne ambalaže.

Prostor skladišta obuhvaća:

- Prijemnu zonu,
- Zonu za provjeru kvalitete artikala,
- Prostor za ambalažu,
- Transportne puteve,
- Zona za otpremu ,
- Zona za palete i ambalažu,
- Prostor za punjenje viličara,
- Prostore za skladišne radnike,
- Sanitarni čvor.

Podatci koji se promatraju u svrhu određivanja dizajna skladišta moraju biti točni, prikazivati što duži vremenski period, kako bi se moguća odstupanja u nekom periodu smanjila na minimum. Uzimanje prosjeka za neke artikle treba uzeti sa zadržkom, jer se u nekim dijelovima godine tj. vremenskog razdoblja za koje su podatci prikazani pojavljuje sezonalnost pojedinih artikala. Kako bi se odstupanja u prosjecima smanjila na minimum potrebno je koristiti mod i medijan metodu. Njima je moguće odrediti profil najatraktivnijih artikala po narudžbama, tako da se na njih može obratiti veća pozornost[5].

### 2.2.2 Određivanje prijemne i otpremne zone

Određivanje prijemne i otpremne zone prema *Gwyne R.*[1] predstavlja jednu od najvažnijih stavaka kod projektiranja zona u skladištu. Pravilna raspodjela rampi za ukrcaj i iskrcaj, te njihov optimalan broj osiguravaju brzo iskrcavanje i ukrcavanje u

transportna vozila, brz protok artikala kroz skladište te eliminaciju uskog grla na procesu prijema i otpreme artikala. Zadržavanje artikala pri procesima prijema i otpreme može rezultirati kašnjenjem isporuke, krivom isporukom ili oštećenjem robe.

### **Formula za izračun prostora za prijem i otpremu :**

Za izračun prostora za palete PFS (*engl. pallet floor space*) u prijemno/otpremnoj zoni potrebno je umnožak broja vozila i vremena potrebnog za iskrcaj/ukrcaj podijeliti s radnim vremenom jedne smjene. Dobiveni rezultat odnosno količnik pomnožiti s umnoškom broja paleta i dimenzije palete.

$$\text{Prostor} = \frac{\text{Br. vozila na dan} \cdot \text{vrijeme potrebno za iskrcaj}}{\text{radno vrijeme jedne smjene}} \cdot \text{br. paleta} \cdot \text{dim. pal (m}^2\text{)} [1]$$

U dobivenu površinu PFS potrebno je dodati prostor za prilaz i manevriranje viličara, navedeni prostor ovisan je o tipu viličara koji se koristi za procese ukrcaja i iskrcaja vozila. Prostor koji je potreban za prilaz paleti može zauzimati duplo veći prostor koji sama paleta zauzima. Uzevši u obzir paletu koja ima ulaze za viličar sa svih strana, potrebno je 0.5 metara koridora za manevriranje viličarom, znači 2.2 kvadratna metra za manevriranje po paleti. Slaganjem paleta jedne na drugu ukoliko je to moguće dovodi do smanjenja prostora po paleti u prijemno otpremnoj zoni.[3]

### 2.2.3 Površina za skladištenje

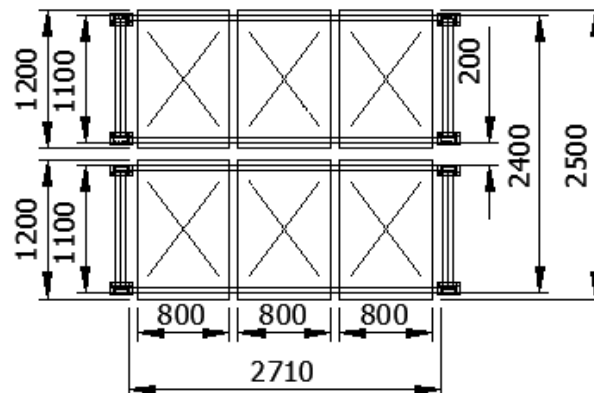
Ako se radi o skladištenju paletizirane robe koristi se regalno skladište. Visina regala određuje se ovisno o visini stropa skladišta i visini doseg a viličara. Kod nepaletizirane robe moguće je preračunati cijelu količinu robe tj. artikala u broj paleta koje je potrebno uskladištiti. Broj artikala po paleti ovisi o nosivosti palete i visini slaganja artikala na paletu.

Tablica 1 Izračun površine prostora za skladištenje

Br. Pro	Količina	Dimenzije				BR. kartona po paleti	BR. kartona na osnovici	BR. razina	Masa svih proizvoda	Visina= roba + paleta	Broj paleta
		Dulj cm	Šir cm	Visina cm	Masa kg						
10779	240	25	40	20	15	48	12	4	740	95	5
30456	16	10	10	15	15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<1
77021	800	10	15	10	0.75	800	80	10	620	115	1

Izvor: [1] prilagodio autor

Tablica 1 prikazuje način preračunavanja količine zasebnih artikala u paletiziranu robu. Kada su poznate dimenzije paletizirane robe, moguće je odrediti dimenzije modula regala. Broj i veličina modula regala ovisi o slobodnoj površini skladišta, kao i o visini stropa skladišta. Broj paleta koje mogu biti uskladištene na jednoj razini regala ovisi o duljini, širini i visini regala kao i o dimenzijama robe na paleti i načinu slaganja paleta.



Slika 5 Regalna mjesta

Slika 5 prikazuje način slaganja Euro paleta na regal sa kraćom stranom s prednje strane. Na ovaj način u jedan modul stanu tri palete. Back- to-back (leđa o leđa) između dva regala iznosi 20 cm, paleta viri izvan paletnog mjesta 5 cm sa svake strane.

Proračun koji iskazuje broj paletnih mjesta:

$$\text{Broj paletnih mjesta} = (\text{br. modula po širini} \cdot \text{br paleta po modulu u širini}) \cdot (\text{br. modula po duljini} \cdot \text{br. paleta po modulu u duljini}) \cdot \text{broj modula po visini} [2]$$

Gdje je:

$$\begin{aligned} \text{Širina modula} &= \text{širina prolaza} + (2 \cdot \text{duljina paleta}) \\ &+ \text{prostor među paletama (back to back)} \end{aligned}$$

Duljina modula

$$\begin{aligned} &= \text{širina vertikalne (stup regala)} + \text{četiri prostora između paleta} \\ &+ \text{tri duljine paleta (kraća strana)} \end{aligned}$$

Visina modula

$$\begin{aligned} &= \text{visina paleta s robom} + \text{visina čistog prostora iznad paleta} \\ &+ \text{visina regalne šipke} \end{aligned}$$

Idealna popunjenost skladišta prema *Bartholdi J.* [2] iznosi 85%, gdje su produktivnost i sigurnost u skladištu idealne. Ukoliko popunjenost skladišta preraste idealnu popunjenost, skladišni procesi postaju sporiji te upravljanje njima postaje teže.

Orijentacija dulje ili kraće strane paleta, prema prednjoj strani paletnog mjesta bitan je faktor. Skladištenje paleta s duljom stranom paleta orijentiranom prema naprijed omogućava lakše manevriranje paletom pomoću viličara, no isto tako smanjuje broj paletnih mjesta. Kod skladištenja paleta s kraćom prednjom stranom prema naprijed omogućuje se veća fleksibilnost.



U slučaju euro paleta, ako je prednja strana kraća moguće je uskladištiti tri palete u jedan modul. Ovakvim načinom skladištenja moguće je uštedjeti do 4% prostora[5].

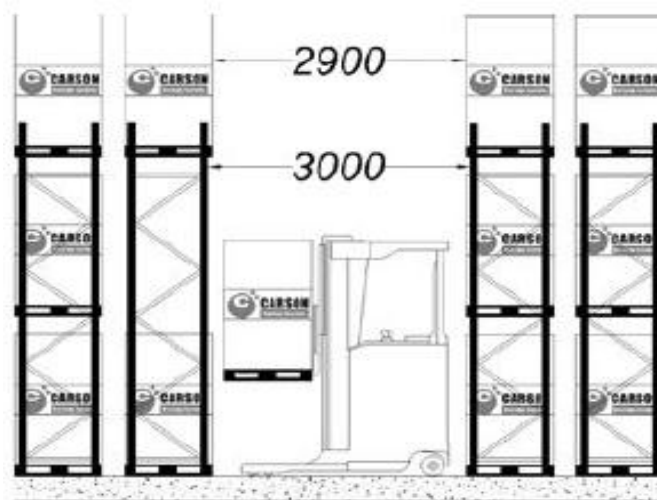
Kod skladišta u kojima su artikli niskog obrtaja, a sličnog asortimana moguće je koristiti dvostruke regale u svrhu uštede prostora i povećanja kapaciteta skladišnih pozicija. Ukoliko se radi o djelomičnom komisioniranju paleta, tj. u slučaju kada se uzima samo dio artikala s palete, komisioniranje se obavlja na podnoj tj. komisionoj razini.

Idealan raspored poprečnih putova kod skladišta s regalima doprinosi smanjenju vremena vožnje kod procesa komisioniranja robe.

## 2.2.4 Širina transportnog puta

Širina transportnog puta predstavlja udaljenost između rubova paleta koje se nalaze na regalima. Širina mora biti dovoljna za mimoilaženje viličara i njegovo slobodno manevriranje sa paletama.

Sigurnosni prostor s obje strane paleta, kojom viličar manevrira mora biti 100 mm (200mm ukupno). Druga bitna dimenzija koja se koristi kod određivanja širine je duljina viličara kada je pozicioniran okomito na skladišnu poziciju[2].



Slika 6 Širina transportnog puta

Izvor: [1] prilagodio autor

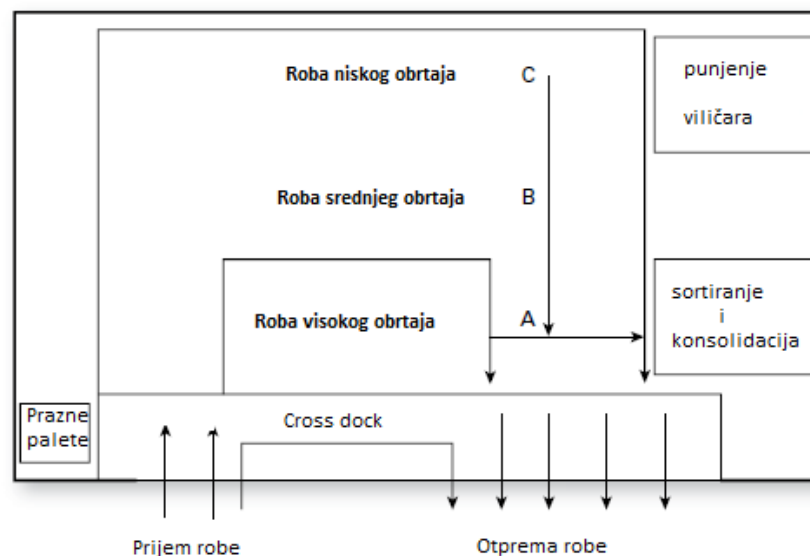
Svaki proizvođač viličara daje podatke ovisno o tipu viličara. Proračun optimalne širine transportnog puta Slika 6 osigurava lakše manipuliranje robom, povećava produktivnost i iskoristivost prostora, fleksibilnost i sigurnost skladišnih radnika. Potrebno je naći idealan balans između brzine putovanja viličara tj. pređenog transportnog puta i kapaciteta skladišta. Povećanjem transportnih puteva (dodavanje poprečnih puteva) moguće je ubrzati transportne puteve, ali se time smanjuje kapacitet skladišnih mjesta[1].

## 2.2.5 Ostale skladišne površine

Veličina površine za pakiranje, dodatne vrijednosti i proces povrata ovise o tipu skladišta i robe koja se u njemu nalazi i opremi koja je za te procese potrebna. Potrebno je uračunati i površine za punjenje viličara, prostor za skladišne radnike i sanitarni čvor.

## 2.3 Primjer dizajna skladišta

Dizajn samog skladišta ovisi o obliku i veličini skladišta, dostupnosti, skladišnoj opremi.



