

# Prijedlog rješenja nacrtu skladišnog objekta

---

**Bede-Jakovinac, Ivana**

**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:119:978826>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



Zagreb, 28. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Unutrašnji transport i skladištenje**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4648

Pristupnik: **Ivana Bede-Jakovinac (0296012541)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Prijedlog rješenja nacrtu skladišnog objekta**

### Opis zadatka:

Svrha istraživanja je utvrditi načine određivanja nacrtu skladišnog objekta te uvidjeti nedostatke. Potrebno je analizirati nacрте skladišta uključujući različite kriterije poput skladišnog prostora, vrste pakiranja robe, rasporeda slaganja i smještaja robe u skladištu te ostale tehničke pokazatelje kako bi se utvrdio utjecaj nacrtu skladišta na performanse operacija. Navedeno će se istražiti na primjeru.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Ivona Bajor

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**PRIJEDLOG RJEŠENJA NACRTA SKLADIŠNOG OBJEKTA**

**WAREHOUSE LAYOUT DESIGN SOLUTION PROPOSAL**

Mentor: doc.dr.sc. Ivona Bajor

Student: Ivana Bede-Jakovinac

JMBAG: 0296012541

Zagreb, rujan 2018.

## **SAŽETAK**

Svrha ovog rada je prikazati skladišne prostore prema konstrukciji i namjeni, isto kao i moguće rasporede skladišnih prostora. Područje istraživanja je skladištenje koje je dio sustava logistike i jedno od glavnih subjekata lanca opskrbe. Cilj istraživanja je u skladu sa stečenim teorijskim znanjem predložiti moguće rješenje rasporeda skladišnog prostora u svrhu kvalitetnih budućih radnji i manipuliranja imajući u vidu što bolje iskorištenje skladišne površine i volumena vodeći računa da se omogući prijedlog rješenja koji bi bio profitabilan za tvrtku te samim time potvrdio ulaganje u izgradnju skladišnog objekta.

**KLJUČNE RIJEČI:** skladište, raspored skladišta, moguće rješenje

## **SUMMARY**

The purpose of this project is to present possible warehouse layouts according to the construction and purpose requirements. Area of the study is warehousing as a part of the logistics system and key part of overall supply chain. The aim of the research is to propose, in accordance with the acquired theoretical knowledge, the possible warehouse layout design with the purpose of improving service quality and better utilization of the storage space area and volume, while taking into account that proposed solution is profitable for the company.

**KEYWORDS:** warehouse, layout design, optimization

## SADRŽAJ

1. UVODNA RAZMATRANJA .....	1
2. OSNOVE SKLADIŠNOG POSLOVANJA I VRSTE SKLADIŠNIH OBJEKATA....	2
2.1. Podjela skladišnih objekata.....	3
2.1.1. Skladišni objekti prema vrsti robe .....	3
2.1.2. Prema funkciji u logističnom sustavu.....	4
2.1.3. Prema vrsti robe i vlasništva.....	6
2.1.4. Skladišni objekti prema načinu izgradnje.....	7
2.1.5. Skladišta prema stupnju mehanizacije .....	8
2.2. Skladišni objekti prema načinu odlaganja tereta .....	10
3. NACRTI SKLADIŠNIH OBJEKATA.....	18
3.1. Planiranje skladišnog prostora .....	19
3.2. Optimalni raspored prostora za pohranu.....	21
3.3. Ne tradicionalni raspored skladišnog objekta.....	25
3.4. Redosljed prikupljanja u tradicionalnom i ne tradicionalnom rasporedu skladišnog objekta .....	26
3.5. Mjesto prijama i dostave u skladišnom objektu .....	33
3.6. Izbor najkraćeg puta.....	35
4. ANALIZA POTREBA TVRTKE DAVATELJA LOGISTIČKIH USLUGA SA TRŽIŠA RH .....	45
4.1. Metodologija oblikovanja skladišnog objekta .....	45
4.2. Prikaz čestice zemljišta i specifikacije teretnih jedinica .....	46
5. PRIJEDLOG RJEŠENJA NACRTA SKLADIŠNOG OBJEKTA .....	52
5.1. Specifikacija skladišnog objekta.....	52
5.2. Određivanje broja ulazno/izlaznih rampi .....	53
5.3. Prikaz skladišnog objekta sa rampama i ostalim prostorima.....	57
5.4. Funkcija za izračun buduće količine zadržavanja teretnih jedinica .....	59
5.4.1. Prijedlog rješenja prema postojećem zadržavanju teretnih jedinica .....	60
5.4.2. Potražnja za period od dvije godine i prijedlog rješenja skladišnog objekta za navedenu potražnju .....	65
5.4.3. Usporedba predloženih rješenja .....	74
5.4.4. Predviđanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta za period od 10 godina .....	76
6. ZAKLJUČAK .....	79
LITERATURA.....	82
POPIS SLIKA.....	85
POPIS TABLICA .....	87
POPIS GRAFIKONA .....	88

# 1. UVODNA RAZMATRANJA

Skladišni objekti i aktivnosti vezane za skladišne objekte u suvremenom svijetu predstavljaju jedno od većih izazova za stručnjake logističkog područja. S obzirom da su mjesta proizvodnje i potrošnje sve udaljenija zahtjevi za brzom i efikasnom uslugom su neizostavni, te je potrebno konstantno razvijati nove mogućnosti za unaprjeđenje cjelokupnog logističkog sustava s ciljem da lanac opskrbe funkcionira besprijekorno.

Uloga skladišnog objekta ovisi o vrsti i veličini radne organizacije i privredne grane kojoj ona pripada. Glavna zadaća skladišnog objekta je da omogući siguran i sa tehničkog gledišta ispravan način pohrane robe bez ugrožavanja njenih svojstava i kvalitete, a da se istovremeno ne ugrožava prihvata i otprema robe. Što se tiče lociranja, skladišne objekte poluproizvoda potrebno je locirati što bliže određenim radnim mjestima, dok je skladišne objekte gotovih proizvoda važno locirati što bliže završnim fazama proizvodnoga procesa.

U nastavku rada detaljno su opisane sve vrste skladišnih objekata i njihova primjena, skladišni nacrti odnosno mogući načini rasporeda skladišnih prostora, dok je u glavnom dijelu rada prikazan prijedlog rješenja rasporeda skladišnog prostora sukladno kriterijima tvrtke tržišta RH koja zahtijeva prijedlog rješenja rasporeda budućeg skladišnog objekta. Objekt će biti koncipiran u obliku cross dock skladišta u kojem će se roba skladištiti kraći vremenski period, prema pretpostavci nadležnih jedan do dva dana. Osim samog skladištenja, aktivnosti deklariranja robe ili repakiranja odvijati će se prema potrebama. Prijedlog rješenja biti će definiran sa ciljem produktivnog odvijanja svih skladišnih manipulacija, rasporedom skladišnog prostora i ostalih prostora koje jedno skladišno poslovanje zahtijeva. Prikazati će se različiti načini odlaganja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta prema trenutnoj količini zadržavanja teretnih jedinica i prema budućem predviđanju zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta u periodu od dvije godine.

## 2. OSNOVE SKLADIŠNOG POSLOVANJA I VRSTE SKLADIŠNIH OBJEKATA

Pravilno skladištenje robe predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti kojom se bave logističari. Sukladno tome nije teško zaključiti kako je zapravo to dio koji oduzima najviše vremena i zadaje istovremeno najviše problema. Ukoliko se sagledaju ukupni troškovi koji nastaju unutar tvrtke, skladišni troškovi su ti koji zauzimaju najveći udio. Skladištenje robe sa sobom nosi izuzetno veliku odgovornost jer ukoliko se roba nepravilno skladišti u pravilu se upropaštava, povećavaju se troškovi poslovanja pa i mogućnost posjeta inspekcija. Za vrijeme koje roba provede uskladištena, mogući su različiti gubici koji su vezani za prirodu robe (lako topljiva roba, hlapljiva roba i ona koja gubi vlagu), uvjeti skladištenja, nepravilno manipuliranje robom itd. [6] Skladišni objekt predstavlja izgrađeni objekt ili pripremljeni prostor za smještaj i čuvanje roba od trenutka njihovog preuzimanja do vremena njihove upotrebe i otpreme. Postoji više definicija skladišta, *Hosein Bidgoli* mišljenja je kako skladišni objekt predstavlja prostor koji je uređen i opremljen za privremeno i sigurno odlaganje, čuvanje, pripremu, izdavanje materijala, drugim riječima mjesto na kojem se pohranjuju zalihe [6], dok ga *Bartholdi, J. & Hackman S.* definiraju kao čvor ili točku na logističkoj mreži gdje se roba prije svega prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. [2] Skladištenje i distribucija predstavljaju dvije glavne tehničke funkcije skladišnih objekata, a njihov je cilj vremenski i prostorno uravnotežiti tokove materijala.

Osnovni se zahtjevi dobrog skladišnog poslovanja ogledaju u suvremenoj organizaciji unutarnjeg kretanja roba i pravilnoj tehnološkoj koncepciji, prikazuju odgovarajuće rasporede slaganja i pravilan smještaj tereta, vođenje ažurne evidencije ulaska i izlaska robe, pregled stanja skladišnih objekata s obzirom na količine i vrste roba. Važna točka je nadzor i dobro čuvanje, posebice kod opasnih i pokvarljivih tereta te usklađena suradnja s poslovnim partnerima.

## 2.1. Podjela skladišnih objekata

Ukoliko se promatra funkcija skladišnog objekta tada je uočena podjela na industrijske i distribucijske skladišne objekte. Ukoliko se pak gleda podjela skladišnih objekata prema ulozi koju nose unutar logističkog sustava tada je podjela nešto veća odnosno složenija, podrazumijeva:

- Skladišni objekti sirovina,
- poluproizvoda,
- gotovih proizvoda,
- konsolidacijske centre i tranzitne skladišne objekte,
- prijelazne skladišne objekte,
- cross dock centre, centre za sortiranje,
- skladišne objekte za robu u povratu (povratni centri),
- skladišne institucija javnog sektora. [12]

### 2.1.1. Skladišni objekti prema vrsti robe

U nastavnom dijelu teksta slijedi detaljnije objašnjenje za sve skladišne objekte prema vrsti robe koje se skladišti:

- Skladišni objekti sirovina – predstavljaju prostore koji su obično smješteni u blizini mjesta proizvodnje te služe za pohranu sirovina i komponenata.
- Skladišni objekti za poluproizvode i komponente - obično se nalaze u različitim stupnjevima proizvodnje, često se osim skladištenja koriste za procese dorade proizvoda prije isporuke krajnjem korisniku. Spomenute aktivnosti podrazumijevaju prepakiranje i označavanje proizvoda, dodavanje specifičnih komponenta na pojedini proizvod, sklapanje proizvoda iz komponenata na pojedini proizvod, otpremanje pakiranja posebnim porukama, oglasima i sl.
- Skladišni objekti gotovih proizvoda - pod gotove proizvode spadaju oni proizvodi koji su u potpunosti spremni za distribuciju kupcu, odnosno za njih nije potrebna nikakva dorada ili oplemenjivanje. Ovisno o vrsti robe koja se skladišti unutar takvih skladišnih objekata, postoji mogućnost



dodatnih zahtjeva kao što su temperaturni režim, određeni postotak vlažnosti i slično. Takvi skladišni objekti mogu biti u vlasništvu proizvođača, operatora, veletrgovca ili maloprodajnih tvrtki. [12]

### 2.1.2. Prema funkciji u logističnom sustavu

Prema funkciji u logističkom sustavu skladišni objekti se dijele na:

- a) Konsolidacijske centre,
- b) Prijelazne skladišne objekte,
- c) Cross dock centre<sup>1</sup>,
- d) Centri za sortiranje,
- e) Skladišni objekti za e-distribuciju,
- f) Skladišni objekti za robu u povratu,
- g) Skladišni objekti institucija javnog sektora. [12]

a) Roba iz različitih izvora zaprima se u konsolidacijske centre od strane različitih izvora, prilikom preuzimanja robe potrebno je okrupniti pojedine pošiljke prema određenim naručiteljima. U navedeno se mogu nabrojiti „*Just in time*“<sup>2</sup> skladišni objekti iako se svakako tu mogu ubrojiti skladišni objekti koji opskrbljuju maloprodajne objekte. [12] Ukoliko se uspoređuju konsolidacijski centri sa cross dock skladištima nailazi se na razliku koja je predstavljena u nekom vremenskom intervalu, drugim riječima roba u konsolidacijskim centrima može biti pohranjena određeno vrijeme u odnosu na cross dock gdje se zaprimljena roba zadržava najviše 24 h od vremena preuzimanja bez obzira što oba skladišta imaju skoro pa identičnu funkciju.