Slika 7 Primjer dizajna skladišta

Izvor: [1] prilagodio autor

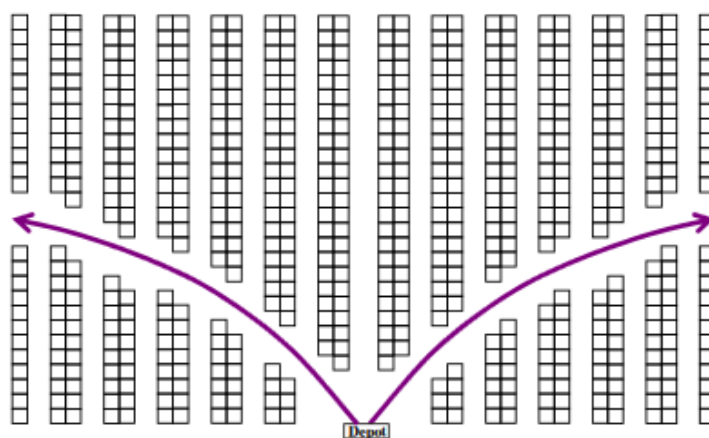
Slika 7. prikazuje dizajn skladišta na kojemu su prijemna i otpremna zona na istoj strani. Prijem se nalazi na lijevoj strani, a otprema robe na desnoj strani prijemno/otpremane zone. U sredini prijemno/otpremane zone postavljena je zona za

cross dock, gdje su artikli pozicionirani prema brzini obrtaja. Artikli visokog obrtaja nalaze se najbliže prijemno/otpremnoj zoni, kako bi se smanjilo vrijeme putovanja prilikom procesa komisioniranja. Artikli srednje brzine obrtaja se nalaze odmah iza artikala visoke brzine obrtaja. Artikli niskog obrtaja su najudaljeniji od zone prijema i otpreme. U skladišnom nacrtu prikazani su prostori za sortiranje i konsolidaciju, prostor za punjenje viličara i prostor za prazne palete. Prostor za konsolidaciju nalazi se odmah uz zonu otpreme kako bi se smanjilo vrijeme putovanja do zone otpreme[4].

Karakteristike ovakvog dizajna skladišta su:

- Prijem i otprema su na istoj strani skladišta
- Atraktivne lokacije postaju još atraktivnije, manje atraktivne lokacije postaju još manje atraktivne.
- Pogodan je za robu izražene ABC klasifikacije
- Moguća je fleksibilnost zone otpreme i prijema ovisno o količini robe za prijem ili opremu[4].

Flying-V dizajn skladišta Slika 8 ima obilježja regalnog skladišta, s regalima koji su postavljeni po stupcima, ali umjesto poprečnih putova koji su okomiti na regale ima transportni put koji je zaobljen kao krivulja u obliku slova V proteže se od sredine zone prijema i otpreme do samog ruba skladišta s lijeve i desne strane.

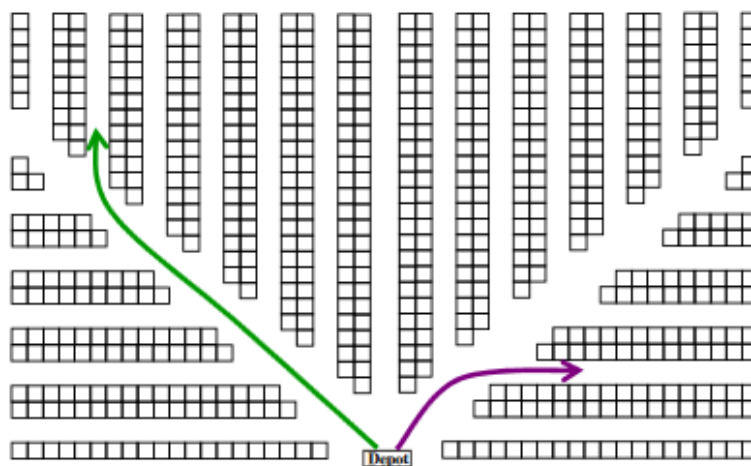


Slika 8 Flying-V

Izvor:[6]

Ovakav tip dizajna skladišta smanjuje putovanje viličara do 10% za razliku od običnog regalnog skladišta bez poprečnih puteva. Jedan od nedostataka ovakvog dizajna skladišta je ta što viličarist mora napraviti oštri okret viličarom kada posjećuje lokacije s donje strane prolaza. Za smanjenje tog problema koristi se dizajn skladišta poznat kao riblja kost.

Riblja kost slika 9 predstavlja dizajn skladišta koji se koristi kod regalnih skladišta. Regali u donjem dijelu skladišta postavljeni su okomito na regale u gornjem dijelu skladišta.



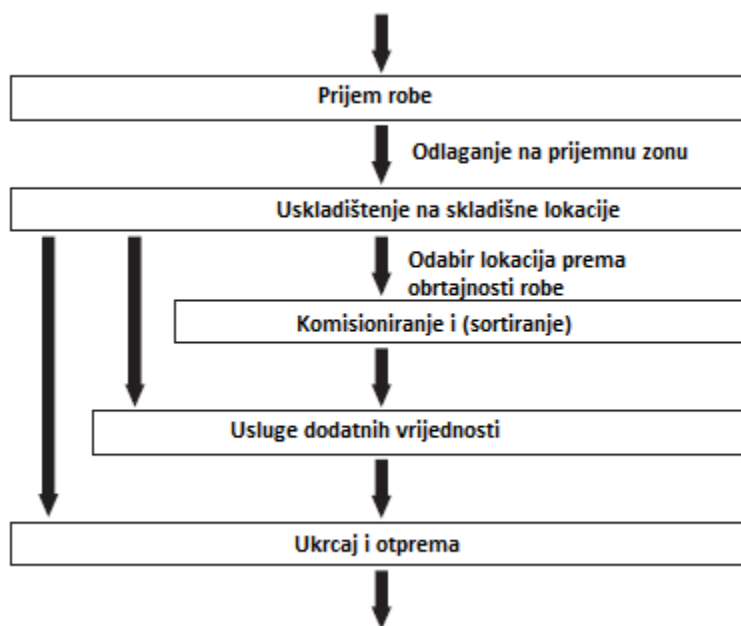
Slika 9 Riblja kost

Izvor:[6]

Prethodno opisanim rasporedom skladišta moguće je lakše sakupljanje na gornjim lokacijama iznad V prolaza iz razloga što nije potrebno okretanje viličara. Za lokacije u donjem dijelu skladišta potreban je okret za devedeset stupnjeva jer su regali postavljeni okomito čime je riješen problem oštrog skretanja kao kod Flying-V dizajna skladišta. Ovakav dizajn skladišta omogućuje 30% manje vremena putovanja viličara nego kod klasičnog regalnog skladišta.[5]

### 3 Operacije u skladišnim sustavima

Skladište mora biti isplanirano kako bi se mogli zadovoljiti zahtjevi opskrbnog lanca. Vrste skladišta su već objašnjene u prijašnjem poglavlju rada, razlikuju se potpuno automatizirana skladišta i skladišta u kojima se operacije vrše manualno. Neovisno o stupnju automatizacije skladišta, postoje skladišne operacije koje su tipične za sva skladišta.



Slika 10 Skladišne operacije

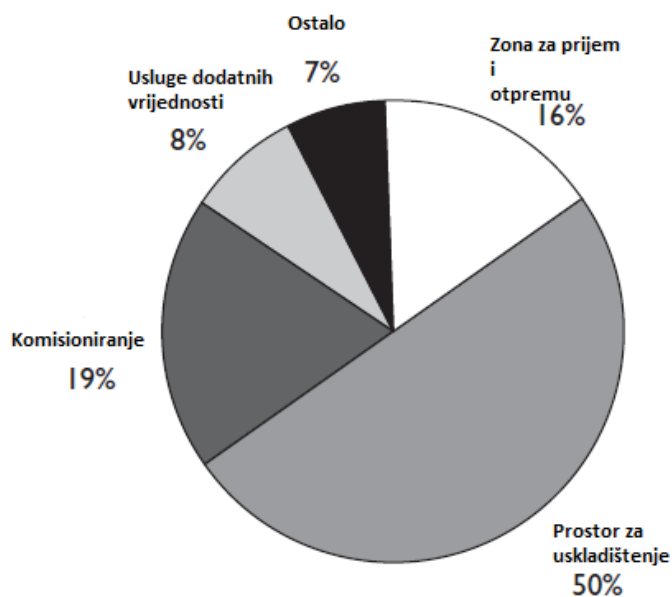
Izvor:[3] prilagodio autor

Slika 10 prikazuje protok artikala kroz skladište koji počinje procesom prijema. Prijem uključuje iskrcaj artikala s transportnog sredstva, pregled ispravnosti artikala i papirologije, te unos u sustav za praćenje artikala u skladištu. U procesu prijema artikala moguće je preslagivanje pristigle pošiljke u više manjih jedinica za uskladištenje. Proces prijema završava odlaganjem artikala na prijemnu zonu. Nakon procesa prijema, artikle je potrebno uskladištiti. Ovisno o načinu skladištenja artikli se

skladište na regale, podno, u blokove. Potrebno je odrediti optimalnu lokaciju za skladištenje.

Nakon primitka narudžbe od kupca, dolazi do procesa komisioniranja, koje je potrebno izvršiti točno prema količini i tipu naručene robe. Jedinica za komisioniranje može biti paleta ili samo dio artikala na paleti, u slučaju manje količine potrebno je paletu spustiti na komisionu razinu gdje se uzimaju naručeni artikli[5].

Proces komisioniranja predstavlja glavnu aktivnost u skladištu i najveći trošak od svih aktivnosti u skladištu. Usluge dodatnih vrijednosti mogu obuhvaćati prepakiranje artikala, dodavanje promotivnih letaka ili personaliziranje samih artikala čiji je proces opisan u prvom poglavlju rada. Nakon komisioniranja artikli se odlažu na otpremnu zonu gdje se na otpremnoj zoni konsolidiraju prema pošiljci, bilo da se radi o zbirnom prijevozu ili FTL (*engl full track load*) pošiljci[6].



Slika 11 Zauzimanje skladišne površine ovisno o skladišnoj operaciji

Izvor:[3] prilagodio autor

Slika 11 prikazuje ovisnost zauzimanja skladišne površine i skladišnih operacija. Prostor za uskladištenje zauzima najviše skladišne površine, on se može optimizirati tako da se artikli skladište regalno. Na istoj površini moguće je slagati artikle na regale u visinu (ovisno o visini stropa) i time povećati količinu uskladištenih artikala po određenoj površini. Prostor za komisioniranje zauzima 19% i podrazumijeva transportne puteve koji moraju biti dovoljni široki da omoguće sigurno manevriranje robom i viličarom. Zona za prijem i otpremu zauzima 16% skladišne površine, obje se mogu nalaziti na istoj strani i na različitim stranama ako se radi o protočnom skladištu. Prostor za dodatne vrijednosti zauzima 8% skladišne površine, dok prostor za ostale aktivnosti zauzima 7% površine. Pod ostalo može se ubrojiti prostor za skladišne radnike, prostor za punjenje viličara i odlaganje neispravne ambalaže[3].

### 3.1 Prijem i uskladištenje

Prijem predstavlja prvi proces tokom uskladištenja artikala u skladište. Proces prijema započinje najavom za dolaskom transportnog sredstva u skladište, zatim slijede procesi identifikacije artikala, provjera ispravnosti pakiranja, te ispravnosti samih artikala i istovar. Artikli se fizički istovaruju iz prijevoznog sredstva uglavnom pomoću ručnog viličara te se uz pomoć barkod čitača vrši skeniranje barkoda. Barkod čitač omogućava unos robe u WMS (*engl. Warehouse management system*) kako bi se kasnije lakše vodila evidencija o uskladištenim artiklima[8.]

Kod procesa prijema potrebno je osigurati potrebnu skladišnu opremu, važno je naglasiti kako prijemne rampe moraju odgovarati visini kamiona, a viličari moraju biti potrebnih dimenzija radi manevriranja artiklima unutar vozilu pri istovaru. Ako se radi o skladištima koja rade pri određenom temperaturnom režimu potrebno je onemogućiti ulazak vanjskog zraka u skladište, odnosno skladišna rampa mora sadržavati gumeni rub.

Kako bi se povećala sama produktivnost prijema robe važno je osigurati normalno funkcioniranje protoka, odnosno potrebno je pratiti sljedeće korake[1]:



- Osigurati skladišne procese za većinu dobavljača,
- Smanjiti količinu kontrole dolaznih dostava,
- Imati prioritet na promocijskim artiklima i artiklima s niskom razinom zalihe,
- Planirati pohranu robe i osigurati da je artikl smješten na točnu lokaciju koja je dodijeljena prema sustavu,
- Fokus na korištenje cross-dock sustava.

Kontinuirano praćenje podataka o artiklima putem WMS sustava omogućuje optimalan raspored artikala kako u prijemnoj zoni tako i u samom prostoru za uskladištenje. Pravilnim praćenjem podataka osigurava se točniji raspored slaganja artikala, nego što bi bio ljudskim faktorom skladišnog radnika.

Za pravilnu klasifikaciju podataka potrebno je obraditi podatke:

- Dužinu, širinu, visinu, mase artikala na paleti,
- Potrebno je provesti ABC analizu gdje će artikli bržeg obrtaja biti bliže prijemne zone,
- Trenutne narudžbe, u slučaju da robu ne treba uskladištiti već je samo prekrcati na drugo prijevozno sredstvo,
- Sličnost asortimana artikala,
- Grupiranje artikala prema prodavačima,
- Veličinu skladišnih lokacija.

Odabir fiksne skladišne pozicije za određeni asortiman artikala omogućuje skladišnom osoblju brži nalazak same skladišne pozicije. Problem nastaje ukoliko skladišna pozicija nije popunjena jer tip artikla za određenu skladišnu poziciju ne postoji. U tom slučaju potrebno je skladištiti artikle drugog tipa proizvoda tj. asortimana koji je najbliži slobodnoj skladišnoj poziciji[7].

Potrebno je uzeti u obzir specijalnu vrstu artikala kao što su lako zapaljivi artikli ili artikli koji su u carinskom postupku, takva vrsta artikala je izmještena od ostatka robe, ako se radi o lako zapaljivim artiklima potrebno je instalirati aparate za gašenje požara, raspršivače.

### 3.2 Komisioniranje

Nakon zaprimanja narudžbe dolazi do provjere artikala u skladištu u svrhu identifikacije dovoljne količine artikala, kreiraju se liste namijenjene skladišnim radnicima koje će ih voditi kroz proces komisioniranja. Na kraju se izrađuje potrebna dokumentacija i priprema se komisioniranje te otprema[9].

Proces komisioniranja predstavlja skladišni proces koji uključuje najviše rada i ujedno predstavlja najveći trošak od 55% operativnih troškova skladišta.

Proces komisioniranja može razložiti kao[10]:

*Tablica 2: Aktivnosti u procesu komisioniranja*

Aktivnost	Udio u vremenu za komisioniranje [%]
Putovanje	55
Traženje	15
Izuzimanje robe	10
Papirologija i druge aktivnosti	20

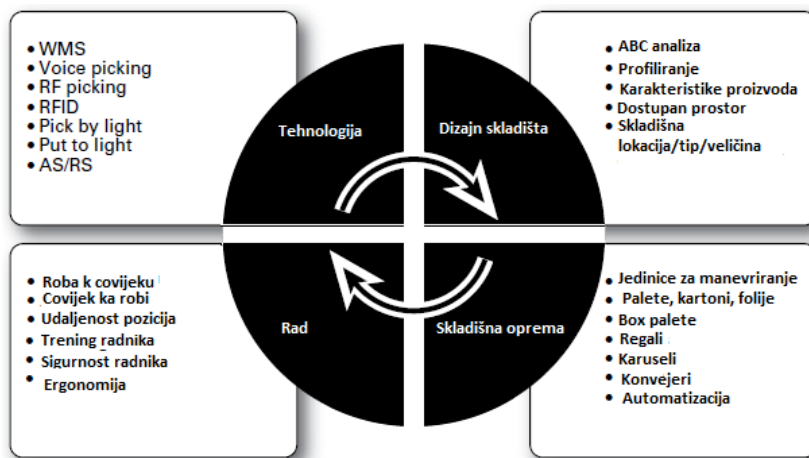
Izvor:[10] prilagodio autor

Iz tablice 2 je vidljivo kako je udio troška putovanja u aktivnosti komisioniranja najveći. Kada se pristupa optimizaciji samog procesa komisioniranja potrebno je staviti naglasak na optimizaciju vremena putovanja. Vrijeme putovanja uvelike je moguće reducirati pravilnim izgledom skladišta i raspodjelom transportnih puteva.

#### 3.2.1 Optimizacija procesa komisioniranja

Optimizacija procesa komisioniranja može se postići i upotrebom WMS sustava gdje će se narudžba koja je pristigla skladišnom osoblju, presložiti prema pozicioniranim artiklima u skladištu kako bi se izbjeglo duplo putovanje ili putovanje kojim se

nepotrebno povećava prijeđeni put. Jedan od izazova za komisioniranje su koleta koja su količinski pakirana na manje jedinice, manje od palete tu se najprije misli na male pakete pa čak do jednog artikla iz kartonskog pakiranja. U takvom slučaju paletu je potrebno spustiti na komisionu razinu te izuzeti s palete kartonsko pakiranje ( ili manje).



Slika 12 Međuovisnost u procesu komisioniranja

Izvor:[1] prilagodio autor

Slika 12 pokazuje međuovisnost tehnologije, dizajna skladišta, rada i skladišne opreme u procesu komisioniranja. Kako bi se komisioniranje učinilo optimalnim i omogućio protok robe kroz skladište svaki od nabrojanih segmenata moraju djelovati skladno.

U prvom poglavlju rada je detaljno prikazan proces odabira dizajna i tipa skladišta ovisno o ulozi u opskrbnom lancu. Artikle je potrebno pozicionirati prema ABC klasifikaciji tj. prema obrtajnosti. Samim pozicioniranjem visokoobrtajnih artikala bliže zoni prijema i otpreme (ovisno o izgledu skladišta) smanjuje se duljina putovanja. Dizajn samog skladišta uvelike ovisi i o tipu artikala, ako je skladište namijenjeno za artikle koji zahtijevaju određene temperaturne režime. Skladište je potrebno opremiti određenim rashladnim uređajima i hladnjačama.

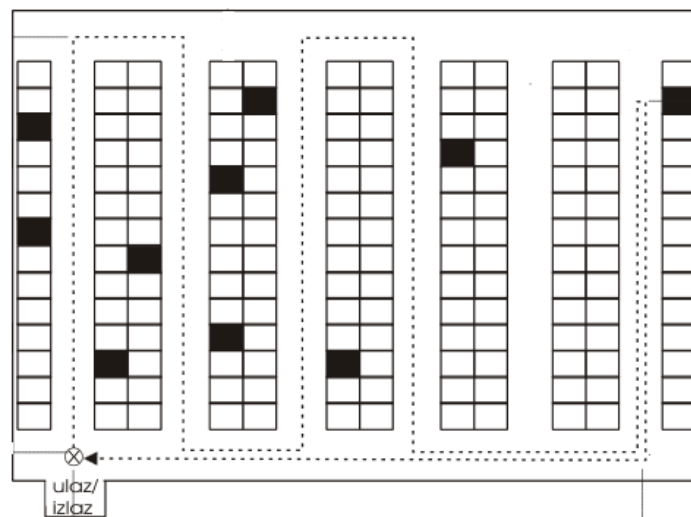
Skladišna oprema koja se koristi u procesu komisioniranja mogu biti palete, kartonska pakiranja, box palete. Za robu koja može biti paletizirana koriste se palete, iste imaju prednost lake manipulacije viličarom, standardizirane su dimenzije što

omogućuje standardiziranje skladišnog mjesta. Box palete mogu se koristiti za komadnu robu koja nije idealna za običnu paletu, te su najčešće metalne.

### 3.2.2. Metode rutiranja u procesu komisioniranja

- **Metoda serpentinskog komisioniranja (metoda S-oblika)**

Najjednostavniji način kretanja komisionera prilikom prikupljanja je korištenjem metode S-oblika (*engl. S-shape method*). Svaki prolaz koji sadrži barem jednu poziciju iz koje treba izuzeti artikl prolazi se cijelom duljinom. Ostali prolazi se izbjegavaju. Nakon što su svi artikli prikupljeni, komisioner se vraća prednjim glavnim prolazom do početne točke. Na slici 13 prikazan je primjer rute prikupljanja metodom S-oblika.



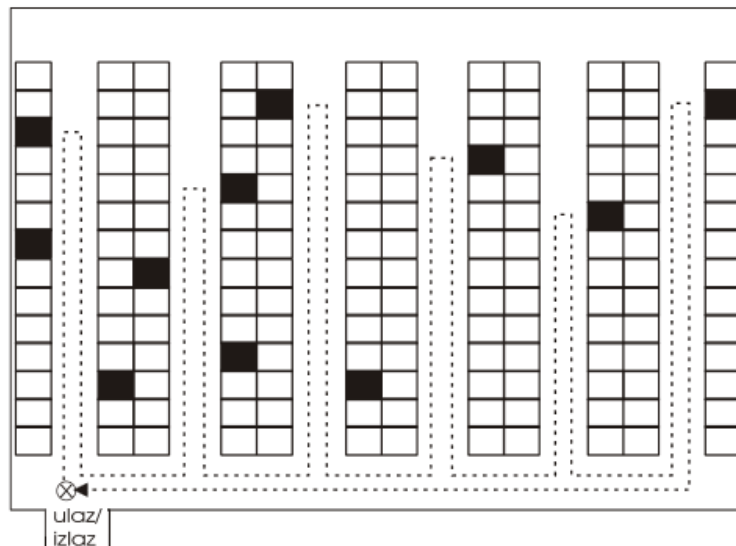
Slika 13 Serpentinsko komisioniranje

Izvor:[11]

Ova metoda je vjerojatno najčešće korištena metoda rutiranja u praksi. Posebno je prigodna ukoliko se koristi transportno sredstvo koje ne može jednostavno mijenjati smjer kretanja unutar prolaza[11].

- **Metoda povratka**

Metoda povratka također je jedna od jednostavnijih metoda rutiranja. Ovom metodom komisioner ulazi u prolaze između regala isključivo iz prednjeg prolaza, te se nakon prikupljenog artikla okreće i izlazi na istoj strani. Primjer rute ovom metodom prikazan je na Slici 14. Ova metoda je jedina moguća u skladištima sa samo jednim poprečnim prolazom.



Slika 14 Metoda povratka

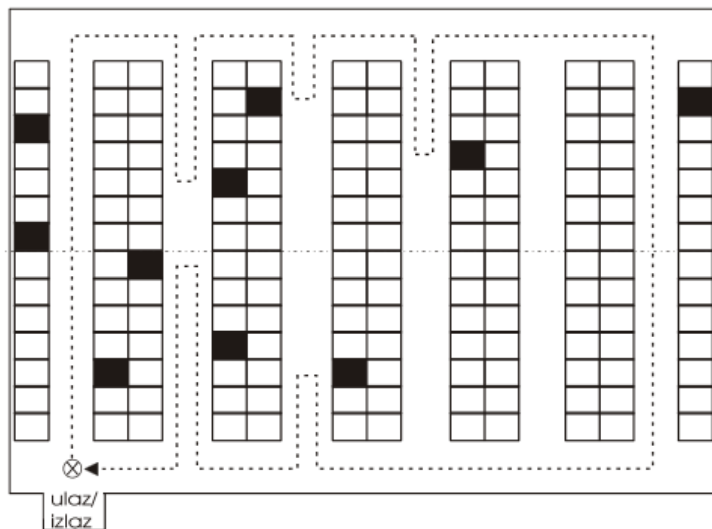
Izvor:[11]

U situacijama s relativno širokim prolazima između regala, postoji potreba za dodatnim kretanjem komisionera od jedne do druge strane glavnog prolaza, ova metoda može dati bolje rezultate od ostalih metoda[11].