b) Prijelazni skladišni objekti specifični su po zaprimanju velikih količina roba od dobavljača. Nakon zaprimanja ista se ta roba transformira u pakiranja količine koje su odgovarajuće za daljnju distribuciju. [4]

---

<sup>1</sup> Eng. cross-dock – logistički sustav gdje se roba sortira s drugom sličnom robom i bez skladištenja ili sa vrlo kratkim zadržavanjem se preusmjerava prema različitim destinacijama

<sup>2</sup> Eng. Just in time – sustav poslovanja „točno na vrijeme“; strategija smanjivanja troškova i poboljšavanja proizvoda

- c) Cross dock centri razvili su se zbog različitih zahtjeva korisnika za brzom i točnom isporukom robe, te dinamičnijim protokom robe kroz cijeli lanac opskrbe. Roba koja se nalazi u cross dock sustavu ima zadatak ispuniti određene zahtjeve počevši od označavanja. S obzirom da se u takvim centrima roba zaprima i identificira nakon čega slijedi formiranje pošiljki i njihova otprema. Najvažniji cilj ovih skladišnih objekata jest da se roba u istima zadržava u što kraćem roku. [12] Voće, povrće, mesni proizvodi, riba i slični predstavljaju proizvode koji se obično nalaze u ovakvim centrima.
- d) Koriste se za paketnu distribuciju, distribuciju pošiljaka ili paleta koriste se centri za sortiranje. Prikupljanje robe sa različitih lokacija, sortiranje prema mjestu narudžbe, konsolidacija i otprema prema krajnjem odredištu odlike su koje ih karakteriziraju. Tijek kojim se odvijaju aktivnosti unutar skladišnog objekta započinje zaprimanjem paletizirane robe, izuzimanjem robe sa paleta, formiranje novih pošiljaka i konačno otpremanje robe krajnjem korisniku. Ovisno o kakvoj se vrsti robe radi, potrebno je obratiti pažnju prilikom manipulacije sa robom zbog mogućnosti oštećenja iste. [4]
- e) Suvremeno doba nameće potrebu za sve bržom, točnijom i pouzdanijom isporukom roba ili usluga, sukladno navedenom porasla je potreba za izgradnjom skladišnih objekata za e-distribuciju. Porast elektronske trgovine uvjetovao je potrebu za razvojem skladišnih objekata koji se koriste za veliku količinu pojedinačnih naredbi, stoga se sam princip rada svodi na način prema kojem funkcioniraju centri za sortiranje. [12] Razlika koja se očituje usporedbom navedenih centara je što se u e-distributivnom centru odvija veći broj ulaznih jedinica i veća količina povrata.
- f) Skladišni objekti za robu u povratu vežu se na priču iz prethodnog poglavlja, glavni subjekt predstavlja E-prodaja kojom se usmjerava pažnja na povratni sustav logistike. Takvim se zahtjevima razvio specifičan oblik skladištenja odnosno skladišnih objekata gdje se skladišti roba u povratu. Nakon povrata, robu je potrebno pregledati, uočiti nedostatke kao što su oštećenja na pakiranju ili oštećenja proizvoda, sortirati robu ili po potrebi prepakirati. Nakon tog procesa

roba se usmjerava prema određenom kanalu povratne logistike ovisno o tome u kakvom se stanju nalazi. [6]

- g) Skladišni objekti institucija javnog sektora predstavljaju specifična skladišna prostora u kojima se ne pohranjuje roba koja se nalazi u sustavu opskrbnog lanca, već se u spomenutima pohranjuje roba koja se koristi u javnim sustavima. Kao primjer navode se vojna skladišna objekti, skladišna objekti robnih zaliha ili skladišna objekti u kojima se skladišti roba koja će se koristiti ukoliko dođe do elementarne nepogode. [12]

### 2.1.3. Prema vrsti robe i vlasništva

Ukoliko se obrati pažnja na vrstu robe također se razlikuju skladišna prostora koji se dijele prema specifikacijama koje svaka roba nosi zasebno. Ukratko se navode skladišna objekti opće namjene za više vrsta roba, skladišna objekti za prehrambene proizvode prema važećim higijenskim i ostalim standardima, carinski skladišna objekti, skladišna objekti za visoko vrijednu robu, skladišna objekti sa kontroliranim klimatskim uvjetima, skladišna objekti za opasne tvari, za tekuće terete, silosi i slično.

Kad se radi o vlasništvu skladišna objekte dijelimo na: [4]

- Privatna skladišna objekte,
- Javna skladišna objekte,
- skladišna objekte u najmu.

Velik dio zemalja koristi skladišna objekte koji su u privatnom vlasništvu. Investiranje u takve skladišna objekte odvija se zbog otvaranja radna mjesta u jednom pogledu, dok u drugom to predstavlja dobit od poslova koji su povezani sa skladištenjem. Uobičajeno su smještena u blizini proizvodnih objekata dok je za njihovu realizaciju važno da postoje sirovine, poluproizvodi i slični elementi. U ovakvim se prostorima mogu pohranjivati elementi i dijelovi nužni za pakiranje i transport proizvoda. [4] Ukoliko nisu smještena blizu proizvodnih pogona, tada su smješteni uz trgovačke zone i tada predstavljaju distributivna centre za gotove

proizvode. Čak postoji mogućnost da se koriste i za neke dodatne aktivnosti kao što su slaganje, pakiranje, kompletiranje roba za skladištenje zamjenskih ili rezervnih dijelova odnosno dijelova koji su nužni za popravak ili održavanje pojedinih proizvoda.

Individualno je gledište o uloženim sredstvima gdje će jedni investitori radije ulagati primjerice u proizvodne pogone a drugi u skladišne prostore. S obzirom da su na tržištu javni skladišni objekti izloženi su čestim vrednovanjima u različitim pogledima, stoga je izuzetno važno da znanje i upravljanje različitim procesima odnosno aktivnostima unutar skladišnih objekata bude u razini sa znanjima i vještinama javnih skladišta. Također osim potrebnih vještina, javni skladišni objekti trebala bi nuditi pogodnosti koje se očituju u odabiru lokacije, tj. korisnici bi svoju robu trebali moći preseliti na drugu lokaciju u onom trenutku kada shvate da im se to čini isplativijim. Osim toga valja spomenuti ugovore koji bi trebali imati mogućnost kraćeg skladištenja čak i na mjesečnim razinama. Uz navedeno, vežu se i prihvatljive i predvidljive cijene, određena razina profesionalnosti pružanja usluga te smanjeni rizik poslovanja. [12]

#### 2.1.4. Skladišni objekti prema načinu izgradnje

Isto kao i kod bilo kojeg građevinskog projekta, troškovi i vremenski period izgradnje skladišnog objekta ovisi o pojedinom projektu. Materijali, veličine i načini gradnje pa čak i uvjeti gradnje stvaraju široku lepezu mogućnosti Montažni skladišni objekti su često metoda koja pruža mnoštvo izbora dobre gradnje drugim riječima stabilne konstrukcije. Ukoliko se unutar skladišnog objekta žele ugraditi dodatni prostori sa posebnim zahtjevima tada troškovi izgradnje rastu proporcionalno sa postavljenim zahtjevima. Što se tiče krovne konstrukcije vrijedi isto, s obzirom na to kakva je krovna konstrukcija odabrana troškovi iste svakako će utjecati na ukupne građevinske troškove. Kao što je već navedeno u prijašnjem dijelu diplomskog rada, skladišni objekti trebaju pružiti odgovarajuće prostore za pohranu odgovarajućih roba i materijala te zaštitu od vanjskih nepogoda. Skladišni objekti moraju biti dizajnirana za smještanje veće količine roba i također za preuzimanje, otpremu, premještanje i ostale aktivnosti koje se obavljaju od strane operativnog osoblja. U sljedećim

odlomcima rada, biti će navedeni skladišni objekti prema načinu izgradnje te će svako od navedenog biti detaljnije obrazloženo. [12]

- a) Otkriveni skladišni objekti,
- b) Natkriveni skladišni objekti,
- c) Zatvoreni skladišni objekti.

a) Otkriveni skladišni objekti predstavljaju prostore na kojima će se skladištiti roba koja nije osjetljiva na vremenske uvjete. Pod navedenim podrazumijeva se roba koja je velikih dimenzija, teška roba kao npr. trupci, kamen, željezničke tračnice, rude, građevinski materijal, pijesak i slično. Isto tako podrazumijeva da se na takvim prostorima skladišti roba koja ne zahtijeva nikakvu posebnu zaštitu od krađe. [12]

b) Natkriveni skladišni objekti obično predstavljaju prostore koji su natkriveni krovnom konstrukcijom. Razlog tome su vanjski utjecaji koji mogu utjecati na robu koja se skladišti u ovakvim vrstama skladišnim objektima. Što se tiče same konstrukcije, najčešće se krov naslanja na nosive stupove ili se s jedne strane naslanja na zid. [12] Drvena građa, cement, vapno, umjetna gnojiva i slično su roba koja se najčešće skladišti u ovakvim skladišnim prostorima.

c) Zatvoreni skladišni objekti razlikuju se prema izvedbi i samoj konstrukciji, pa se sukladno s time dijele na nekoliko vrsta: prizemna (hangarska) skladišta i nadstrešnice, katna ili etažna odnosno regalna skladišta i na kraju specijalizirana skladišta gdje se podrazumijevaju spremnici, hladnjače, silosi, plivajuća skladišta, rezervoari za naftu i slično. [12]

#### 2.1.5. Skladišta prema stupnju mehanizacije

Visok stupanj mehanizacije ili automatizacije dosada je implementiran uz visoke kapitalne troškove u odnosu na kapacitet koji je dobiven. U skladišnim objektima sa ovakvim specifikacijama koriste se specijalizirane funkcije pomoću opreme. Često se tu nalazi mješovita vrsta robe od kojih svaka zahtijeva različite

načine rukovanja. U nekim slučajevima potrebno je uložiti veliki napor u izgradnju odgovarajućih mehanizama ili automatskih skladišnih objekata, iz tog su razloga investitori navedenih specifikacija zahtijevali da se osnuju tvrtke koje će biti specijalizirane za mješovite artikle i različite razine produktivnosti. [9]

Prilikom planiranja, prostor i oprema mogu biti dizajnirani i konstruirani odvojeno, skladištenje i rukovanje opremom treba biti dizajnirano tako da bude efikasno. Nastavno na prethodni tekst, automatizacija ili mehanizacija treba sa vremenom biti prikazana kroz evolucionu proces koji treba prikazati isplativost ulaganja. U nastavku su navedeni skladišni objekti prema stupnju mehanizacije te je svako posebno dodatno objašnjeno: [6]

- a) Nisko mehanizirani skladišni objekti,
- b) Visoko mehanizirani skladišni objekti,
- c) Automatizirani skladišni objekti.

a) U nisko mehaniziranim skladišnim objektima prevladava ručni rad gdje se poslovi uključujući i upravljanje, obavljaju pomoću jednostavne skladišne opreme i manipulativne tehnike kao što su različite vrste kolica pomoću kojih se obavljaju manipulacije. Može se reći kako su nisko mehanizirani skladišni objekti sinonim za čovjek robi, gdje se zaposleni kreću do zadane lokacije, izuzimaju robu i nakon toga je odvoze prema otpremnoj rampi. Takva postrojenja nisu u potpunosti nisko mehanizirana zbog toga što su u mogućnosti koristiti viličare i transportere na određenim mjestima unutar skladišnog prostora. [6]

b) Visoko mehanizirani skladišni objekti predstavljaju skladišta gdje se manipulativne operacije obavljaju sredstvima koja rade automatski ali i sredstvima kojima upravljaju zaposlenici. U takva se sredstva ubrajaju viličari, dizala i slična transportna sredstva koja unutar skladišnih prostora omogućavaju lakše odrađivanje utovara odnosno istovara robe te bolje iskorištenje prostora. Također, olakšan je pristup jedinicama roba, drugim riječima olakšano je izuzimanje ili umetanje jedinica roba. [2]

c) Unutar automatiziranih skladišnih objekata zaposleno osoblje je tu zbog eventualnih zastoja ili slučaja potrebe. Svi skladišni procesi i operacije obavljaju se elektroničkim putem pomoću računala. Svaki automatizirani skladišni objekt temelji se na automatskom smještanju paleta, kutija, paketa. Automatsko skladištenje konceptirano je za nadolazeće aplikacije i industrijske pogone, omogućuje visoku propusnost ulaznih i izlaznih jedinica zbog bržeg manipuliranja robom unutar skladišnog objekta. Isto tako predstavlja kompaktni skladišni prostor gdje se raspoloživo više vremena i lakšom manipulacijom u odnosu na ostale skladišne objekte. Pogodnosti koje se očituju korištenjem automatskih skladišnih objekata su bolja iskoristivost prostora i smanjenje troškova skladištenja, ograničene manipulacije, niže razine zaliha sa povećanom točnošću količine zaliha, ušteda energije te reducirana ekološka svijest, moguća integracija automatskog hibridnih automatiziranih i neautomatiziranih viličara. [6]