- **Metoda srednje točke**

Metodom srednje točke skladište se podijeli u dvije polovice. Prikupljanje u prednjoj polovici obavlja se ulaskom komisionera iz prednjeg prolaza, dok se prikupljanje u stražnjoj polovici obavlja ulaskom komisionera iz stražnjeg prolaza.

Samo se prvi i zadnji prolaz prolaze cijelom duljinom[5]. Primjer ove rute prikazan je na Slici 15.

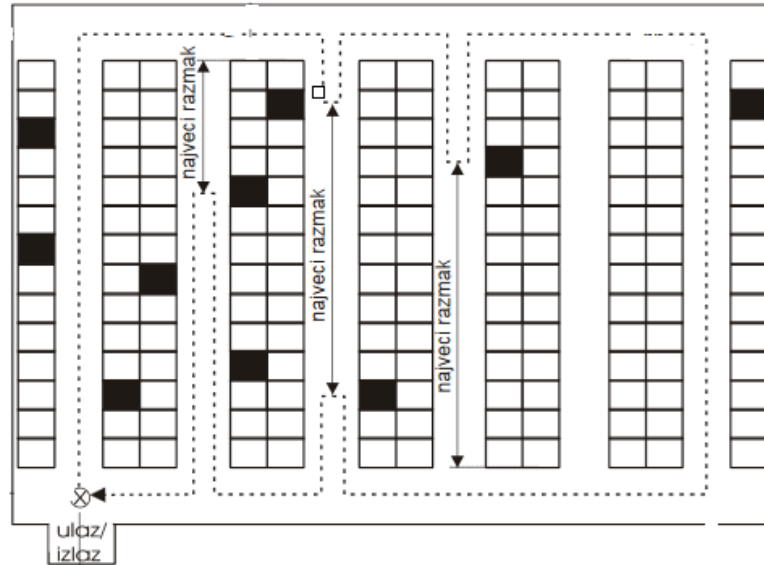


Slika 15 Metoda srednje točke

Izvor:[11]

- **Metoda najvećeg razmaka**

Metodom najvećeg razmaka komisioner slično kao i kod metode srednje točke, prvi i zadnji prolaz prolazi u cijelosti. U ostale glavne prolaze ulazi i izlazi s iste strane, na način da se najveći razmak ne prolazi. Primjer rute metodom najvećeg razmaka prikazan je na slici 16.



Slika 16 Metoda najvećeg razmaka

Izvor:[11]

Najveći razmak definira se kao najveća udaljenost između dvije susjedne tražene lokacije u prolazu između prve tražene lokacije u prolazu i prednjeg prolaza odnosno zadnje tražene lokacije u prolazu i stražnjeg prolaza[11].

### 3.3 Usluge dodanih vrijednosti

Današnja skladišta sve češće vrše usluge dodanih vrijednosti. Neka skladišta daju dio svog prostora firmama koje koriste outsourcing za pružanje usluga servisa.

Usluge dodanih vrijednosti obuhvaćaju:

- Prepakiravanje,
- Vaganje,
- Obilježavanje proizvoda na akciji (3+1gratis),
- Sklapanje proizvoda,
- Popravak.

Nabrojene aktivnosti omogućuju prodavateljima posvećenost poslu prodaje jer se ove aktivnosti vrše u skladištu.

### 3.4. Ukrcaj

Pri operaciji ukrcaja potrebno je optimalno iskoristiti tovarni prostor, pri ukrcaju robe potrebno je obratiti pažnju da ne dođe do oštećenja artikala a neiskorišteni prostor u vozilu povećava troškove transporta. Artikli koji vise preko ruba palete trebaju biti pravilno osigurani (folijama) kako ne bi došlo do raspadanja artikala na paleti dok isti na paleti moraju biti pravilno složeni kako bi se minimizirao rizik od oštećenja, maksimizirao kapacitet tj. (kubikaža) i stabilnost artikala na paleti.

### 3.5. Otprema

Proces otpreme se najčešće odvija pred kraj radnog vremena skladišta, jer su pristigle narudžbe najčešće za idući dan. Ukoliko se zona za prijem i otpremu nalaze na istoj strani skladišta potrebno je voditi računa da u kasnijim satima kada se vrši otprema bude dostatan broj rampi, viličara i skladišnog osoblja za proces otpreme.

Skladišna zona otpreme mora biti ocrтана na podu skladišta, idealno je ocrтati veličinu prostora koji zauzima jedna kamionska pošiljka. Cijele kamionske pošiljke (FTL full track load) su idealne radi lakše organizacije procesa otpreme, potrebno ih je izvršiti u cijelosti bez prekidanja operacije otpreme da bi se izbjegla nepotrebna dupla putovanja[10].



## 4. Praćenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava

Upravljanje skladišnim sustavima nalazi se na samom vrhu zahtjeva bilo koje logističke kompanije zato što se njime direktno može utjecati na razinu usluge tj. zadovoljstvo kupca, i krajnju cijenu usluge, također predstavlja veliki izazov jer zahtjeva poznavanje svih procesa i posjedovanje vještina upravljanja.

Prema *Gwyne Richards* [1] kontinuirano mjerenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava je neophodno kako bi se pratio proces napretka. Poslovanje samog skladišta predstavlja kontinuirani balans između troška i visine usluge tj. grešaka ( ako je razina usluge niska). Važnost skladišta u cijelom lancu opskrbe potrebno je sagledati s osobitom važnošću jer se skladište nalazi pri samom kraju lanca opskrbe, te je ono segment lanca opskrbe koji se nalazi blizu kupca tj. samog korisnika i lako može unaprijediti ili unazaditi cijeli logistički proces.

Uspješnim vođenjem skladišta žele se postići optimizacije brojnih parametara odjednom kao što su: smanjenje duplih operacija, smanjenje troška, dostava na vrijeme, točnost narudžbe. Praćenjem ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava želi se utvrditi funkcionira li skladište optimalno.

Ključne performanse skladišnih sustava uključuju:

Razina usluge:

- Postotak narudžbi koji je poslan na vrijeme,
- Vrijeme isporuke,
- Povrat robe radi nezadovoljstva kupca,
- Raspoloživost optimalne razine zaliha u skladišta.

Operacijska efikasnost:

- Broj komisioniranih proizvoda po osobi u satu,
- Broj komisioniranih narudžbi po osobi u satu,
- Raspoloživost skladišne opreme (npr. broj sati za koje je raspoloživ viličar za rad, bez punjenja baterije).

Troškovna efikasnost (*engl. cost efficiency*):

- Trošak po proizvodu (trošak koji uključuje sve aktivnosti od ulaza to izlaska robe iz skladišta),
- Trošak po uskladištenoj paleti,
- Troškovi: osoblja, prostora, održavanja opreme, pakiranja.

Iskorištenje resursa:

- Iskorištenje kapaciteta prostora koji zauzima paleta,
- Broj radnih sati u danu u kojima je iskorištena skladišna oprema,
- Broj radnih sati radnika.

Točnost razine zaliha:

- Postotak lokacija s točnom razinom zaliha (razina zaliha koja se nalazi u sustavu za nadziranje zaliha i stvarna razina zaliha),
- Zadržavanje zaliha u skladištu (opasnost od nekurentne zalihe).

Vrijeme ciklusa:

- Prosječno vrijeme potrebno od zaprimanja robe na skladište do samog uskladištenja robe,
- Prosječno vrijeme od zaprimanja narudžbe kupca do isporuke robe.

Sigurnost:

- Broj dana bez nesreće,

- Broj dana koje radnici provedu u treningu za sigurnost,
- Posvećenost povećanja sigurnosti i sprječavanju nesreća.

Okoliš:

- Potrošnja struje, vode,
- Reciklaža otpadnih voda,
- Postotak recikliranja ambalaže artikala u povratu.

Ovisno o ulozi skladišta moguće je drugačije praćenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava, ako se radi o skladištima za robu u povratu, moguće je i uračunati broj oporabljenih proizvoda, broj obnovljenih proizvoda.

Potrebno je odrediti performanse za praćenje prema ulozi skladišta kao i odabir operacija koje se žele optimizirati. Primjerice, promjena veličine narudžbe može rezultirati puno većim radnim opterećenjem za skladište (na istoj propusnoj moći) te na taj način može predstavljati očito smanjenje performansi. To je razlog zašto se pridaje velika pažnja kada se uspoređuju performanse u različitim tipovima skladišta. Budući da se mjerene izvedbe mogu usporediti samo u istom operativnom kontekstu (to može značajno varirati unutar iste tvrtke). Ipak operativni parametri uključuju:

- 1) Propusnost,
- 2) Broj jedinica za skladištenje,
- 3) Karakteristike robe za skladištenje,
- 4) Broj proizvoda po narudžbi,
- 5) Zahtjevi za dodane vrijednosti u narudžbi.

Ovih pet performansi predstavljaju glavne performanse koje se kasnije detaljno mogu razložiti ovisno o skladišnim operacijama.

Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava omogućuju mjerenje uspješnosti skladišnih procesa te samim time omogućuju njihovu optimizaciju. Sa aspekta skladištenja potrebno je osigurati točnost, kvalitetu, vremenski okvir i novčanu

efikasnost procesa u skladištu. Osiguranjem navedenih aspekata postiže se proces skladištenja s visokim performansama i zadovoljstvo kupca usluge, omogućuje se isporuka robe u pravom obliku na pravo mjesto u pravo vrijeme.

Postoje brojni razlozi zašto je potrebno mjerenje performansi skladišnih sustava:

- Osigurati zadovoljstvo kupca,
- Osigurati kontinuirani napredak i poboljšanje u skladišnim operacijama,
- Identificirati potencijalne probleme, ispraviti ih prije nego što postanu problem,
- Osigurati uhodanost osoblja.

Potrebno je vršenje mjerenja performansi skladišnih sustava u svrhu zadržavanja kupca, kontinuiranog poboljšanja performansi te smanjena rizika od gubitka kupca i povećanja troškova.

Slanjem krivog tipa, količine ili oštećenih artikala dolazi do opasnosti od:

- Potrebe za dodatnom količinom zalihe,
- Potrebne za osiguranjem povrata,
- Skladišni radnici moraju ponoviti skladišne procese komisioniranja, pakiranja, slanja,
- Artikal mora u otpis ako je korišten, ili mu se smanjuje vrijednost,
- Postoji rizik od gubitka kupca.

Prema *WERC and Supply Chain Visions* [13] ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava su prikazani kroz neke od segmenata skladišnih operacija:

- Isporuka na vrijeme,
- Točnost isporučene narudžbe,
- Prosječno vrijeme od trenutka narudžbe do isporuke,

- Točnost komisioniranja,
- Broj ukrvanih paleta na sat,
- Povrat robe radi krivo komisioniranih proizvoda.

Prema *Ackerman (2003)*, potrebno je mjeriti četiri glavna pokazatelja performansi u skladištu:

- Pouzdanost,
- Fleksibilnost,
- Troškove,
- Iskorištenje skladišta.

Pouzdanost uključuje isporuku na vrijeme, točnost, iskorištenje skladišnog prostora. Ciklus od narudžbe do isporuke robe najbolje prikazuje fleksibilnost usluge jer pokriva sve procese od samog naručivanja robe, slaganja narudžbe, komisioniranje, pakiranja do isporuke.

Trošak predstavlja postotak u prodaji i produktivnosti naspram radnih sati. Iskorištenje skladišne površine obuhvaća efikasno iskorištenje površine skladišta, skladišne opreme i osoblja. Najbolji primjer određivanja iskorištenja skladišne površine je iskorištenje kubične iskoristivosti skladišta. Iskorištenje tj. popunjenost skladišnih pozicija u odnosu na broj skladišnih pozicija koje skladište ima. Prema *Frazelle (2002)* idealna popunjenost skladišta je 85%, produktivnost i sigurnost pada eksponencijalno porastom za svaki idući postotak.