## **2.2. Skladišni objekti prema načinu odlaganja tereta**

S obzirom na način odlaganja tereta, svaki tip skladišnog objekta konstrukcijski se razlikuje i ima pojedinačne specifikacije s obzirom na nosivost, razmještaj opreme unutar prostora, mogućnosti manevriranja prilikom obavljanja manipulacija vezanih za robu. U nastavku ovog dijela biti će navedena skladišta te opisane njihove specifičnosti. [3]

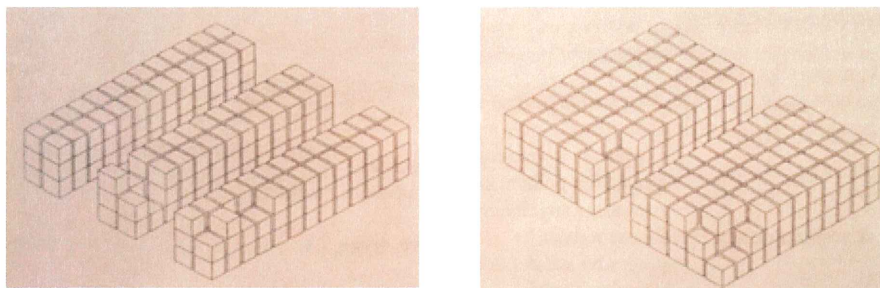
- a) Prizemni skladišni objekti,
- b) Etažni skladišni objekti,
- c) Regalni skladišni objekti,
- d) Specijalna skladišta,
- e) Hladnjače i kondicionirani skladišni objekti,
- f) Silosi,
- g) Skladišni objekti za tekuće i plinovite terete,
- h) Skladišni objekti za opasne terete,
- i) Slagališta za kontejnere i generalne terete,
- j) Slagališta za rasute terete.

a) Hangarska ili drugim nazivom prizemni skladišni objekti predstavljaju zatvorene skladišne prostore prizemne građevinske izvedbe. U principu ne nose nikakvo opterećenje osim tereta koji se unutar ovog prostora skladišti direktno na pod. Pod skladišnog objekta predstavlja površinski prostor na kojem se obavljaju manipulacije, s obzirom da o količini nosivih stupova, karakteristikama zidova i tipovima poda mogu ovisiti strukturalna pa i ekonomična razmatranja, loš dizajn poda utječe na operacije u većini kritičnih puteva (slučajeva). [5] S obzirom na navedene smjernice na koje treba obratiti pažnju prilikom planiranja podnih skladišnih objekata važno je naglasiti kako je sam dizajn poda jedna od najznačajnijih točaka kojoj je potrebno posvetiti jako puno pažnje. Podno opterećenje treba dobro procijeniti kako bi bilo u mogućnosti izdržati velike količine roba. Ovako izvedeni skladišni objekti se sastoje od temelja, nosive konstrukcije i krova gdje se nosiva konstrukcija izvodi od armiranog betona, čelika ili aluminija, pa čak i od drva ili pak lameliranog drva ili sintetičkih materijala. [3]

Načini na koje se kod prizemnog skladištenja mogu odlagati materijali su sljedeći:  
[1]

- slobodnim nasipavanjem ili gomilanjem sipkog materijala na određenoj površini,
- slobodnim odlaganjem bez određenog rasporeda komadnog materijala,
- slaganjem jedinica skladištenja u redove – odnosno na ovaj se način odlažu veće količine asortimana, a manje količine po vrsti komadnog materijala odnosno približno 5 do 8 jedinica skladištenja po vrsti materijala. Iskoristivost površine ovakvih skladišnih objekata iznosi 20 do 30% te je svakoj jedinici skladištenja moguć izravan pristup.
- Slaganje jedinica skladištenja u blokove – primjenjuje se u slučaju manjeg asortimana, a veće količine po vrsti materijala drugim riječima ukoliko je prosječan broj jedinica skladištenja po vrsti materijala veći od 8. Ako se skladištenje temelji na ovakvom principu, tada je iskoristivost skladišne površine veća od 50%, međutim ne omogućava izravan pristup svakoj jedinici koja se skladišti ali je moguć pristup svakoj vrsti materijala. Sljedeća slika prikazuje dva posljednje navedena opisa zbog lakšeg razumijevanja i shvaćanja teorijskog dijela.





**Slika 1: Odlaganje jedinica u blokove**

Izvor: Dundović Č., Hess S. [17]

Hangarski skladišni objekti zapravo predstavljaju prizemne skladišne prostore univerzalnog tipa i služe za slaganje svih vrsta generalnog tereta. Ukoliko je potrebno moguće je osposobiti za specijalne namjene poput hladnjača, kondicioniranih skladišnih objekata, skladišni objekti za fosfate, rasute kemikalije i slično. Nedostaci koji se očituju kod hangarskih skladišnih objekata su potrebne velike površine za izgradnju, manje su iskoristivosti s obzirom na skladišne površine, isto tako manje su iskoristivosti obujma skladišnog prostora, složeniji su problemi rukovanja materijalima te su veće poteškoće ukoliko se žele postići automatizirani skladišni procesi. [8]

- b) Etažni skladišni objekti podrazumijevaju kao što samo ime kaže višekratne odnosno etažne građevine gdje je skladišni prostor izgrađen na nekoliko katova. Takvim pristupom dobiva se mogućnost da se na istom zemljištu postigne više skladišna površina. Kako bi se omogućila takva gradnja, potrebno je čvrsta konstrukcija koja je u mogućnosti podnijeti gornje katove zgrade i sav teret koji je tamo smješten posebno u slučaju kada je u potpunosti ispunjen kapacitet skladišnog objekta. Iz gore navedenih razloga ukupna težina zgrade i tereta iznimno je velika što iziskuje jake temelje, a izgradnja je moguća samo ako tlo ima odgovarajuću nosivost. [9] Ovakvi skladišni objekti omogućavaju smještanje velikih količina robe čak i tamo gdje su ograničene mogućnosti korištenja prostora zahvaljujući visini. Unutar skladišnog objekta prostor je podijeljen uzdužno i poprečno stupovima na više polja. O tome koliko će gusto odnosno u širinu biti postavljeni stupovi odlučuje opterećenje zbog kojeg se skladište gradi. U procesu razmještaja stupova treba obratiti pozornost da se dobije što veći prostor za skladištenje i rukovanje teretom. [6]

- c) Regalni skladišni objekti predstavljaju kombinaciju etažnih i hangarskih skladišnih objekata. Njihov razvitak očituje se tek nakon razvitka navedenih kombinacija skladišnih objekata, ali se njihova uporaba naglo širi. Upotrebljavaju se za paletizirane terete odnosno one kojima se može rukovati na isti način. Specifični su po odvojenosti konstrukcije koja nosi težinu tereta i one koja štiti skladišne objekte od vanjskih utjecaja. Takvim se načinom dobivaju velike prednosti u odnosu na hangarske i etažne izvedbe te se istovremeno ublažavaju nedostaci. Kod ovakve vrste skladišnog objekta, teret se smješta u za njega predviđene regale. Regali su čelične konstrukcije, razmješteni u nizove i nalaze se u dugo paralelno postavljenim redovima. Iznad regala, nalazi se lagana čelične konstrukcije koja štiti skladišni prostor. [8] Obzirom na to da ne nosi teret relativno je pristupačna po cijeni, a sami regali ravnomjerno su raspoređeni zbog lakšeg podnošenja tereta. Visina u koju se obično montiraju je od 12 do 16 metara, dok najviša razina koja je podnošljiva može sezati sve do 20 metara. Regale je moguće prilagoditi potrebama tereta koji će se na njima skladištiti i opremi koja se koristi unutar skladišnog objekta zbog toga što su prolazi unutar skladišta prilagodljivi, različitih širina te ih je dobrim razmještajem lako organizirati u svrhu efikasnog i produktivnog manipuliranja i odvijanja aktivnosti unutar skladišnog objekta.
- d) Skladišni objekti koja se obično koriste za specijalne namjene nazivaju se još i specijalni skladišni objekti. Takvi prostori namijenjeni su posebnoj vrsti robe koja zahtijeva posebne uvjete skladištenja kao što su žitarice koje se skladište u silosima, sipki tereti koji su u rasutom stanju, skladišni objekti za tekuće tरेte ili hladnjače. [6] Često su ovakvi skladišni objekti mehanizirani te je rad ljudskog faktora u potpunosti minimiziran.
- e) Brzo pokvarljivi prehrambeni proizvodi skladište se u hladnjačama koje su najčešće prizemne konstrukcije i kao takve su dio općeg transportnog lanca zbog čega roba koja se skladišti u hladnjačama stiže u ohlađenom stanju prema propisanim uvjetima za određenu robu. Imajući na umu kako klimatski uvjeti ni u jednom trenutku ne smiju poremetiti uvjete koje zahtijeva roba dok s druge strane treba organizirati manipulacije tako da vrijeme utrošeno za iste bude minimalno.

[6] Zapravo je to razlog zbog čega se u hladnjače uvodi kolosijek u manipulativni prostor prizemlja, kako bi se utovar i istovar vagona-hladnjača izvodio u zatvorenom prostoru.

- f) Prostori gdje se smještaju, čuvaju odnosno skladište žitarice u lukama ili terminalima nazivaju se silosi. Silosi predstavljaju objekte vrlo visoke građevinske konstrukcije, velike nosivosti i opterećenja na površini zbog čega se prilikom gradnje izvode raznovrsna ispitivanja kao što je nosivost tla. Što se tiče gradnje, postoji tri različite izvedbe a to su silosi s jednim ili dva odjeljenja kojima je površina osnovice u odnosu na visinu valjka, drugi primjer je silos s komorama koji sadrži velik broj manjih odjeljenja kvadratnog ili okruglog presjeka koji ima malu površinu osnovice i veliku visinu. U ovakvom se silosu najčešće skladište različite vrste žitarica. Posljednji primjer silosa je silos koji je izgrađen poput klasičnog skladišnog objekta, ali s manjom visinom katova, te se teret rasprostire po podu i može se kroz otvore spuštati s jednog na drugi kat. [12] Najčešće viđeni oblik silosa je onaj sa komorama, gdje se punjenje teretom odvija sipanjem odozgo, a način pražnjenje odvija se na donjoj strani komore gdje ujedno postoje uređaji za vaganje i uvrećavanje, prilikom čega se ubrzava postupak ukrcanja kopnenih prijevoznih sredstava. Visina komora je od 30 do 50 metara, dakako sve ovisi o veličini silosa ali i sama zgrada strojnice može biti viša od 45 do 70m.
- g) Prilikom konstruiranja spremnika odnosno skladišnog objekta za tekuće i plinovite terete važno je odabrati najbolje materijale kao podršku za kvalitetno skladištenje. Ovakvi spremnici dostupni su u mnogim oblicima: okomito, vodoravno cilindrično, sa ravnim dnom, sa duplim dnom. Ako se radi o veliki spremnicima tada su oni obično postavljeni vertikalno ili imaju zaobljeni uglati prijelaz od vertikalne bočne stjenke do profila dna kako bi se omogućilo lakše zadržavanje hidrostatskog induciranoog tlaka. Također krov spremnika ima vrlo važnu funkciju kada je riječ o spomenutim spremnicima jer sprječava zagađenja tereta i isparavanje tereta u atmosferu te se na taj način sprječava zagađenje okoliša. Kod velikih postrojenja, ugrađuje se sustav za skupljanje para, a njegova je funkcija da se odstrani količina tereta koji isparava i da se zaštiti atmosfera od zagađenja. Čak postoje spremnici u koje se može uskladištiti veći broj različitih tereta istovremeno ali i spremnici koji se dizajnirani posebno za određenu vrstu tereta. [6]