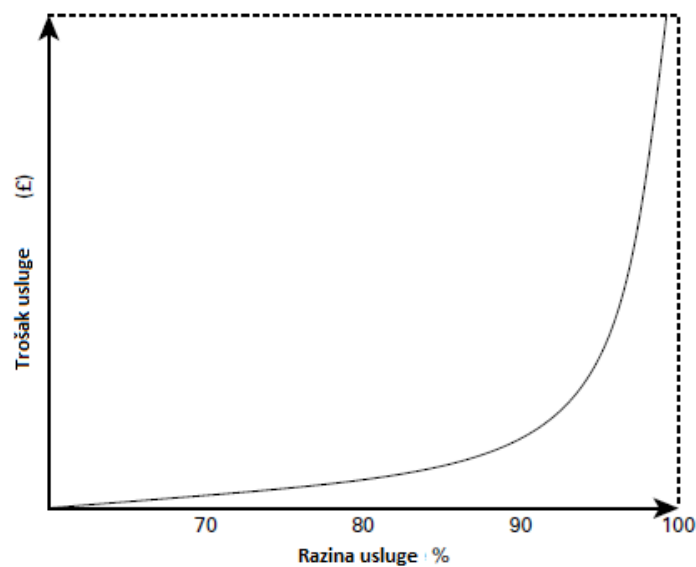
Najčešće tvrtke koriste outsourcing skladišta te nastoje držati popunjenost skladišta što većom radi veće isplativosti skladišnog prostora, čime smanjuju efikasnost skladišnih operacija.

Prema *Slack (2001)* performanse predstavljaju široko polje od ekonomskih do operacijskih pokazatelja. Poboljšanjem performansi se postiže:

- Ubrzavanje operacija što omogućuje brži protok robe kroz skladište,
- Fleksibilne operacije koje se prilagođavaju trenutnoj situaciji,

- Niži troškovi što osigurava veću zaradu.

Prema autorima *Rushton, Croucher i Baker (2010)*, potrebno je uspostaviti balans između razine pružane usluge i troška koji je potreban za pružanje usluge. Autori tvrde da trošak usluge ima eksponencijalni rast (Slika 17) kada usluga postaje sve savršenija tj. optimalna (oko 100%) optimalnosti.



Slika 17 Odnos troška usluge i razine usluge

Izvor:[1] prilagodio autor

Povećanje razine usluge s 95% na 100% iziskuje puno veće troškove nego povećanje razine usluge s 70% na 80%. Potrebno je odrediti pravilan omjer razine usluge i troška jer 100% razina usluge nije moguće održavati bez velikih troškova.

Ključ efikasnog skladišta je visoka produktivnost koja se postiže podešavanjem performansi koje uključuju: protok robe, financije, faktor rada, dok je ključ mjerenja produktivnosti skladišta mjerenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava, te njihovo analiziranje vremena koje je potrebno za svaku skladišnu operaciju. Mjerenje svakog segmenta svake operacije je teško i zahtjevno no ako se želi postići optimalnost

mjerenje i analiziranje je neophodno i mora biti točno. Mjerenje efikasnosti skladišnih operacija mora biti na što većem uzorku, primjerice količina artikala za prijem nije isti u jutarnjim i večernjim satima, isto tako ako se radi o skladištu robe izražene sezonalnosti potrebno je mjerenje kada je potražnja za robom i mala i velika[8].

Tablica 3. Primjer mjerenja operacija

Name: D Morgan Shift No. 1 Area: zone 1 Day: Monday						
Opis operacije	Početak	Kraj	Volumen	Broj linija robe	Oprema	Količina
Komisioniranje	08.45	09.03	50	5	PPT	167
Komisioniranje	09.05	09.30	80	6	PPT	192
Omatanje folijom	09.31	10.07	24		S/W machine	40
Ukrcaj	10.08	10.38	24		PPT	48

Izvor:[1] prilagodio autor

Tablica 3. prikazuje zapis mjerenja operacija u skladištu. Zabilježena je smjena, dan i osoba za koju se mjere performanse. Performanse se mjere prema operaciji, potrebno je zabilježiti početak rada i kraj rada same operacije, volumen robe koji je obuhvaćen ( palete ili kutije).

Mjeri se:

- Vrijeme pripreme (sakupljanje, opreme, paleta, papirologija),
- Ljudski faktor (motivacija, vještina),

- Mehanički faktori (punjenje baterija, vrijeme podizanja palete),
- Operacijski faktori .

Fokus diplomskog rada ključni pokazatelji uspješnosti skladišnih sustava, no kod određivanja navedenih parametara potrebno je:

- Razumjeti strategiju poslovanja ( u ovom slučaju ulogu skladišta u lancu opskrbe),
- Razlučiti koji indikatori pospješuju optimizaciju željenih procesa,
- Ako poboljšanje skladišnih procesa nije dobiveno poboljšanjem odabranih indikatora potrebno je ponoviti proces,
- Potrebno je postaviti realne ciljeve.

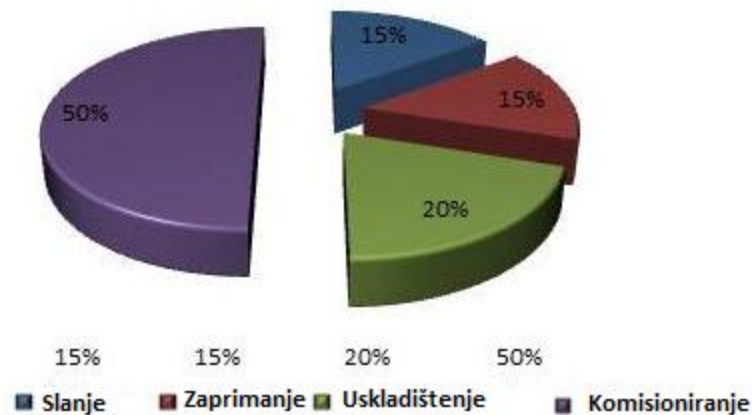
*Tablica 4.Međuovisnost odabranog pokazatelja performansi i cilja koji se njime postiže*

<b>Aktivnosti</b>	<b>Cilj</b>
<b>Prihvat robe</b>	<b>Smanjiti vrijeme od trenutka zaprimanja do uskladištenja</b>
<b>Razina usluge</b>	<b>Ubrzati vrijeme i točnost isporuke</b>
<b>Komisioniranje robe</b>	<b>Povećati produktivnost i točnost</b>

Izvor:[1] prilagodio autor

Tablica 4. prikazuje međuovisnost nekih od ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava s ostvarenjem cilja za svaki od odabranih pokazatelja performansi. Uzmemo li u obzir aktivnost prihvata robe, ona se može razmatrati s aspekta brzine samog procesa (vrijeme koje je potrebno za iskrcaj kamiona, odlaganje robe na zonu prihvata te kasnije uskladištenje robe). Aktivnost prihvata robe se također može promatrati i s aspekta oštećenja robe jer primjerice kod prihvata robe visoke vrijednosti važno je robu uskladištiti bez oštećenja, brzina možda i nije toliko bitna.





Slika 118 Postotak skladišnih troškova prema skladišnim operacijama

Izvor:[12]

Prema slici 18 vidljivo je kako je trošak komisioniranja najveći, također operacija komisioniranja direktno utječe na zadovoljstvo krajnjeg kupca jer ako dođe do krivog komisioniranja robe kupac dobiva robu koju nije naručio, samim time izražava svoje nezadovoljstvo. Kako je već spomenuto u prijašnjem dijelu rada potrebno je definirati područje u kojemu se želi postići poboljšanje mjerenjem ključnih performansi. Generalno cilj svakog poboljšanja je povećanje produktivnosti i smanjenje troškova.

Zaposlenici, trošak i prostor predstavljaju sastavne dijelove performansi svakog skladišta. Općenito ključni pokazatelji performansi svakog skladišnog sustava baziraju se na aktivnostima iz slike 18, oni se mogu detaljno razložiti ovisno o svakoj navedenoj aktivnosti[12].

Prema *Vijay Sangam* 2018 ključne performanse skladišta mogu se podijeliti prema skladišnim operacijama s time da se za svaku skladišnu operaciju računa: trošak, produktivnost, iskorištenje, kvaliteta i vrijeme ciklusa.

## **Zaprimanje**

Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava za aktivnost zaprimanja su:

- Trošak- trošak prihvata robe po vozilu,
- Produktivnost- volumen prihvaćene robe po jednom satu radnika,
- Iskorištenje- postotak iskorištenja zone za prihvata robe,
- Kvaliteta- točnost prihvata,
- Vrijeme ciklusa- vrijeme potrebno za jedan prihvata.

## **Odlaganje artikala**

Ključni pokazatelji performansi za aktivnost odlaganja su:

- 1) Trošak-trošak odlaganja po jednoj zaprimljenoj liniji,
- 2) Produktivnost: odlaganje po jednom radnom satu radnika,
- 3) Iskoristivost skladišne opreme u postotcima,
- 4) Kvaliteta odlaganja u postotcima,
- 5) Vrijeme ciklusa- vrijeme potrebno za jedno odlaganje.

## **Uskladištenje**

Ključni pokazatelji performansi za aktivnost uskladištenja su:

- 1) Trošak- trošak po jednom koletu robe za uskladištenja (paket, cijev, paleta),
- 2) Produktivnost- količina uskladištene robe na metar kvadratni,
- 3) Iskoristivost- %iskoristivost skladišne površine u kubičnim metrima,
- 4) Kvaliteta- % pozicija bez neusklađenosti,
- 5) Vrijeme ciklusa- vrijeme ciklusa zadržavanja artikala na zalihi .

## **Komisioniranje artikala**

Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava za proces komisioniranja su:

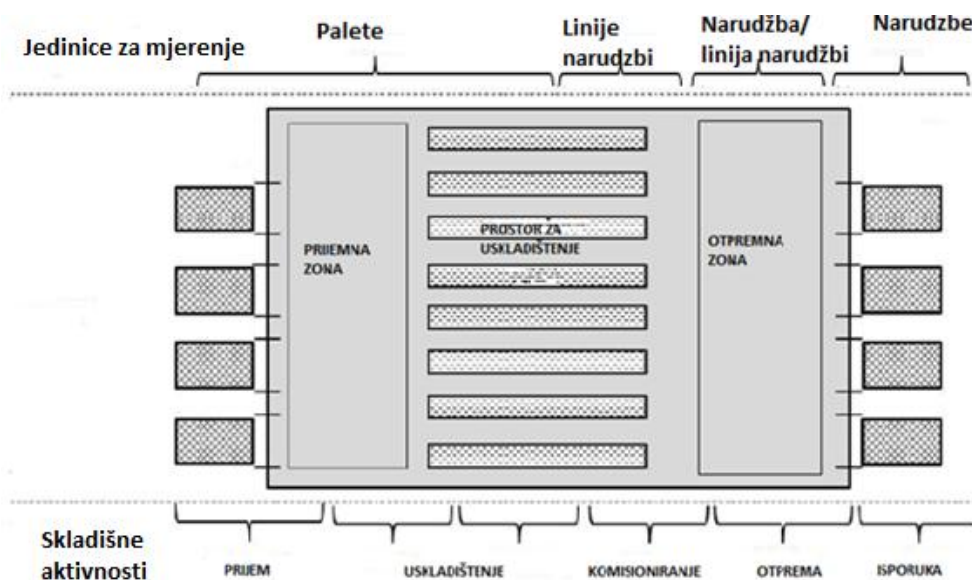
- 1) Trošak- trošak po komisioniranoj narudžbi,
- 2) Produktivnost- broj komisioniranih narudžbi po satu,
- 3) Iskoristivost- % iskoristivost skladišne opreme i površine za proces komisioniranja,
- 4) Kvaliteta- % komisionirana narudžba bez greške,
- 5) Vrijeme ciklusa- vrijeme ciklusa potrebno za jedno komisioniranje[12].

Gore navedeni pokazatelji performansi su prikazani za svaku skladišnu aktivnost. Promjena skladišnih aktivnosti ovisno o ulozi skladišta i stupnju automatizacije skladišta mogu dovesti do promjene u mjerenju performansi. Neka okosnica u mjerenju performansi svake aktivnosti skladišnog sustava vidljive su u gore navedenim aktivnostima, naime svakoj aktivnosti moguće je izmjeriti trošak, produktivnost, iskoristivost, kvaliteta i vrijeme ciklusa.