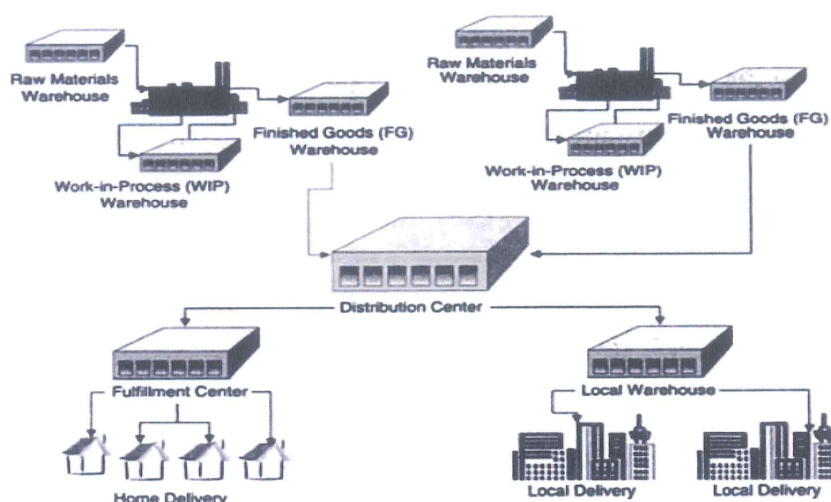
- h) Spremnici za opasne terete trebaju biti u skladu sa svim propisima koji se odnose na prihvatanje, rukovanje, slaganja i osiguranje smještaja robe i zaštitu drugih materijala od opasnih tereta. Neki spremnici za zahtijevaju plutajući krov pored ili umjesto fiksiranog krova i konstrukcije. Ovaj plivajući krov diže i pada s razinom tekućine unutar spremnika, čime se smanjuje prostor para iznad razine tekućine. Plutajući krovovi se smatraju sigurnosnim zahtjevom, kao i mjerama za sprečavanje onečišćenja za mnoge industrije, uključujući rafiniranje nafte. Opasni teret treba propisno biti pakiran, što znači da neke vrste ambalaže koje su u uobičajene u transportu ovdje nisu dopuštene. Isto tako ovakav teret sa sobom mora imati popratne dokumente sa posebnom oznakom da spadaju u opasnu kategoriju i prema tome se prilagođavaju postupci uskladištenja. Razlikuju se stvari sklone eksploziji, samozapaljenju, zapaljive tvari, tvari koje podržavaju gorenje, otrovne i radioaktivne tvari. [8]
- i) Slagalište za kontejnere predstavlja posebnu vrstu skladišnog objekta gdje se prihvaća i skladišti teret koji nije osjetljiv na vanjske utjecaje. Najveću površinu kod ove vrste skladišnog objekta predstavljaju kontejnerski terminali. Na takve se terminale slažu kontejneri koji se zadržavaju na području terminala, osim onih koji su na popravku ili zahtijevaju poseban režim održavanja. Uvijek se nastavljaju na operativnu obalu bez obzira na oblik pri čemu je veličina određena raspoloživim prostorom, propusnom moći terminala, koeficijentom obrta na slagalištu i metodama slaganja. Sama površina predstavlja prostor za slaganje kontejnera i prometnice za unutarnji transport, ako se slagalište tek projektira potrebno je pažnju usmjeriti na nosivost tla i ukupnu te korisnu površinu zajedno sa propusnom moći slagališta. Kontejneri se slažu prema unaprijed isplaniranom redu, prema kriterijima kao što su vlasnici kontejnera, brodske linije, vrijeme otpreme, vrsti kontejnera i popunjenosti. Kondicionirani kontejneri se uvijek odvajaju zbog toga što moraju biti priključeni na električnu mrežu, a priključci se u pravilu izvode u kutijama koje su smještene u podlozi ili sa strane u prostoru za smještaj kontejnera. S druge strane postoje zatvoreni skladišni objekti za kontejnere koja su prizemne i lagane konstrukcije, te su najčešće opremljeni sa uređajima za vaganje robe, pregled robe, carinsku kontrolu i punjenje kontejnera. [12] Ovakva se slagališta grade onda kada terminal radi na principu „od luke do

luke“ što zahtijeva punjenje kontejnera u luci prilikom odlaska iz luke, a pražnjenje pri dolasku u luku. Kontejneri se slažu pomoću poluprikolica i prikolica, portalnih prijenosnika malog raspona, mosnih kontejnerskih dizalica, auto dizalica, viličara ili kombinacijom neke od navedenih metoda.

- j) Slagališta za rasute terete prilikom planiranja trebaju utvrditi količinu zaliha i kapacitet skladišnih objekata koje će djelovati poput kompezatora i regulatora između ponude i potražnje. Bez obzira što je terminal samo jedna od karika unutar transportnog lanca nosi važnu ulogu kako bi čitav transportni sustav funkcionirao, stoga ukoliko količina zaliha padne ispod određene razine na teret će čekati ili industrijski pogon ili brod. Analogno tomu, ukoliko je zapremnina skladišnog objekta nedovoljna sredstva koja dovoze teret na terminal biti će prisiljena čekati dok se ne oslobodi mjesto. Ruda i ugljen predstavljaju terete koji se skladište većinom na otvorenom skladištu, pa se takvi skladišni prostori zbog ekonomičnosti postavljaju što bliže obalnoj liniji. Zbog ograničene površine plan je da se na što manju površinu smjesti što više tereta, međutim količina ne ovisi samo o svojstvima tereta nego i o visini koju je dopušteno dosezati. [12] Često su slagališta odijeljena parcelama koje se dijele pomoću uzdužnih puteva i paralelna su sa obalom, a služe za prolaz kolosijeka, cesta i poprečnih puteva.

Skladišni objekti ili distributivni centri predstavljaju komercijalne zgrade koje se koriste za skladištenje dobara kao i dinamičko uravnoteženje tokova materijala, količinski i prostorno u svim fazama poslovnog procesa. Uz učinkovitu primjenu unutarnjeg transporta, skladište treba osigurati neprekidnost proizvodnje. Taj se kontinuitet osigurava tako da tok materijala teče po unaprijed određenom redu, planski i sustavno, bilo da se radi o ulazu sredstava za proizvodnju u proizvodni sustav, bilo o toku materijala unutar proizvodnog sustava, njegovoj preradi i doradi u procesu proizvodnje ili da se radi o izlazu materijala radi prodaje. Glavni cilj za skladišne objekte i distributivne centre predstavlja kretanje dobara od dobavljača do krajnjeg korisnika sa najkraćim mogućim vremenom dostave uz najmanje moguće troškove. Skladišni objekt može se smatrati jednim od glavnih subjekata u lancu opskrbe. Bez obzira na integraciju sustava, opskrbni lanac nikada neće doseći razinu da funkcionira bez skladišnog objekta. Skladišni objekti osim što skladište i

pohranjuju robu, materijale, komponente imaju aktivnosti dodatne vrijednosti, prepakiravanja, pohranu na jednom mjestu, okrupnjavanje i slično. Slika 2 prikazuje prethodno opisanu ulogu skladišnih objekta u sveukupnoj logističkoj mreži. [8]



Slika 2: Uloga skladišta u logističkoj mreži

Izvor: Tommy Blomqvist [17]

Raspored unutar skladišnog objekta jedan je od izazovnih poslova, da bi se donijela optimalna odluka o pozicioniranju određenih proizvoda potrebno je razmotriti niz čimbenika koji utječu na konačnu odluku. Svaka skladišna funkcija treba biti oprezno implementirana u skladu sa ostalima kako bi se postigli operativni ciljevi koji su posebno izraženi kod termina vezanih za kapacitet, propusnost i razinu podrške korisnicima. Autori često pokušavaju prikriti kompleksnost navodeći slijed procesa pomoću kojih se dobivaju prikladna rješenja, međutim to u praksi nije tako jednostavno jer velik broj važnih odluka nije moguće poistovjetiti sa optimalnim rješenjem. [2] Za rezultat, koraci prilikom procesa rasporeda skladišnog objekta trebaju biti međusobno povezani i metode se trebaju ponavljati prilikom donošenja odluka.

### 3. NACRTI SKLADIŠNIH OBJEKATA

S obzirom na tržište koje se konstantno mijenja i sa sobom nosi nove zahtjeve i nova rješenja istraživanja pokazuju kako menadžeri troše 30 do 70% vremena na planiranje procesa, organizacije skladišnih prostora i različite optimizacije koje odgovaraju postavljenim zahtjevima. [2] Voditelji skladišnih objekata većinom su zauzeti organizacijom ispunjenja dnevnih dostava, organizacijom prioriternih zahtjeva ili rješavanju drugih problema nastalih tijekom radnog vremena koja oduzimaju dosta vremena u planiranju. Na žalost zbog mnogih promjena dnevnih zahtjeva suočeni su sa pronalaženjem prostora za odlaganje proizvoda, lociranje materijala istovremeno kada je i vrijeme za otpremu, odrađivanje velikih narudžbi i rukovanje posebnim zahtjevima prema krajnjim korisnicima. Pametno planiranje može rezultirati smanjenjem ili eliminacijom problema koji nastaju tijekom dnevnih operacija. Menadžeri skladišnih objekata, inženjeri ili zamjenici voditelja skladišnih objekata imaju zadatak isplanirati prostor i raspored skladišnog objekta što u stvari predstavlja ključ uspješnog poslovanja. Zahtjevi kojih se treba pridržavati prilikom planiranja prostora i rasporeda skladišnog objekta su sljedeći:

- Potreba za fleksibilnošću prilikom uvođenja promjena,
- Pristupačnost i položaj roba,
- Podrška klijentima prilikom postavljenih zahtjeva (upita),
- Sigurnost,
- Iskorištenje prostora i smanjenje troškova. [1]

Često se ovim problemom bavi jedna osoba, a to ustvari nije rješenje. U proces planiranja trebali bi biti uključeni svi zaposlenici posebice oni koji predstavljaju ključ skladišnog objekta, a to su menadžer skladišnog objekta, zaposlenici koji vode računa o ulazu i izlazu robe, zaposlenici koji vode računa o zalihama roba, disponenti i ostali. Ukoliko je naveden tim ljudi dobro povezan i funkcionira slobodno, odnosno bez ustručavanja davanja vlastitih mišljenja i prijedloga koji bi mogli pridonijeti boljoj organizaciji i planiranju budućih procesa, ostvarivanju ideje i predlaganju solucija koje će omogućiti funkcionalno odrađivanje procesa. [1] Takav način rada, za rezultat bi

dao najbolju soluciju za sam dizajn budućeg skladišnog objekta koji bi na kraju krajeva omogućio nesmetano odvijanje skladišnih operacija.

### 3.1. Planiranje skladišnog prostora

Planiranje prostora spada pod dio znanosti o skladištenju koja podrazumijeva kvantitativnu procjenu skladišnog prostora prema unaprijed definiranim zahtjevima. Kao i bilo koja druga znanost, prostorno planiranje iziskuje specifičnu metodologiju i sastoji se od sljedećih točaka: [1]

- Odrediti ciljeve prostornog planiranja,
- Odrediti aktivnosti kojima će se ostvariti ciljevi prostornog planiranja,
- Odrediti prostorne potrebe prema svakom elementu koji je potreban za obavljanje aktivnosti,
- Odrediti ukupni prostor koji je potreban.

Prve dvije točke prilikom prostornog planiranja definirane su aktivnostima, tehničkom opremom, informacijama i sličnim zahtjevima koji su potrebni za nesmetano manipuliranje unutar skladišnog prostora. Treća točka uključuje određivanje zahtjeva koji su povezani sa ostalim elementima i prostorom koji je potreban za obavljanje aktivnosti. Spomenuti elementi podrazumijevaju osoblje, robu sa kojom se manipulira, robu koja se skladišti, servise koji su potrebni za održavanje i komunalne usluge. U distributivnom dijelu skladištenja, osim navedenih elemenata dodatno mogu biti uključene dorade proizvoda, ispitivanje kvalitete, prepakiranje, sklapanje opreme, prikupljanje, sortiranje i deklariranje. Posljednja točka kombinacija je prostornih zahtjeva zajedno sa individualnim elementima koji u konačnici prikazuju ukupni prostor koji je potreban. [7]

U prošlosti, glavne aktivnosti prema kojima se radio prostorni plan bile su preuzimanje, slanje i skladištenje robe. U današnje vrijeme brzi zahtjevi odnosno *Just in time* okruženje za sobom povlače dodatne zahtjeve na koje je potrebno obratiti pažnju prilikom prostornog planiranja. Aktivnosti dodatnih vrijednosti povezuju se sa distribucijom i proizvodnjom u procesu skladištenja. Najvažnije skladišne funkcije



javlja se u prijamnim i otpremnim zonama, na žalost te aktivnosti se zanemaruju u odnosu na ostale. Prijenos kontrole nad robom javlja se u prijamoj zoni. Dok u otpremnoj zoni, događa se prijenos između skladišnog objekta i prijevoznika odnosno korisnika. Ukoliko taj prijenos nije izveden efikasno, efektivno, sigurno i točno dolazi do mogućnosti ne zadovoljenja potreba korisnika, bez obzira na ostale aktivnosti unutar skladišnog objekta. [11]