## 5. Način izračuna ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava

Definiranje i mjerenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava može biti provedeno na različite načine s različitih točaka gledišta. Moguće je definirati i mjeriti pokazatelje performansi za pojedini aspekt skladišnih sustava dok su u ovom radu pokriveni pokazatelji za sve aktivnosti u skladištu. Pregledom dostupne literature dobiven je dojam da svaki autor na svoj način interpretira svaki od ključnih pokazatelja performansi uspješnosti, i način njegovog izračuna. U nastavku rada prikazati će se ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava za sve skladišne operacije s aspekta vremena, produktivnosti, troška i kvalitete.

Skladišta se mogu razlikovati osim prema ulozi u lancu opskrbe i prema specifikacijama artikala i razini usluge. U ovom radu se razmatra klasično protočno skladište za sve vrste artikala, odnosno robe koja je proizvedena kako bi se uskladištila i dalje distribuirala po prodavaonicama ili krajnjem kupcu. Artikli se gomilaju na zalihi (održava se optimalna razina zalihe) i kasnije kada dođe do narudžbe kupca, vrši se komisioniranje, utovar robe i isporuka.



Slika 19 Klasično protočno skladište s jedinicama za izmjeru performansi za svaku aktivnost

Izvor:[13] prilagodio autor

Za skladištenje paletizirane robe skladište ima prijemnu zonu, prostor za uskladištenje i otpremnu zonu. Skladište sa Slike 19. nije automatizirano te se komisioniranje vrši manualno viličarom. U takvom procesu skladišni radnik artikle uskladištava na odgovarajuću skladišnu poziciju, dok pri komisioniranju izuzima palete ili proizvode s paleta iz skladišne pozicije na zonu za otpremu. Na višim skladišnim pozicijama nalaze se artikli koji su paletizirani i pretpostavlja se da pri komisioniranju robe ide cijela paleta na isporuku, dok se na nižim i nultim pozicijama nalazi roba kod koje u operaciji komisioniranja dolazi do izuzimanja pojedinih artikala s palete.

Na vrhu slike skladišta (Slika 19) nalaze se mjerne jedinice za pojedine aktivnosti tj. dijelove skladišta. Jedinice kojima se mjere aktivnosti su: palete, narudžbe, linija narudžbe.

Narudžba se odnosi na narudžbu pojedinog kupca i količinu artikala koja je potrebna za izvršenje pojedine narudžbe.

Linija narudžbi odnosi na broj različitih asortimana artikala u pojedinoj narudžbi, dakle misli se na različitost artikala u narudžbi.

Primjerice, za prijem robe koristi se mjera paleta. Ranije je spomenuto da se radi o skladištu u koje se skladišti paletizirana roba, a za proces otpreme može se uzeti mjera narudžbe ili linije narudžbe.

Ranije spomenuto u radu, promatrati će se pokazatelji performansi skladišnih sustava s aspekta: vremena, produktivnosti, troška, kvalitete. Prikazati će se definicija svakog od pokazatelja pojedine performanse i njena matematička formula.

## 5.1 Vremenski pokazatelji performansi skladišnih sustava

Vremenski pokazatelji performansi skladišnih sustava prikazuju vrijeme koje je potrebno za izvršenje skladišnih operacija, oni predstavljaju najčešće korištene pokazatelje performansi skladišnih sustava jer direktno utječu na kvalitetu same usluge i produktivnost skladišta.

Vremenske pokazatelje performansi skladišnih sustava moguće je optimizirati promjenom dizajna skladišta. Primjerice povećanjem transportnog puta u skladištu ili pak upotrebom drugačije manipulativne opreme kao što su viličari. Pri optimizaciji vremenskih pokazatelja ključan faktor ako se za primjer razmatranja uzme neautomatizirano skladište, ima ljudski rad tj. ljudski faktor. Potrebno je uzeti u obzir odnos između brzine rada samog radnika i sigurnost radnika[7].

Moguće ih je promatrati na razini sata, smjene mjeseca, godine. U ovome radu vremenski pokazatelji uspješnosti skladišnih sustava promatrati će se na razini radnog sata.

### Vrijeme potrebno za prijem

Vrijeme potrebno za prijem (*engl. Recieving time*) predstavlja vrijeme koje je potrebno za iskrcaj artikala iz prijevoznog sredstva.

$$\text{Vrijeme potrebno za prijem} = \frac{\sum \Delta t(\text{Prijem})}{\text{Br. iskrcajih paleta}} (\text{pal/radni sat}) [3]$$

$\Delta t(\text{Prijem})$ = vrijeme između dolaska vozila na prijem i iskrcaj vozila (radni sat)

Br. iskrcajih paleta= broj iskrcajih paleta za promatrani period (pal/radni sat)

## Vrijeme potrebno za uskladištenje

Vrijeme potrebno za uskladištenje artikala (*engl. Putaway time*) predstavlja vrijeme između trenutka kada su artikli iskrcani na prijemnu zonu i vremena kada su artikli uskladišteni na skladišnu poziciju.

$$\text{Vrijeme potrebno za uskladištenje} = \frac{\sum \Delta t(\text{Uskl})}{\text{Br. uskladištenih paleta}} (\text{radni sat/pal}) \quad [4]$$

$\Delta t(\text{Uskl})$ = vrijeme između iskrcaja palete i uskladištenja palete na skladišnu poziciju. (radni sat)

Br. uskladištenih paleta= broj uskladištenih paleta za promatrani period (radni sat/pal)

## Vrijeme od iskrcaja artikala do zaprimanja artikala na zalihi

Vrijeme od iskrcaja artikala do zaprimanja artikala na zalihi (*engl. Dock to stock time*) predstavlja vrijeme od kad su artikli iskrcani do trenutka kad su artikli uskladišteni na skladišnu poziciju i spremni za idući proces, a to je komisioniranje koje je inicirano novom narudžbom za tu robu.

$$I - Z \text{ vrijeme} = \frac{\sum \Delta t(\text{IZ})}{\text{Br. iskrcajnih paleta}} (\text{radni sat/pal}) \quad [5]$$

$\Delta t(\text{IZ})$ = vrijeme između zaprimanja palete na zoni prijema do uskladištenja palete na skladišnu poziciju. (radni sat)

Br. iskrcajnih paleta= broj iskrcajnih paleta za promatrani period (pal/radni sat)

## Vrijeme potrebno za premještaj paleta

Vrijeme potrebno za premještaj (*engl. Replamishment time*) predstavlja vrijeme po paleti koje je potrebno za premještaj palete s prvobitne lokacije (prijemna zona) do krajnje lokacije za komisioniranje ili ukrcaj. Koristi se kod cross dock skladišta, vrijeme od zaprimanja artikla do premještaja artikla do otpremne zone.

$$\text{Vrijeme potrebno za premještaj paleta} = \frac{\sum \Delta t(\text{Premještaj})}{\text{Br. premještenih paleta}} (\text{radni sat/pal}) \quad [6]$$

$\Delta t(\text{Premještaj})$  = vrijeme potrebno za premještaj palete s prvobitne lokacije na krajnju lokaciju za komisioniranje ili ukrcaj (radni sat)

Br. premještenih paleta = broj premještenih paleta tokom promatranog perioda

## Vrijeme potrebno za komisioniranje

Vrijeme potrebno za komisioniranje (*engl. Order picking time*) predstavlja vrijeme koje je potrebno za komisioniranje jedne linije narudžbe. Gdje se linija narudžbe odnosi na broj različitih asortimana artikala u pojedinoj narudžbi, dakle misli se na različitost artikala u narudžbi.

$$\text{Vrijeme potrebno za komisioniranje} = \frac{\sum \Delta t(\text{Komisioniranje})}{\text{Br. linija narudžbi}} (\text{radni sat / liniji narudžbe}) \quad [7]$$

$\Delta t(\text{Komisioniranje})$  = vrijeme od početka do završetka procesa komisioniranja (radni sat)

Br. linija narudžbi = broj linija narudžbi koji je komisioniran



## Vrijeme otpreme

Vrijeme potrebno za ukrcaj prijevoznog sredstva po liniji narudžbe.

$$\text{Vrijeme otpreme} = \frac{\sum \Delta t(\text{Otpreme})}{\text{Br. linija narudžbi za isporuku}} (\text{radni sat/liniji narudžbi}) [8]$$

$\Delta t(\text{Otpreme})$  = vrijeme od završetka procesa komisioniranja do kraja ukrcaja prijevoznog sredstva (radni sat).

Br. linija narudžbi za isporuku = broj linija narudžbi za proces isporuke, gdje se linija narudžbi odnosi na broj različitih asortimana artikala u pojedinoj narudžbi, dakle misli se na različitost artikala u narudžbi.

## Vrijeme isporuke

Vrijeme isporuke (*engl. Order lead time*) prikazuje vrijeme isporuke koje je potrebno za pojedinu narudžbu. To je vrijeme od trenutka kada je kupac naručio robu do trenutka kada je ona isporučena.

$$\text{Vrijeme isporuke} = \frac{\sum \Delta t(\text{Narudžba})}{\text{Br. narudžba}} (\text{radni sat/narudž}) [9]$$

$\Delta t(\text{Narudžba})$  = vrijeme između trenutka kada je kupac naručio robu do trenutka kada ju je roba isporučena (radni sati)

Br. narudžba = broj isporučenih narudžbi (narudžba/mj.)

Tablica 5 Kategorizacija uspješnosti procesa isporuke prema vremenu trajanja

<b>KPI</b>	<b>Poor Practice</b>	<b>Inadequate Practice</b>	<b>Common Practice</b>	<b>Good Practice</b>	<b>Best Practice</b>
Average time from order placement to shipment	$\geq 60$ hours	$\geq 36$ and $< 60$	$\geq 24$ and $< 36$	$\geq 8$ and $< 24$	$< 8$

Izvor:[13]

Tablica 5 prikazuje odnos vrednovanja vremena isporuke. Visoka razina vremena isporuke manje od osam sati, najlošija više od šezdeset sati.

## 5.2 Produktivnost kao ključni pokazatelj performansi skladišnih sustava

Produktivnost se može opisati kao razina iskorištenja imovine ili stupanj iskorištenja resursa koji su korišteni za postizanje specifičnih željenih rezultata.

Skladišni sustavi sastoje se od mnogo operacija koje zahtijevaju intenzivan rad. Pregledom dostupne literature dobiven je dojam kako logistički operater, tj. voditelji skladišnih poslovanja stavljaju veliki naglasak na radnu učinkovitost. Upravo taj faktor efikasnosti određuje potrebu za novim ulaganjima i investicijama u skladišne sustave. Ukoliko trenutni resursi nisu optimalno iskorišteni, njihova produktivnost je niska te samim time ne može se steći dojam o pravom stanju i pravoj potrebi za novim resursima[13].

Produktivnost predstavlja jedan od ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava koji se može najuže usporediti sa uspješnosti skladišnog poslovanja. Prva dva pokazatelja (produktivnost rada i učinkovitost rada) mjere produktivnost na dva različita načina. Prvi pokazatelj  $Lab_p$  mjeri produktivnost rada u odnosu na broj obrađenih artikala u skladištu, dok drugi  $LE_p$  mjeri učinkovitost radnika usporedbom vremena provedenog za izvršavanje zadataka s vremenom definirano inženjeringom[7]. Na primjeru te dvije učinkovitosti je vidljivo kako je bitno shvatiti točnu interpretaciju, jer se isti faktor produktivnosti može mjeriti na različite načine.