Efektivnost i efikasnost distribucijske mreže određene su aktivnostima u čvorištima navedene mreže, drugim riječima logističkim centrima. Efektivnost i efikasnost ovise o dizajnu skladišnog sustava. Skladišni dizajn se može opisati kao hijerarhijski sustav koji uključuje strateške, taktičke i operativne odluke. Strateški odluke obuhvaćaju odabir sustava i opreme temeljem tehničkih mogućnosti, funkcije skladišnog objekta, rasporeda procesnih tokova koji se temelje na troškovnim ograničenjima. Taktičke odluke bave se odabirom dimenzija resursa i organizacije rasporeda kao što su skladišni prostori i odabir opreme. Izvedba navedenih sustava se također nalazi u taktičkim odlukama. Operativne odluke bave se dodjeljivanjem zadataka, planiranjem i kontrolom osoblja i opreme. [11]

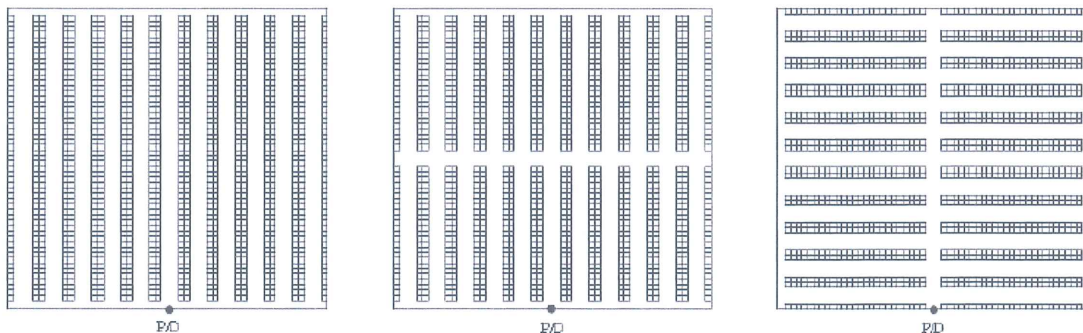
Ovisno o pristupu koji se koristi, proces skladišnog rasporeda sastoji se od određenog broja ključnih koraka:

- Definirati poslovne zahtjeve i predodređena ograničenja,
- Definirati i prikupiti podatke,
- Formulirati planiranu bazu podataka prema prikupljenim podacima,
- Definirati operativne aktivnosti,
- Odrediti tipove opreme,
- Razviti ekološke aspekte,
- Definirati unutarnji i vanjski raspored,
- Podignuti razinu procesa i informacijskih sistema,
- Fleksibilan raspored,
- Potrebna količina opreme,
- Potreban broj zaposlenika,
- Prilagoditi raspored u odnosu na poslovne zahtjeve i ograničenja,

- Definirati konačan raspored. [6]

### 3.2. Optimalni raspored prostora za pohranu

U ovome dijelu rada biti će prikazani rasporedi skladišnog prostora za skladišne objekte koji koriste paletne regale, drugim riječima regalne skladišne objekte. Podni skladišni objekti sa prolazima imaju iste karakteristike kao i regalni skladišni objekti. Aktivnosti unutar tako raspoređenih skladišnih objekta odvijaju se pojedinačno bez obzira radi li se o pojedinačnoj pohrani jedinica ili pojedinačnim izuzimanjima jedinica. Budući da se za određeni kapacitet skladišnog prostora (broj mjesta za skladištenje) mogu napraviti različite mogućnosti iskorištenja pri tome se misli na promjenu broja prolaza i duljine prolaza dolazi se do pitanja koji raspored je optimalan s obzirom na krajnji cilj. [5] Krajnji cilj mogu biti troškovi koji podrazumijevaju ukupne investicijske i operativne troškove. Za određeni kapacitet, različiti rasporedi skladišnih prostora vežu uz sebe različite troškove s obzirom da je potrebna specifična dužina (samim time volumen) prednjeg prolaza. Iako valja napomenuti da su navedene razlike u većini slučajeva zanemarive i može se pretpostaviti kako određeni kapacitet definira ukupni prostor za pohranu. Različitost troškova očituje se također ukoliko je potrebno graditi dodatne zidove oko određenih zona. Operativni troškovi predstavljaju troškove kretanja unutar promatranog prostora. [10] Većina modela u literaturi optimizira raspored minimiziranjem očekivane udaljenosti putovanja do mjesta za pohranu odnosno izuzimanje jedinica. Na slici 3. prikazan je tradicionalni prostorni raspored (lijevo), tradicionalni prostorni raspored s jednim poprečnim prolazom (sredina) i tradicionalni prostorni raspored sa poprečnim prolazom okomitim na prednji zid (desno). [14]



Slika 3: Tradicionalni prostorni rasporedi sa mogućim prolazima

Izvor: Roodbergen K. J. [14]

Jednostavna metoda izračuna za optimalan raspored pohrane objašnjen je u nastavku. Ovaj model smanjuje očekivani prijeđeni put u pravokutnom skladišnom prostoru s paralelnim prolazima za pohranu. Podrazumijeva skladišni prostor kapaciteta  $Q$  skladišnih lokacija po sloju, za lokaciju pohrane dimenzija  $l_1 \times b_1$ , širinu paralelnih prolaza  $b_2$ , i širinu glavnog prolaza  $b_3$ . Isto tako, dimenzije mogu biti prikazane dužinom paralelnog prolaza  $L_r$  i širinom prostora  $B_r$  kao funkcija broja prolaza  $n_1$ , kako je prikazano u nastavku:

$$L_r = \frac{Q \cdot b_1}{2 \cdot n_1} \quad [14]$$

$L_r$  = duljina paralelnog prolaza,

$Q$  = kapacitet skladišnog prostora prema skladišnim lokacijama,

$b_1$  = širina jedne lokacije pohrane,

$n_1$  = broj prolaza

$$B_r = n^1 \cdot 2 \cdot l^1 + n_1 \cdot b_2 \quad [14]$$

$B_r$  = širina skladišnog prostora,

$n^1$  = broj prolaza,

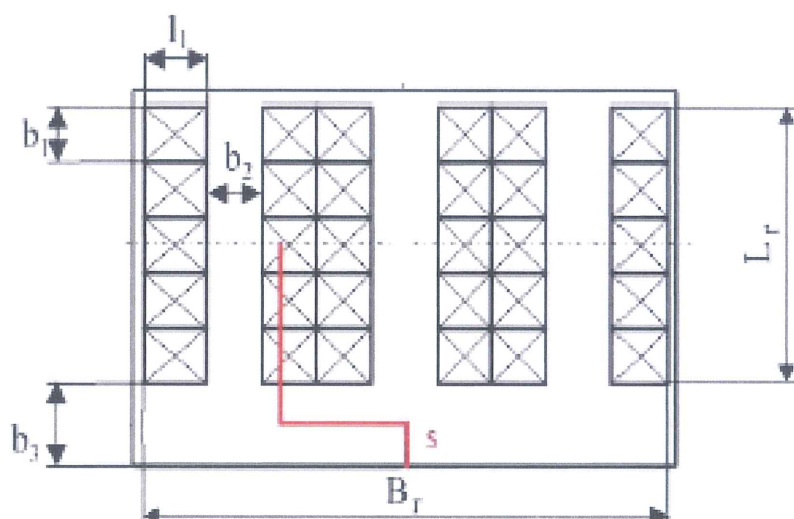
$l_1$  = duljina jedne lokacije pohrane,

$b_2$  = širina paralelnih prolaza.

Ukoliko skladište funkcioniše na principu slučajne pohrane jedinica, odnosno ako se jedinice izuzimaju i pohranjuju s bilo kojeg mjesta te ima jedna ulazno izlazna rampa koja služi za skladištenje, preuzimanje i izdavanje robe, a nalazi se u sredini prednjeg prolaza očekivani put ( $s$ ) do mjesta za pohranu može se prikazati formulom: [14]

$$s = \frac{L_r}{2} + \frac{B_r}{4} + b_3, \quad [14]$$

- $s$  = očekivana duljina puta,
- $L_r$  = duljina paralelnog prolaza,
- $B_r$  = širina skladišnog prostora,
- $b_3$  = širina glavnog prolaza.



Slika 4: Pristup slučajne pohrane jedinica

Izvor: Roodbergen K. J. [14]

Rampa može biti locirana na bilo kojem mjestu duž prednjeg prolaza ili u kutu prednjeg prolaza, međutim slijedeći literature različitih autora optimalno smještanje rampe je upravo na sredini prednjeg prolaza. Ukoliko se rezultati prve i druge formule koriste u trećoj formuli dobiva se za rezultat duljina putovanja prikazana kao funkcija koja sadrži jednu varijablu, drugim riječima rezultat je broj prolaza. Iz navedenog proizlazi da je  $s=f(n_1)$ . Pronalaženje minimuma daje optimalni broj prolaza: [14]

$$n_1 = \sqrt{\frac{Q \cdot b_1}{2 \cdot l^1 + b^2}} \quad [14]$$

Gore spomenuti  $Lr$  i  $Br$  mogu se izračunati koristeći prvu i drugu formulu. Teoretski, oblik nastanka optimalnog izgleda je pravokutan s omjerom  $Lr : Br = 1 : 2$ , dok bi se u praksi mijenjao zaokruživanjem broja prolaza do cijelog broja. Iz modela optimalnog rasporeda skladišnog objekta očito je da stražnji prolaz u glavnom rasporedu nije ni potreban. Nadalje, dodavanje jednog ili više protočnih prolaza nije korisno zbog toga što dovodi samo do povećanja ukupnog potrebnog prostora i povećanja očekivanog putovanja do pojedinačnih jedinica. [14]

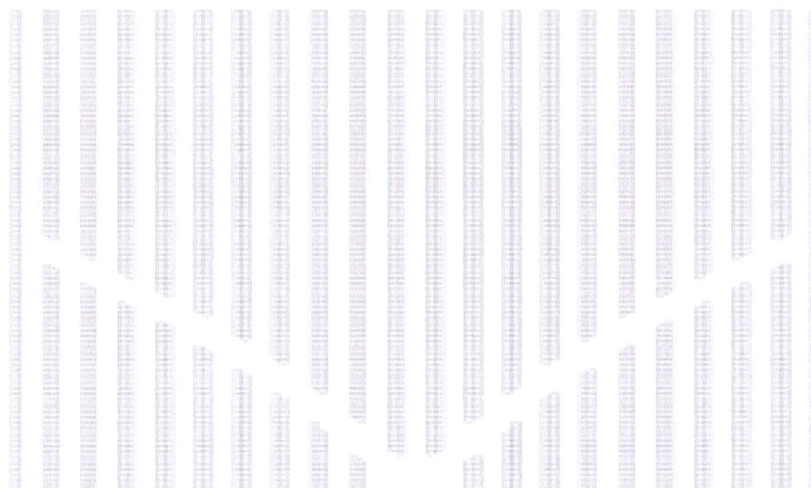
Ukoliko se upotrebljava drugačiji operativni pristup, odnosno kombinacija jednog naloga za pohranu i jednog naloga za komisioniranje u dvostruki nalog (preplitanje), neće doći do povećanja učinkovitosti u postojećem rasporedu, ali će se stvoriti prilika za daljnje poboljšanje promjene rasporeda. Dvostruki nalog prikazuje učinkovitost dvostrukih operacija s obzirom na jednostruki nalog, te se navedeno očituje s uštedama u rasponu od 16 do 33% u odnosu na različite oblike i veličine tradicionalnih rasporeda. [15] Učinkovitost dvostrukog naloga s obzirom na jednostruki neusporedivo je veća u skladištima čiji raspored sadrži poprečni prolaz u sredini, osim u vrlo malim skladištima kao što je prikazano na slici 3. (desno).