### Produktivnost rada

Produktivnost rada (*engl. Labor productivity*) predstavlja omjer ukupnog broja procesiranih proizvoda i radnog vremena jedne smjene.

$$\text{Produktivnost rada} = \frac{\text{Br. procesiranih artikala}}{\text{Br. radnih sati}} (\text{artikala/radni sat}) [10]$$

Br. procesiranih artikala= broj procesiranih artikala koji su ušli i izašli iz skladišta za promatrani period (artikala/mjesec)

Br. radnih sati= broj radnih sati za promatrani period

### **Efikasnost rada**

Efikasnost rada predstavlja omjer teoretskog vremena i stvarnog vremena koje je potrebno radnicima za izvršenje pojedine skladišne operacije.

$$Efikasnost\ rada = \frac{Teoretsko\ vrijeme}{Br.\ radnih\ sati} (\%) [11]$$

Teoretsko vrijeme= teoretsko vrijeme koje je potrebno za izvršenje određene operacije, pri čemu ono predstavlja idealno vrijeme za izvršenje nekog procesa (radni sat)

Br. radnih sati= broj radnih sati potreban za izvršenje operacije

### **Produktivnost prijema**

Produktivnost prijema artikala (*engl. Recieving productivity*) predstavlja broj iskrcanih vozila tj. paleta u radnom satu.

$$Produktivnost\ prijema = \frac{Br.\ iskrcanih\ paleta}{Br.\ radnih\ sati\ prijem} (paleta/radni\ sat) [12]$$

Br. iskrcanih paleta= broj iskrcanih paleta za promatrani period (br.pal/mj)

Br. radnih sati prijem= broj radnih sati proveden u aktivnosti prijema za promatrani period (radni sati/mjesec)

### **Produktivnost uskladištenja**

Produktivnost uskladištenja artikala (*engl. Storage productivity*) predstavlja količinu uskladištenih paleta u radnom satu.

$$\text{Produktivnost uskladištenja} = \frac{\text{Br. uskladištenih pal}}{\text{Br. radnih sati uskl}} (\text{paleta/radni sat}) \quad [13]$$

Br. uskladištenih pal= broj paleta koje su uskladištene (br.pal/mjesecu)

Br. radnih sati uskl= broj radnih sati proveden u aktivnosti uskladištenja (radni sati/mj)

### **Produktivnost premještaja paleta**

Produktivnost premještaja paleta (*engl. Replanishment productivity*) predstavlja broj premještenih paleta u radnom satu tokom aktivnosti premještaja paleta.

$$\text{Produktivnost premještaja paleta} = \frac{\text{Br. premještenih pal}}{\text{Br. radnih sati u aktivnosti premještaja}} (\text{pal/radni sat}) \quad [14]$$

Br. premještenih pal= broj premještenih paleta u aktivnosti premještaja (pal/mjesec)

Br. radnih sati u aktivnosti premještaja= broj radnih sati provedenih u aktivnosti premještaja paleta (radni sati/mjesec)

### **Produktivnost procesa komisioniranja**

Produktivnost procesa komisioniranja (*engl. Picking productivity*) predstavlja ukupan broj komisioniranih paleta ovisno o broju radnih sati koji su provedeni za aktivnost komisioniranja.

$$\text{Produktivnost procesa komisioniranja} = \frac{\text{Br. linija narudžbi komis}}{\text{Br. radnih sati u aktivnosti komis}} (\text{paleta/radni sat}) \quad [15]$$

Br. linija narudžbi komis= broj linija komisioniranih narudžbi (linija narudžbi/mj)

Br. radnih sati u aktivnosti komis= ukupan broj radnih sati provedenih u aktivnosti komisioniranja robe za promatrani period (radni sat/mj)

### **Produktivnost otpreme**

Produktivnost procesa otpreme robe (*engl. Shipping productivity*) predstavlja ukupan broj otpremljene robe ovisno o broju radnih sati koji su provedeni za aktivnost otpreme.

$$\text{Produktivnost otpreme} = \frac{\text{Br. linija narudžbi otpremljeno}}{\text{Br. radnih sati u aktivnosti otpreme}} (\text{paleta/radni sat}) [16]$$

Br. linija narudžbi otpremljeno= broj linija narudžbi koje su otpremljene (linija narudžbi/mj)

Br. radnih sati u aktivnosti otpreme= ukupan broj radnih sati provedenih u aktivnosti otpreme robe za promatrani period (radni sat/mj)

### **Produktivnost iskorištenja skladišnih pozicija**

Produktivnost iskorištenja skladišnih pozicija (*engl. Inventory Utilization*) predstavlja stopu iskorištenja skladišne površine. Računa se kao omjer iskorištene i dostupne skladišne pozicije.

$$\text{Produktivnost iskorištenja skladišnih pozicija} = \frac{\text{Iskorištena skladišna pozicija}}{\text{Dostupna skladišna pozicija}} (\%) [17]$$

Iskorištena skladišna pozicija= prosjek prostora koji je iskorišten za uskladištenje robe (m<sup>3</sup>)

Dostupna skladišna pozicija= ukupna dostupna skladišna površina (m<sup>3</sup>)

### **Obrtaj**

Obrtaj artikala (*engl. Turnover*) predstavlja omjer između troška zaliha i prosječne količine zaliha. Predstavlja obrtaj artikala na skladištu u vremenskom razdoblju za koje se promatra.

$$\text{Obrtaj} = \frac{\text{Vrijednost prodanih artikala}}{\text{Prosječna vrijednost zalihe}} \text{ (puta/mjesec) [18]}$$

Vrijednost prodane robe=Σ[(Br. Prodanih artikala)·(trošak)]·(\$/mjesecu)

Prosječna vrijednost zalihe=Σ[(prosječna količina proizvoda na zalihi)·(trošak)] (\$/mj)

### **Produktivnost iskorištenja skladišnog prostora**

Iskorištenje prostora skladišta (*engl. Warehouse utilization*) predstavlja stopu iskorištenja skladišnog prostora. Tu se podrazumijeva iskorištenje dostupnog tlocrta skladišta s regalima, prostorima za viličare, radnike, transportne puteve.

$$\text{Produktivnost iskorištenja skladišnog prostora} = \frac{\text{Iskorišten skladišni prostor}}{\text{Dostupan kapacitet prostora}} (\%) [19]$$

Iskorišten skladišni prostor- prosječno iskorištenje skladišnog prostora (m<sup>3</sup>)

Dostupan kapacitet prostora- ukupan kapacitet skladišnog prostora (m<sup>3</sup>)

## Produktivnost iskorištenja skladišne opreme

Iskorištenje skladišne opreme (*engl. Equipment downtime*) predstavlja postotak vremena u kojem skladišna oprema nije iskorištena za proces rada.

$$\text{Produktivnost iskorištenja skladišne opreme} = \frac{\sum Uk \text{ br radnih sati oprema ne radi}}{\sum Uk \text{ br radnih sati oprema dostupna}} (\%) [20]$$

Uk br radnih sati oprema ne radi- ukupan broj radnih sati tokom kojih skladišna oprema nije u procesu rada ( radni sat/mjesec)

Uk br radnih sati oprema dostupna- ukupan broj radnih sati tokom kojih je skladišna oprema dostupna za rad u promatranom periodu (radni sat/mjesec)

### 5.3 Trošak kao ključni pokazatelj performansi skladišnih sustava

Trošak kao ključan pokazatelj performansi skladišnih sustava ima bitan utjecaj na konkurentnost same usluge. Ako su troškovi veći samim time i cijena usluge uskladištenja je veća tada kupac tj. krajnji korisnik očekuje visoku razinu usluge. Logistički operateri za jedan od glavnih ciljeva poslovanja uzimaju smanjenje troškova, bitno je naći balans između smanjenja troška a da se time ne smanjuje razina usluge. Većina skladišnih aktivnosti mjeri se iz kuta efikasnosti, kvalitete i vremenske učinkovitosti. Također skladišne operacije teško je promatrati s aspekta troška[7].

#### Trošak držanja zaliha

Trošak držanja zaliha se sastoji od troška držanja artikala na zalihi i troška nekurentne zalihe.



$$\text{Trošak držanja zaliha} = \text{Trošak skladišnog prostora} + \text{Trošak nekurentne zalihe} (\$) \text{ [21]}$$

Trošak skladišnog prostora= trošak skladišnog prostora (tu se mogu ubrojiti i troškovi struje, vode, grijanja, klima). Ako firma ima skladište u najmu onda se računa i trošak najma. (\$)

Trošak nekurentne zalihe= trošak koji nastaje ako dođe do oštećenja robe, roba kojoj je pala kvaliteta (kada roba postane nekurentna) (\$)

### **Trošak prijevoza**

Trošak prijevoza prikazuje trošak prijevoza po narudžbi.

$$\text{Trošak prijevoza} = \frac{\text{Transportni trošak}}{\text{Isporučena narudžba}} \text{ [22]}$$

Transportni trošak= ukupan trošak prijevoza (kn/mjesecu)

Isporučena narudžba= broj dostavljenih narudžbi (narudžbi/mj)

### **Trošak procesiranja narudžbi**

Trošak procesiranja narudžbe (*engl. Order processing cost*) ukupan trošak procesiranja narudžbi u odnosu na broj procesiranih narudžbi.

$$\text{Trošak procesiranja narudžbi} = \frac{\text{Trošak proc nar}}{\text{Br. narudžbi}} (\$/narudžbi) \text{ [23]}$$

Trošak proc nar= zbroj svih troškova potrebnih za procesiranje narudžbi (\$)

Br. narudžbi= broj narudžbi za promatrani period(nar/mj)

### **Trošak radnika**

Trošak radnika računa se kao ukupan trošak plaće i nameta za sve radnike, može se gledati kroz godinu mjesec ili kvartal.

$$\textit{Trošak radnika} = \textit{Plaća} + \textit{Davanja} (\$/mjesecu) [24]$$

Plaća = plaća svih skladišnih radnika

Davanja= davanja za sve plaće radnika (porez na dohodak, izdatak za mirovinsko, trošak prijevoza).

### **Trošak održavanja**

Trošak održavanja skladišta obuhvaća trošak održavanja samog skladišnog objekta i skladišne opreme. Trošak održavanja obuhvaća redovne cikluse održavanja viličara i ostale skladišne opreme, održavanje samog skladišnog objekta te ostale fiksne i varijabilne troškove (struja, voda).

$$\textit{Trošak Održavanja} = \textit{Skladišta} + \textit{Opreme} + \textit{Ostalo} (\$) [25]$$

Skladišta= trošak održavanja samog skladišnog objekta (\$/mjesec)

Opreme= trošak održavanja skladišne opreme (\$/mjesec)

Ostalo= ostali troškovi, fiksni varijabilni, održavanje WMS sustava (\$/mjesec)

## 5.4 Kvaliteta kao ključan pokazatelj performansi skladišnih sustava

Kvaliteta kao ključan pokazatelj performansi skladišnih sustava može se podijeliti u dvije skupine pokazatelja. Prva skupina odnosi se na kvalitetu skladišnih operacija u samom skladištu, dok se druga odnosi na pokazatelje kvalitete u vidu razine usluge prema kupcu.

Analizom dostupne literature dobiven je dojam kako kvaliteta razine usluge tj. pojam savršene narudžbe (*engl. Perfect order*) nije moguća bez visoke razine kvalitete skladišnih operacija[7].

Povećanjem kvalitete skladišnih operacija tj. samoga skladišta moguće je postići povećanje cijene za skladišnu uslugu, visoka kvaliteta skladišnih operacija dolazi do izražaja kod proizvoda koji su u visokom cjenovnom razredu, što se odnosi na ekskluzivne proizvode.

### Točnost prijema

Točnost prijema (*engl. Receiving accuracy*) prikazuje postotak iskranih paleta bez greške (oštećenje, kriva papirologija, krivi prijem, artikli koji nisu pravilno prevoženi npr. smrznuti artikli).

$$\text{Točnost prijema} = \frac{\text{Br. iskranih paleta bez grešaka}}{\text{Ukupan broj iskranih paleta}} (\%) [26]$$

Br. iskranih paleta bez grešaka= Broj iskranih paleta bez grešaka(oštećenje, kriva roba..) (broj pal/mj)

Ukupan broj iskranih paleta= broj iskranih paleta (br pal/mj)

## Točnost uskladištenja

Točnost uskladištenja (*engl. Storage accuracy*) točnost premještenih paleta iskazana u postotku. Predstavlja odnos uskladištenih paleta bez greške i ukupnog broja uskladištenih paleta.

$$\text{Točnost uskladištenja} = \frac{\text{Br. uskladištenih paleta bez grešaka}}{\text{Ukupan broj uskladištenih paleta}} (\%) \quad [27]$$

Br. uskladištenih paleta bez grešaka= Broj točno uskladištenih paleta, na njima namijenjene skladišne pozicije (br.pal/mj)

Ukupan broj uskladištenih paleta= ukupan broj uskladištenih paleta (br.pal/mj)

## Točnost fizički uskladištene robe

Točnost fizički uskladištene robe prikazuje postotak točnosti između fizički uskladištene robe i robe koja je u WMS sustavu zavedena kao uskladištena.

$$\text{Točnost fizički uskladištene robe} = \frac{(\text{Br. iskranih} + \text{uskladištenih} + \text{premještenih pal}) - \text{razlika u WMS}}{\text{Br. istovarenih paleta} + \text{uskladištenih} + \text{premještenih}} (\%) \quad [28]$$

Br. iskranih= broj iskranih paleta (br.pal/mj)

Br. uskladištenih = broj uskladištenih paleta (br.pal/mj)

Br. premještenih = broj premještenih paleta (br.pal/mj)

Razlika u WMS= razlika u broju paleta između fizički uskladištene robe i robe koja je na zalihima u WMS sustavu kao uskladištena (br.pal/mj)

## Točnost komisioniranja

Točnost komisioniranja artikala (*engl. Picking accuracy*) predstavlja broj točno komisioniranih artikala u odnosu na ukupnu količinu komisioniranih artikala.

$$\text{Točnost komisioniranja} = \frac{\text{Broj točno komisioniranih linija narudžbi}}{\text{Ukupan broj komisioniranih linija narudžbi}} (\%) \quad [29]$$

Br. točno komisioniranih linija narudžbi= broj linija narudžbi koje su komisionirane u pravilnoj količini i tipu artikala (broj/mjesecu)

Ukupan broj komisioniranih linija narudžbi= broj komisioniranih linija narudžbi za promatrani period(broj/mjesecu)

Tablica 6 Odnos postotaka kvalitete procesa komisioniranja

KPI	Poor Practice	Inadequate Practice	Common Practice	Good Practice	Best Practice
Order picking accuracy	<98%	>=98% and <99%	>=99% and <99.5%	>=99.5% and <99.9%	>= 99.9%

Izvor:[13]

Tablica 6. prikazuje odnos u postotcima između uspješnog i neuspješnog procesa komisioniranja. Manje od 98% komisioniranih artikala smatra se lošim, između 98% i 99% nije idealno ali se dešava u praksi, između 99 i 99.5% se najčešće prakticira u praksi a sve preko 99.9% se smatra najboljim.

### Točnost otpreme

Točnost otpreme artikala predstavlja omjer točno otpremljenih linija narudžbi i ukupan broj otpremljenih linija narudžbi.

$$\text{Točnost otpreme} = \frac{\text{Broj točno otpremljenih linija narudžbi}}{\text{Ukupan broj otpremljenih linija narudžbi}} (\%) \quad [30]$$

Broj točno otpremljenih linija narudžbi= broj linija narudžbi koje su otpremljene u  
pravilnoj količini i tipu robe (broj/mjesecu)

Ukupan broj otpremljenih linija narudžbi= broj otpremljenih linija narudžbi (broj/mjesecu)

## Isporučka na vrijeme

Isporučka na vrijeme (*engl. On time delivery*) podrazumijeva narudžbu koja je isporučena prije isteka roka za isporuku.

$$\text{Isporučka na vrijeme} = \frac{\text{Broj isporučenih narudžbi na vrijeme}}{\text{Broj isporučenih narudžbi}} (\%) \quad [31]$$

Broj isporučenih narudžbi na vrijeme= broj isporučenih narudžbi na vrijeme za promatrani vremenski period(broj/mjesec)

Broj isporučenih narudžbi= ukupni broj narudžbi za promatrani vremenski period

Tablica 7 Odnos uspješnosti broja isporučenih narudžbi

KPI	Poor Practice	Inadequate Practice	Common Practice	Good Practice	Best Practice
On time delivery	<92%	>=92% and <95%	>=95% and <98%	>=98% and <99%	>= 99%

Izvor:[13]

Tablica 7 predstavlja odnos uspješnosti broja isporučenih narudžbi. U praksi ako je postotak narudžbi koje su isporučene na vrijeme manji od 92% radi se o lošoj razini usluge, postotak između 95 i 98% predstavlja prosjek a sve više od 99% predstavlja visoku razinu usluge.

## Postotak točno otpremljene prve narudžbe

Postotak točno otpremljene prve narudžbe (*engl. Order fill rate*) prikazuje omjer točno isporučenih prvih narudžbi (računa se za prvo slanje narudžbe).

$$\text{Postotak točno otpremljene prve narudžbe} = \frac{\text{Br. točno otpremljene prve narudžbe}}{\text{Ukupan broj otpremljenih narudžbi}} (\%) \quad [32]$$

Br. točno otpremljene prve narudžbe= narudžba koja je otpremljena, i kupac na nju nema nikakvu zamjerku (osigurana kvaliteta, točna prateća dokumentacija, na vrijeme)

Ukupan broj otpremljenih narudžbi= predstavlja ukupni broj otpremljenih narudžbi za promatrani period

### **Savršena narudžba**

Savršena narudžba (*engl. Perfect order*) podrazumijeva isporučenu narudžbu na vrijeme bez oštećenja s pratećom dokumentacijom.

$$\text{Savršena narudžba} = \frac{\text{Br. narudžbi na vrijeme bez oštećenja sa dokumentacijom}}{\text{Ukupan broj otpremljenih narudžbi}} (\%) \text{ [33]}$$

Broj narudžbi koje je kupac primio na vrijeme, bez oštećenja sa točnom dokumentacijom mjeri se (broj/mjesecu)

Ukupan broj otpremljenih narudžbi= ukupna količina isporučene robe



## 6. ZAKLJUČAK

Skladišni procesi predstavljaju ključan dio funkcioniranja svakog skladišta. Kako bi se svi skladišni procesi izvršavali pravilno, potrebno je projektirati skladište zadovoljavajućih kapaciteta, na osnovu robe koja će se skladištiti.

Pravilnim planiranjem skladišta moguće je osigurati brži protok robe kroz skladište i smanjenje broja oštećene robe. Jedan od glavnih zahtjeva kupaca kod isporuke robe je točnost i brzina isporuke. Iz toga je vidljivo kako se na neke ključne pokazatelje performansi skladišnih sustava može utjecati već pri samom projektiranju i odabiru dizajna skladišta.

Upravljanje skladišnim sustavima velikih skladišta predstavlja veliki izazov jer zahtijevaju poznavanje svih procesa i posjedovanje vještina upravljanja.

Upravljanje skladišnim sustavima nalazi se na samom vrhu zahtjeva svake logističke kompanije, kojima se direktno može utjecati na razinu usluge tj. zadovoljstvo kupca, čime se i cijena usluge može dobro naplatiti.

Kontinuirano mjerenje ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava neophodno je kako bi se pratio proces napretka. Poslovanje samog skladišta predstavlja kontinuirani balans između troška i visine usluge tj. grešaka.

Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava omogućuju mjerenje uspješnosti skladišnih procesa, u cilju usporedbe procesa prije i nakon poboljšanja. Ključni pokazatelji u ovome radu mjereni su za sve skladišne operacije s aspekta: vremena, produktivnosti, troška i kvalitete.

Vremenske pokazatelje performansi skladišnih sustava moguće je optimizirati promjenom dizajna skladišta. Produktivnost predstavlja jedan od ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava koji se može najuže usporediti sa uspješnosti skladišnog poslovanja.

Povećanjem kvalitete skladišnih operacija tj. samoga skladišta moguće je postići povećanje cijene za skladišnu uslugu. Visoka kvaliteta skladišnih operacija dolazi do izražaja kod proizvoda koji su u visokom cjenovnom razredu.

Uspješnim vođenjem skladišta žele se postići optimizacije brojnih parametara odjednom, kao što su: smanjenje duplih operacija, smanjenje troška, dostava na vrijeme, točnost narudžbe. Praćenjem ključnih pokazatelja performansi skladišnih sustava želi se utvrditi funkcionira li skladište optimalno.

## LIRERATURA

- [1] Gwynne Richards.: Warehouse management, The Chartered Institute of Logistics and Transport, Kopgan Page Limited, 2nd edition, 2014.
- [2] Bartholdi J., Hackman S.: Warehouse & Distribution Science, Atlanta: The Supply Chain and Logistics Institute, Georgia Institute of Technology, 2014.
- [3] Rushton A., Croucher P., Baker P.: Logistics & Distribution Management, The Chartered Institute of Logistics and Transport (UK), 4th edition, 2010.
- [4] Kevin R., Russell D.: Optimal Unit-Load Warehouse Designs for Single-Command Operations, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas, 2011.
- [5] Tetemeke Tsighe M.: Improving Order-Picking Efficiency via Storage Assignments Strategies, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2013.
- [6] Kees Roodbergen J.: An explanation of some rack layout concepts for warehouses, White paper, University of Groningen, 2011.
- [7] Staudt F. H., Mascolo D., Alpan G., Rodriguez C. M. T.: Warehouse performance measurement: classification and mathematical expression of indicators
- [8] Kaeasek J.: An Overview of Warehouse Optimization, ResearchGate, Dostupno: ([https://www.researchgate.net/publication/260742754\\_An\\_Overview\\_of\\_Warehouse\\_Optimization](https://www.researchgate.net/publication/260742754_An_Overview_of_Warehouse_Optimization))
- [9] David S. G.: Warehouse order picking, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, December 2014.
- [10] E. H. Frazelle. World-Class Warehousing. Logistics Resources International, Atlanta, GA, 1996.
- [11] Goran Đ.: Istraživanje komisioniranja u regalnim skladištima, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Doktorska disertacija, Zagreb, 2004.
- [12] <https://vijaysangamworld.wordpress.com/2010/08/27/warehouse-key-performance-indicators/>
- [13] WERC and Supply Chain Visions, 2007, [http://www.werc.org/assets/1/workflow\\_staging/Publications/696.PDF](http://www.werc.org/assets/1/workflow_staging/Publications/696.PDF) (online)

[14] Bajor I.: Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, doktorska disertacija  
[http://www.fpz.unizg.hr/ztl/?page\\_id=407](http://www.fpz.unizg.hr/ztl/?page_id=407)(online)

## POPIS SLIKA

Slika 1 Neposredna distribucija.....	4
Slika 2 Posredna distribucija.....	5
Slika 3 Skladišta u opskrbom lancu.....	6
Slika 4 Cross dock.....	9
Slika 5 Regalna mjesta.....	15
Slika 6 Širina transportnog puta.....	18
Slika 7 Primjer dizajna skladišta.....	19
Slika 8 Flying-V.....	20
Slika 9 Riblja kost.....	21
Slika 10 Skladišne operacije.....	22
Slika 11 Zauzimanje skladišne površine ovisno o skladišnoj operaciji.....	23
Slika 12 Međuovisnost u procesu komisioniranja.....	27
Slika 13 Serpentsinsko komisioniranje.....	28
Slika 14 Metoda povratka.....	29
Slika 15 Metoda srednje točke.....	30
Slika 16 Metoda najvećeg razmaka.....	31
Slika 17 Odnos troška i razine usluge.....	38
Slika 18 Postotak skladišnih troškova prema skladišnim operacijama.....	41
Slika 19 Klasično protočno skladište s jedinicama za izmjeru performansi za svaku aktivnost.....	44

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Izračun površine prostora za skladištenje.....	15
Tablica 2:Aktivnosti u procesu komisioniranja.....	26
Tablica 3. Primjer mjerenja operacija.....	39
Tablica 4.Međuovisnost odabranog pokazatelja performansi i cilja koji se njime postiže.....	40
Tablica 5 Kategorizacija uspješnosti procesa isporuke prema vremenu trajanja.....	50
Tablica 6 Odnos postotaka kvalitete procesa komisioniranja.....	61
Tablica7 Odnos uspješnosti broja isporučenih narudžbi.....	63



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 **Ključni pokazatelji performansi skladišnih sustava**

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

U Zagrebu, 13.9.2018 \_\_\_\_\_

Student/ica:

(potpis)