Putovanje s mjesta pohrane na mjesto preuzimanja jedinica koristeći dvostruki nalog mnogo je učinkovitije u skladištu čiji raspored koristi poprečni prolaz u sredini. Autori koji su razvili model za optimizaciju rasporeda skladišnog objekta sa dvostrukim nalogom pokazali su kako skladišni objekti imaju manji broj prolaza koji su uži i viši u odnosu na skladišne objekte koji su optimizirani za putovanja koristeći jedan nalog. Također analiziran je izgled s poprečnim prolazom usred prolaza koji je paralelan s prednjim zidom kao što je prikazano na slici 3. (sredina). Navedeni raspored, kao i prethodni, ima veću učinkovitost u odnosu na osnovni raspored (u nekim slučajevima čak i za jedan nalogodavni ciklus), a oba rasporeda umanjuju putovanje dvostrukog naloga odnosom visine i širine. Raspored prikazan na slici 3 (desno) puno je bolji u odnosu na raspored prikazan na istoj slici (sredina) sa širokom lepezom parametara, iako je raspored prikazan u sredini puno uobičajeniji za

korištenje u praksi. Razlog tome može biti manja ovisnost o jednoj centralnoj točki (rampi) gdje se odvija prikupljanje, preuzimanje i otpremanje (P&D)<sup>3</sup>. [14]

### 3.3. Ne tradicionalni raspored skladišnog objekta

Tradicionalni rasporedi skladišnog objekta temelje se na pretpostavkama kako poprečni prolazi moraju biti ravni i pod pravim kutom s ciljem koji omogućava izuzimanje, robe i kako isti ti prolazi trebaju biti raspoređeni u jednom smjeru. Autori prikazuju kako takav dizajn ograničava efikasnost i produktivnost. Razlog tome može se prikazati preko potrebe za povećanim brojem zaposlenika i većim transportnim putem. U rasporedu gdje se koriste paralelni prolazi kod prikupljanja, a gdje poprečni prolazi mogu biti drugačije raspoređeni, transportni put za prikupljanje pojedinačnih paleta je 10% kraći u odnosu na tradicionalni raspored skladišnog objekta. [16] Kao što prikazuje slika 5.



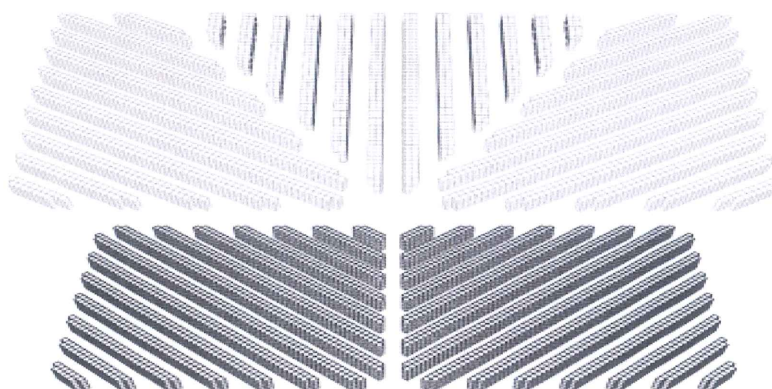
Slika 5: Raspored "V"

Izvor: Hosein Bidgoli [16]

Raspored riblje kosti uključuje prethodno naveden oblik „V“, gdje se „V“ proteže preko cijelog skladišnog objekta. Prolazi za prikupljanje ispod „V“ su horizontalni dok su prolazi iznad „V“ vertikalni. Očekivana udaljenost prikupljanja kod rasporeda riblja kost je od prilike 20% kraća nego kod tradicionalnih rasporeda. Slično tradicionalnim rasporedima sa poprečnim prolazima, alternativni rasporedi

<sup>3</sup> P&D – depot, pickup and delivery point – Eng. mjesto prikupljanja, preuzimanja i otpremanja

zahtijevaju 3 – 5% veću površinu prostora u odnosu na tradicionalne koji su dizajnirani da minimiziraju transportni put unutar skladišnog objekta. Usporedba rasporeda riblje kosti koja je optimizirana za dvostruki nalog i tradicionalnim skladištima koja su optimizirana na isti način pokazala je kako optimalan raspored riblje kosti smanjuje transportni put kod dvostrukog naloga za 10-15%. Nedostatak rasporeda riblje kosti je ograničen pristup prostoru za pohranu zbog jedne centralne P&D točke. Iz tog su razloga autori osmislili treći raspored i nazvali ga skladište s rebrastim prolazima. Očekivane vremenske vrijednosti za odlaganje i izuzimanje jedinica u ovom su rasporedu vrlo slične vrijednostima rasporeda riblje kosti. [16] Oba rasporeda prikazana su u nastavku na slici 6.



Slika 6: Raspored riblje kosti i raspored sa rebrastim prolazima

Izvor: Hosein Bidgoli [16]

#### **3.4. Redosljed prikupljanja u tradicionalnom i ne tradicionalnom rasporedu skladišnog objekta**

Prilikom planiranja rasporeda važno je voditi računa o redosljedu prikupljanja jer isti može imati veći utjecaj na učinkovitost skladišnih operacija. Postupak prikupljanja, definiran kao proces izuzimanja jedinica sa pozicija pohrane predstavlja zahtjev kupca te istovremeno predstavlja najzahtjevniju i najskuplju aktivnost u skladištu pri čemu čini 55% ukupnog poslovanja. Pored pritiska koji se stavlja na smanjenje troškova, dodatni pritisak nameće se na tvrtke da svoje proizvode isporučuju brže u odnosu na prijašnje stanje. Presudna poveznica između brzine

prikupljanja i brzine dostave je činjenica da što se prije obavi prikupljanje narudžbe, to narudžba prije može biti dostupna za isporuku kupcu. [15] Stoga je vrlo važno da se ulože napor u smanjenje troškova prikupljanja, odnosno da se poboljša učinkovitost prikupljanja narudžbi. Jedan od načina za poboljšanje procesa prikupljanja je preuređenje skladišnog objekta odnosno nova oprema, automatizirani sustavi i računalni procesi, dok je drugi način poboljšanja operativne učinkovitosti prikupljanja, korištenje odgovarajuće operativne politike.

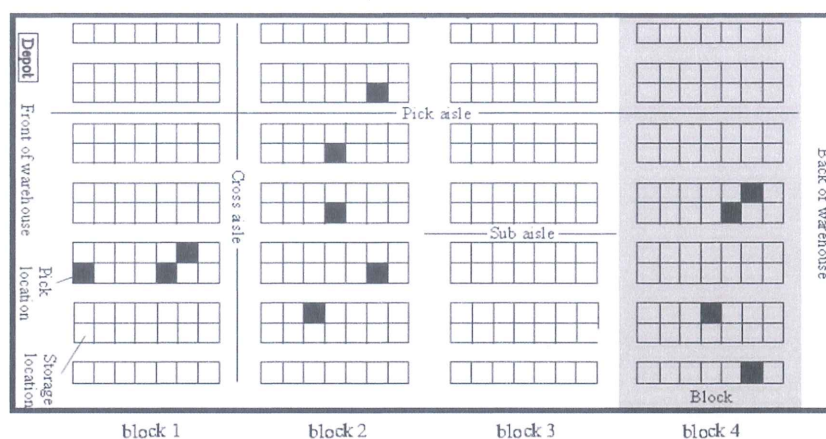
Vrijeme za prikupljanje može se podijeliti u tri komponente. Prva komponenta je vrijeme potrebno za transportno putovanje između jedinica, druga je vrijeme za prikupljanje jedinica i posljednja predstavlja vrijeme za ostale aktivnosti. Činjenica da oko 50% ukupnog vremena prikupljanja otpada na prijedni transportni put, upućuje na to da postoji potencijal za poboljšanje učinkovitosti prikupljanja smanjenjem udaljenosti transportnog putovanja. [15] Većina metoda poboljšanja operativne učinkovitosti prikupljanja usmjerena je na smanjenje vremena transportnog putovanja, stoga može biti smještena u jednu od tri grupe operativne politike: usmjeravanje (rutiranje), pohranu i doziranje.

Metode usmjeravanja određene su redoslijedom prikupljanja i rutama putovanja, čime se pokušavaju smanjiti ukupne udaljenosti transportnog puta. Metode pohrane ili dodjeljivanje jedinica za lokacije pohrane temelje se na nekim pravilima koja bi mogla smanjiti udaljenosti putovanja u odnosu na slučajni način dodjeljivanja lokacija za prikupljanje. Metoda doziranja odnosno grupiranja dviju ili više narudžbi kupaca prilikom jednog prikupljanja također je vrlo učinkovita za smanjenje ukupne udaljenosti putovanja. Izvedba metoda, ovisi također o ostalim metodama koje se koriste, stoga je važno razumjeti povezanost između njih. Za određeni raspored prikupljanja, postoje karakteristike prikupljanja i ostali čimbenici koji utječu na prikupljanje stoga je moguće provesti odgovarajuću metodu odabira prikupljanja. Analiza metoda prikazala je nezamisliv utjecaj rasporeda na svojstva prikupljanja. Stoga, pronalaženje optimalnog rasporeda za prikupljanje dovest će do smanjenja očekivanog transportnog putovanja, a rezultirati će smanjenjem troškova i povećanje brzine odgovora na naloge. Raspored prikupljanja može se danas pronaći u većini skladišnih objekata za svaku skladišnu zonu posebno. [16]



Osnovni oblik prikupljanja ima paralelne prolaze, središnju točku preuzimanja jedinica i otpremanja i dvije mogućnosti za promjenu prolaza (npr. dva poprečna prolaza) jedan na prednjoj strani skladišnog objekta i jedan na stražnjoj strani skladišnog objekta kao što je i prikazano već na slici 3. [14] Nelinearni model programiranja optimalnog prikupljanja ima za cilj pronaći minimalni prosjek transportnog puta prikazan kao funkcija broja rasporeda varijabli i parametara (broj prolaza, duljine prolaza uključujući skladišne police, širine poprečnih prolaza) prema unaprijed definiranim uvjetima. Ako se pak prikupljanje obavlja prema pravilima usmjeravanja „S“ oblikom, tada se prolazi kroz svaki prolaz koji sadrži barem jednu jedinicu a preskače se prolaz u kojem se ne mora ništa prikupljati. Ukoliko postoje veliki razmaci između jedinica koje se prikupljaju, politikom usmjeravanja komisioner će prvo ući u prvi prolaz i proći ga do kraja kako bi došao do stražnjeg dijela skladišnog objekta. U svaki sljedeći red operater ulazi sve do najvećeg razmaka i izlazi iz reda s iste strane kojom je i došao. [14]

Razmak predstavlja udaljenost između bilo koje dvije susjedne jedinice ili između poprečnog prolaza i najbliže jedinice. Posljednji prolaz komisioner je zadužen u potpunosti proći, a zatim se vraća do prednjeg prolaza, prelazeći ponovo svaki prolaz sve do najvećeg razmaka. Dakle, najveći razmak je dio prolaza koji nije prijeđen. Istraživanja pokazuju kako je za veliku količinu prikupljanja najbolje upotrijebiti *S-oblik* prikupljanja gdje je važno da raspored skladišnog objekta bude takav da postoji parni broj prolaza umjesto neparnih brojeva prolaza. Ukoliko se promatra minimizacija transportnog puta prilikom komisioniranja visoka razina učinkovitosti se postiže u skladištima gdje je zona komisioniranja podijeljena na dva prolaza. Zbog praktičnosti optimizacije duljine putovanja, u obzir se uzimaju i drugi čimbenici jer postoji nekoliko vrsta rasporeda skladišnih objekata čija je prosječna duljina putovanja blizu optimalne. Istraživanja su pokazala da optimalni raspored skladišnog objekta često može biti ovisan o načinu komisioniranja. Optimizacija izgleda skladišnog objekta prema politici usmjeravanja može rezultirati gubitak efikasnosti od 18%, zbog toga se preporuča prije konačne odluke preispitati više metoda komisioniranja. [16] Prilagodba osnovnog rasporeda skladišnog objekta često se izvodi dodavanjem jednog ili više poprečnih prolaza kao što je prikazano na slici u nastavku.



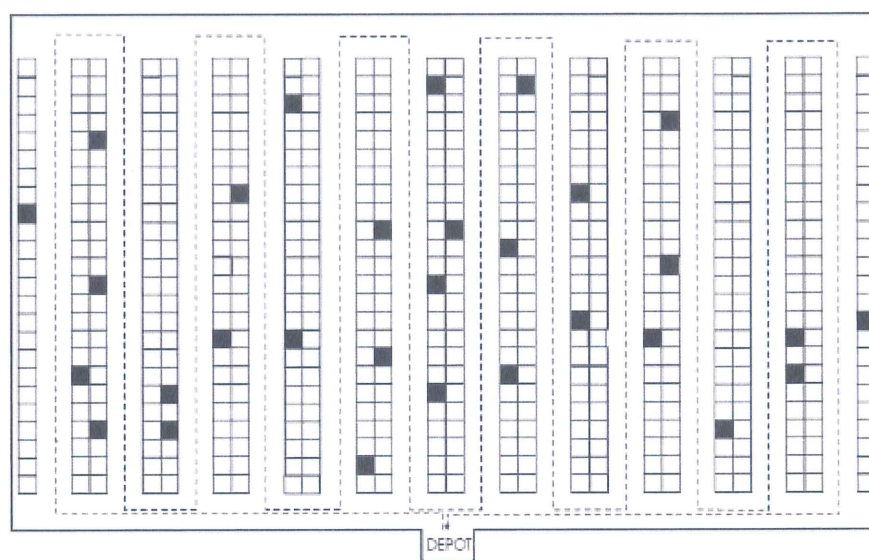
Slika 7: Raspored skladišnog objekta sa više poprečnih prolaza

Izvor: Lerher Tone, Ekren Banu, Rosi Bojan [16]

U člancima (Roodbergen & De Koster, 2001a), (Vaughan & Petersen, 1999) i (Roodbergen & De Koster, 2001b) prikazano je kako dodavanje jednog ili više dodatnih poprečnih prolaza može poboljšati ukupni transportni put, te je moguće pronaći optimalni broj poprečnih prolaza. Dodatna su ispitivanja pokazala kako je raspored generiran pomoću modela upotpunosti adekvatan kada se radi o slučaju gdje se kod rada u skladištu koristi metode usmjeravanja, osim za *S-oblik* prikupljanja.

Unatoč novim potencijalnim, inovativnim rasporedima skladišnih jedinica koji omogućavaju minimiziranje transportne udaljenosti prilikom operacija sa paletama, postavlja se pitanje kako će utjecati organizacija komisioniranja takvim rasporedima prikupljanja (komisioniranja) u usporedbi sa tradicionalnim rasporedom skladišnog objekta. Kako bi se dobio odgovor na postavljeno pitanje, pokušalo se analizirati rutu za prikupljanje kod rasporeda riblje kosti i rebrastog rasporeda pomoću simulacija. Analiza je ograničena sa već spomenutom politikom *S-oblika* navođenja (usmjeravanja, prikupljanja) i kombiniranom politikom. Kombinirani način pohrane predstavlja postupak koji minimalizira transportni put u svakom pojedinom prolazu, odlučujući hoće li se komisioniranje odvijati tako da komisioner prolazi cijeli prolaz do kraja ili će se vraćati istom rutom kojom je došao do željene jedinice. Takva je simulacija provedena u četiri skladišna objekta različitih rasporeda, sa 576 lokacija po svakom sloju reda regala; tradicionalni raspored, tradicionalni raspored sa jednim poprečnim prolazom, raspored riblje kosti i rebrasti raspored. Kako bi se lakše došlo

do rezultata, dimenzije lokacije su 1m x 1m i širina svih prolaza je 2 m. Tradicionalni raspored ima 12 glavnih prolaza (ukupna je širina prolaza iznosi 48m) i širina svih prolaza je 24m. [15] Slika 8. prikazuje primjer komisioniranja kod tradicionalnog rasporeda, gdje je ulazno/izlazna rampa centralno pozicionirana te predstavlja optimalan raspored za izvršenje jednog naloga.



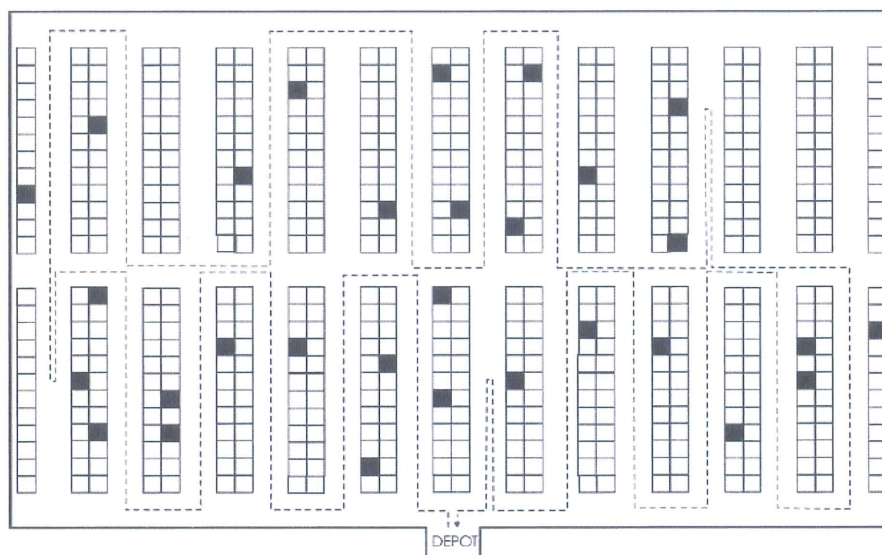
Slika 8: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom tradicionalnom rasporedu

Izvor: Goran Đukić, Opetuk Tihomir [15]

Raspored sa jednim poprečnim prolazom prikazan je tako da je isti taj poprečni prolaz na sredini, kao što je prikazano na slici 9. Sljedeći raspored riblje kosti prikazan je na slici 10. i posljednji rebrasti raspored prikazan je na slici 11. S obzirom na veličinu narudžbe, promatrane su dvije situacije sa 10 i 30 lokacija po ruti komisioniranja. Točke komisioniranja su određene slučajnim odabirom prema pretpostavljenoj slučajnoj politici pohrane.

Prvi problem odnosi se na to kako definirati algoritme usmjeravanja u rasporedu riblje kosti i rebrastom rasporedu. Pravila za jednostavnije usmjeravanje *S-oblika* komisioniranja kod rasporeda sa više redova može biti organizirano tako da se komisioniranje obavlja počevši od najudaljenije lokacije, zatim se ponavlja u sljedećim redovima i završava u najbližem redu. Teško je reći koji blok u ribljoj kosi ili rebrastom rasporedu je najudaljeniji od ulazno/izlazne rampe ili koji je najbliži

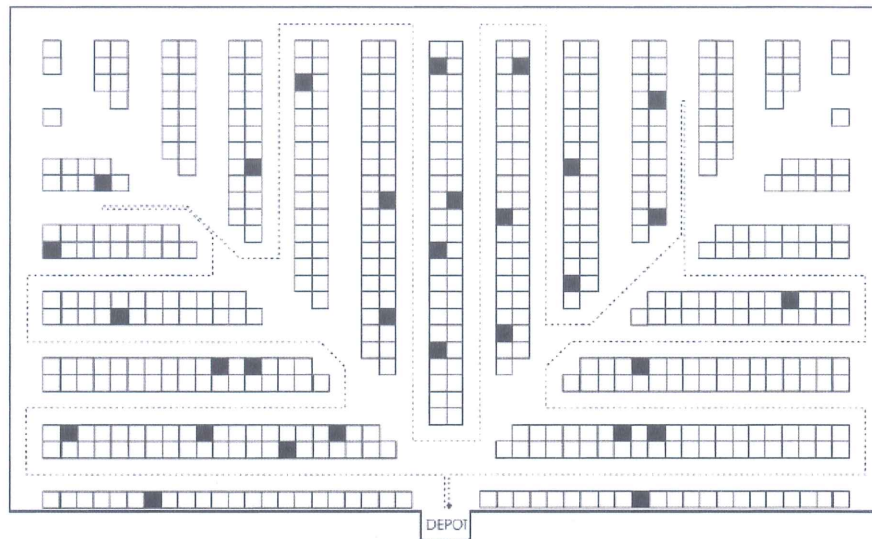
ulazno/izlaznoj rampi. Algoritam za dva reda tradicionalnog rasporeda promijenjen je u raspored koji podrazumijeva zapravo 3 reda, zbog toga komisioniranje počinje od ulazno/izlazne točke i kreće se u smjeru kazaljke na satu. [15] U svakom se redu ruta određuje prema politici usmjeravanja za jedan red kao što je prikazano na slici 9.



**Slika 9: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom tradicionalnom rasporedu sa poprečnim prolazom**

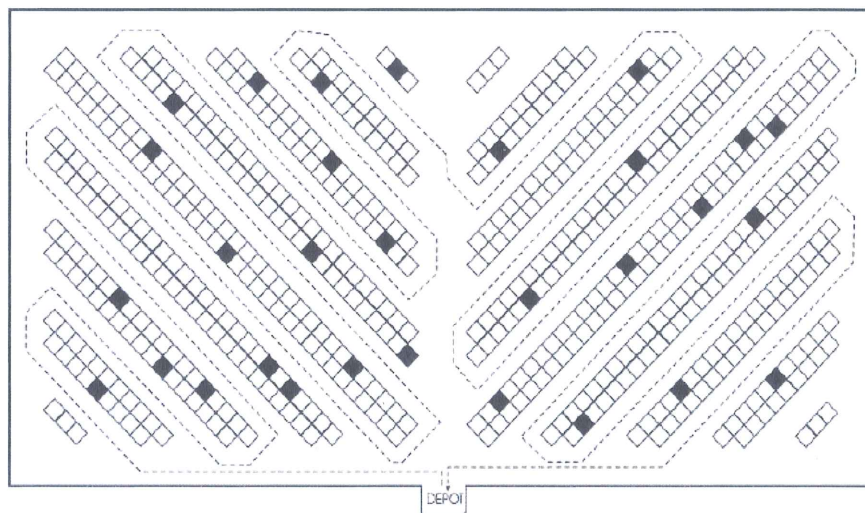
Izvor: Goran Đukić, Opetuk Tihomir [15]

Gore spomenuti algoritam jednostavno se primjenjuje na rasporedu riblje kosti kao što je prikazano na slici 10., a što se tiče rebrastog rasporeda promatra se raspored sa dva bloka kao što je prikazano na slici 11.. Ista ideja korištena je za sustav kombiniranog komisioniranja. Analiza je pokazala kako dodavanje srednjeg poprečnog prolaza kod tradicionalnog skladišnog rasporeda smanjuje prosječnu transportnu udaljenost u odnosu na osnovni tradicionalni raspored. Za obje veličine narudžbe gustoća komisioniranih lokacija u 12 glavnih prolaza nije visoka, a dodavanjem srednjeg poprečnog prolaza eliminiraju se nepotrebni putevi u glavnim prolazima gdje nema lokacija za prikupljanje. Potrebno je napomenuti kako je postotak smanjenja za veličinu narudžbe 30 jedinica (12,5%) manji u odnosu na smanjenje druge veličine narudžbe 10 jedinica (25%). [15] Kako se povećava veličina narudžbe tako će točka gdje se dodaje središnji poprečni prolaz biti ne djelotvorna.



Slika 10: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom rasporedu "riblja kost"

Izvor: Goran Đukić, Opetuk Tihomir [15]



Slika 11: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom rebrastom rasporedu

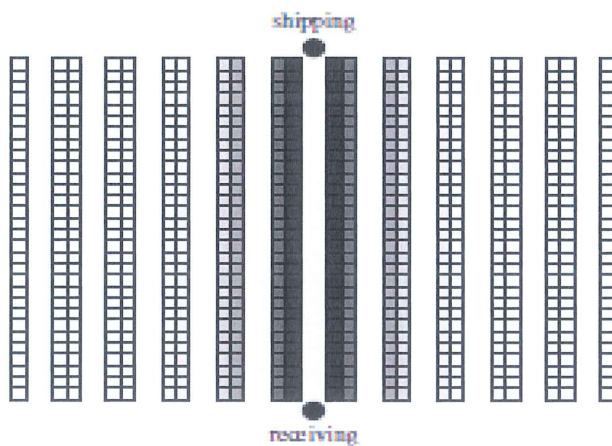
Izvor: Goran Đukić, Opetuk Tihomir [15]

Iako raspored riblje kosti daje kraći transportni put u odnosu na osnovni tradicionalni raspored (između 6 i 12% provedenih simulacija, ovisno naravno o veličini narudžbe i usmjeravanju) još uvijek je bolji od rasporeda sa poprečnim prolazom. U rebrastom rasporedu prosječni transportni put je dulji u odnosu na

osnovni tradicionalni raspored. Duži transportni put kod riblje kosti i rebrastog rasporeda skladišnog objekta u usporedbi sa tradicionalnim rasporedom koji sadrži poprečni prolaz u sredini jasnije je objašnjen u nastavku. Između riblje kosti i rebrastog rasporeda stvaraju se redovi s različitim duljinama, dok istovremeno postoji veća vjerojatnosti kako je lokacija komisioniranja u dužem redu nego u kraćem. To je jedan od glavnih nedostataka kod *S-oblika* prikupljanja, jer komisioner prolazi kroz cijeli prolaz, te se ne usmjerava pažnja na mogućnost povratka komisionera kao što je to slučaj kod kombiniranog. [15]

### 3.5. Mjesto prijama i dostave u skladišnom objektu

Raspored skladišnog objekta određuje troškove koji su povezani sa svakom skladišnom lokacijom. Raspored skladišnog objekta prikazan u nastavku u prosjeku ima ulaznu i izlaznu rampu smještenu na suprotnim stranama skladišnog objekta. Često se ovakav raspored naziva protočnim, razlog tome je protok roba sa jedne strane objekta do druge strane. Rezultat ovog rasporeda su pogodne skladišne lokacije koje se nalaze sa obje strane skladišnog objekta duž cijelog prolaza. [3] Ukoliko se ulazna i izlazna rampa premjeste u desno, tada će lokacije pohrane na lijevoj strani postati manje pogodne, ali učinkovitost najboljih lokacija neće se poboljšati dok manje pogodne lokacije mogu postati još manje učinkovite. Lako je zaključiti kako bi takva promjena, dovela do apsolutne neučinkovitosti. [2]



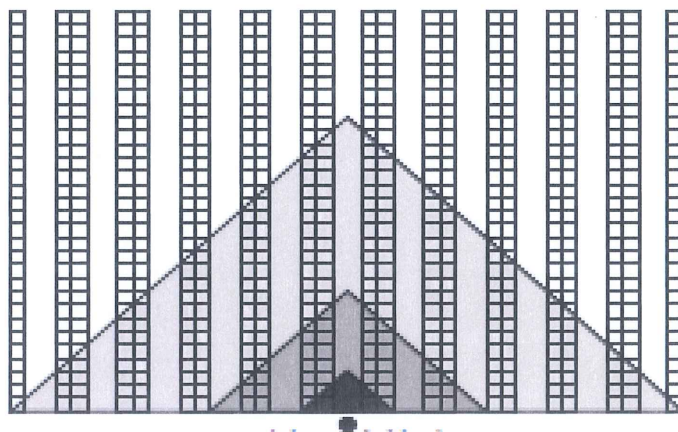
Slika 12: Protočan konfiguracija unutar skladišnog objekta

Izvor: David E. [3]

Značajke protočne konfiguracije: [2]

- Prijemna i otpremna zona nalaze se na suprotnim stranama skladišnog objekta,
- Roba se kreće u jednom smjeru čime se smanjuje mogućnost pogreške,
- Postoji više lokacija jednake pogodnosti,
- Konzervativan dizajn.

Ukoliko su ulazna i izlazna rampa na istoj strani skladišnog objekta, podrazumijeva se odabir pogodnih skladišnih lokacija na drugačiji način. Slika 13 prikazuje raspored skladišnog objekta koji ima ulazno izlaznu rampu na jednoj strani, te se takav raspored skladišnog objekta naziva U-konfiguracija. Kod ovakvog rasporeda, najpovoljnija mjesta pohrane su ona koja se nalaze neposredno ispred ulazno/izlazne rampe, takvim se rasporedom dobivaju pogodna mjesta pohrane zbog toga što su s jedne strane blizu prijamne zone, dok su s druge strane isto tako blizu otpremne zone. Iako navedeno predstavlja prednost, također postoji i mana ovakvog rasporeda. Naime, postoji mali broj pohrambenih lokacija koje su pogodne, a postoji veći broj lokacija pohrane koje su manje pogodne kao što su npr. posljednji redovi koji se nalaze na samom kraju skladišnog objekta, a posebno su nepogodne lokacije pohrane koje se nalaze u samim kutevima skladišnog objekta. [3]



Slika 13: "U" konfiguracija unutar skladišnog objekta

Izvor: David E [3]

Značajke U konfiguraciju su sljedeće:

- Prijem i otprema smješteni su na istoj strani skladišnog objekta,
- Lokacije koje su pogodne ostaju pogodne, a lokacije koje su manje pogodne postaju još nepogodnije,
- Pogodno za artikle ABC kategorizacije,
- Omogućena fleksibilnost rampi za prijem i otpremu,
- Omogućeno učinkovitije korištenje viličara,
- Smanjen transportni put teretnih vozila,
- Omogućeno širenje prema ostale tri strane skladišnog objekta. [2]

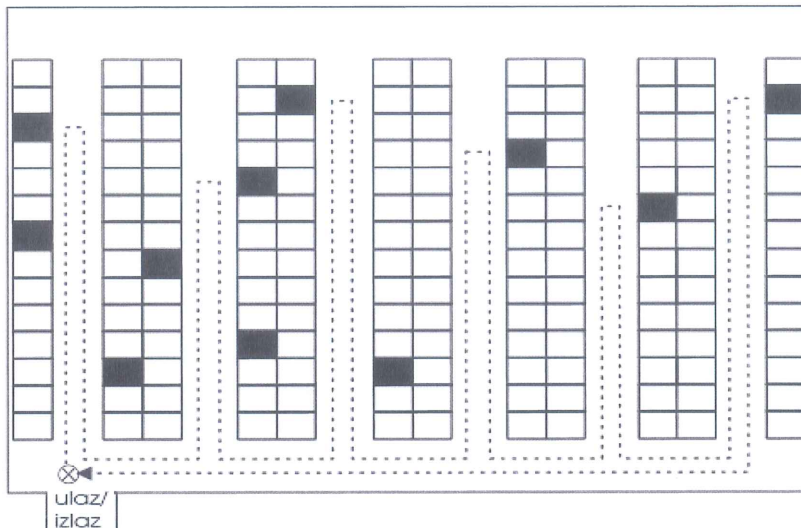
### **3.6. Izbor najkraćeg puta**

Posjećivanje zadanih lokacija u što manjem vremenu često je proučavano, a problem koji je uočen je taj da ne postoji tehnika brza solucija koja se može uzeti u obzir i primijeniti se na sve narudžbe. Razlog tome je što slučajno pojavljene narudžbe, pa čak i one najmanje često uzimaju puno vremena za rješavanje. Naime, kvalitetan put neće biti koristan ukoliko ga komisioner koji odrađuje nalog ne slijedi. [13]

Općeniti efikasni put koji nalaže posjetu do određenih lokacija mora biti proračunat samo jednom kako bi se mogao konstantno koristiti. Isti taj put, treba komisioneru vizualizirati lokaciju sljedećeg proizvoda i najkraći put, dok sam nacrt treba biti jednostavan kako bi ga svaki komisioner mogao lako razumjeti. [14] U nastavku ovog dijela rada, pobliže će se objasniti najkraći putevi prikupljanja.

Serpetinski nacrt puta je nacrt kojeg često nalazimo u skladištima koja koriste statične police. Isti je prikazan na slici 14., te predstavlja jednosmjerni pravac kretanja kroz svaki prolaz prilikom čega je omogućena ušteda prostora korištenjem uskih prolaza. [4] Ovakav nacrt rezultirati će gubljenjem vremena ukoliko svaka narudžba neće pokrivati sve prolaze.

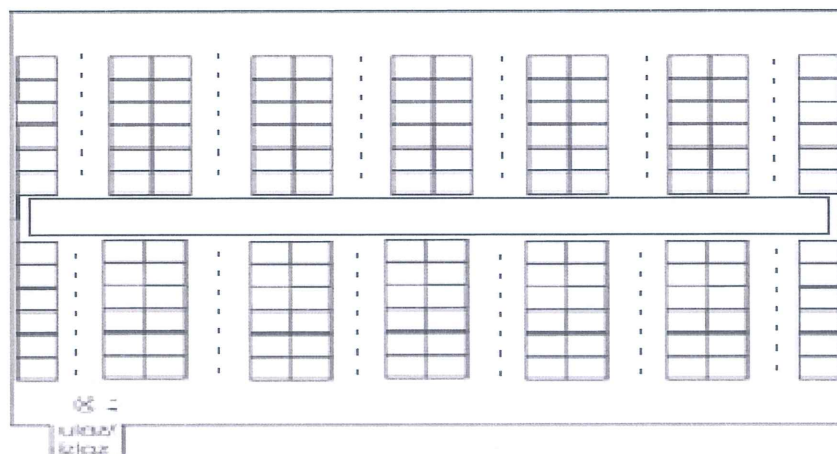




**Slika 14: Serpetinski nacrt**

Izvor: Goran Đukić [4]

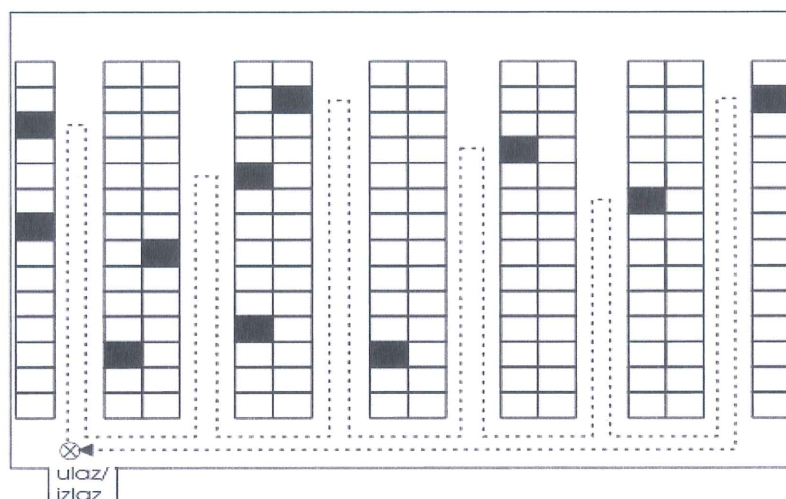
Račvasti nacrt puta predstavlja učestali redoslijed prikupljanja proizvoda za nalog u skladištima, za razliku od serpentskog puta određuje samo prolaze ali ne i redoslijed prikupljanja i lokacije. Isto tako nalaže i smanjeni broj lokacija na kojima bi trebalo postaviti „atraktivne“ proizvode što bi rezultiralo nepotrebnim ulaženjem u prolaze kao što je prikazano na slici 15. Kako bi se olakšalo prikupljanje koristeći ovaj nacrt, komisioneru se može pojednostaviti praćenje naredbi davanjem uputa kao što su „uđi u prolaz broj x“ ili „prati prolaze redoslijedom x1, x3...“. [4]



**Slika 15: Račvasti nacrt**

Izvor: Goran Đukić [4]

Nacrt puta s povratkom jedna je od jednostavnijih metoda usmjeravanja, pomoću koje komisioner ulazi u prolaze između regala isključivo iz prednjeg prolaza. Nakon prikupljenog proizvoda okreće se i izlazi na istu stranu na koju je i ušao. Važno je napomenuti kako je ovakav nacrt moguće primjeniti samo u skladištima koji imaju jedan poprečni prolaz. Ako se radi o skladištu koje posjeduje relativno široke prolaze između regala, postoji potreba za dodatnim kretanjem komisionera od jedne do druge strane glavnog prolaza. [14] Vodeći se navedenim, rezultati mogu biti puno bolji u odnosu na ostale nacрте dok s druge strane, ako je raspored proizvoda temeljen na slučajnoj pohrani tada će biti potrebno puno dulje vrijeme kretanja u odnosu na ostale nacрте. Primjer ovakvog nacрта prikazan je na slici 16.

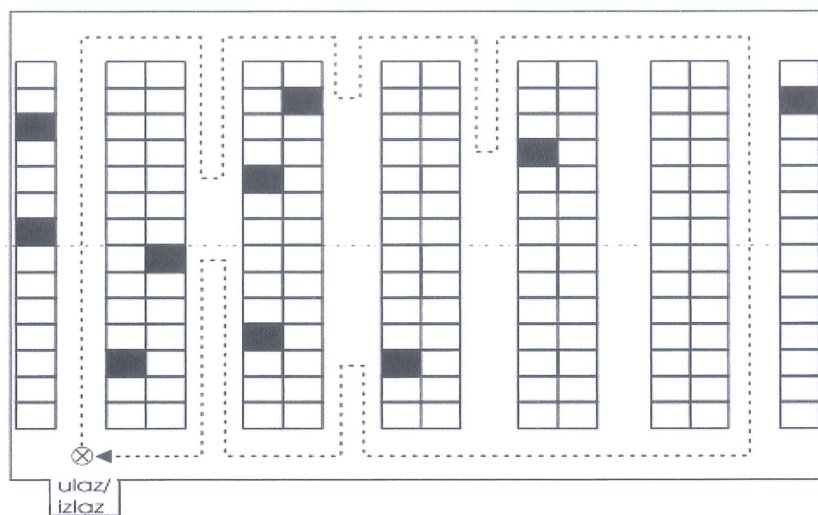


Slika 16: Nacrt puta s povratkom

Izvor: Goran Đukić [4]

Jednostavan nacrt put, odnosno *Midpoint*<sup>4</sup> koji je prikazan na slici 17 predstavlja podjelu skladišnog objekta na dvije polovice, prednju i stražnju. Prikupljanje u prednjoj polovici obavlja se tako da komisioner ulazi iz prednjeg prolaza, dok se prikupljanje u stražnjoj polovici obavlja ulaskom komisionera sa stražnjeg prolaza. Drugim riječima, u svaki od prolaza gdje se nalazi proizvod ulazi se samo do lokacije na kojoj je isti smješten te se vraća na prednji odnosno stražnji prolaz, a samo se prednji i stražnji prolaz prolaze upotpunosti cijelom duljinom. [14]

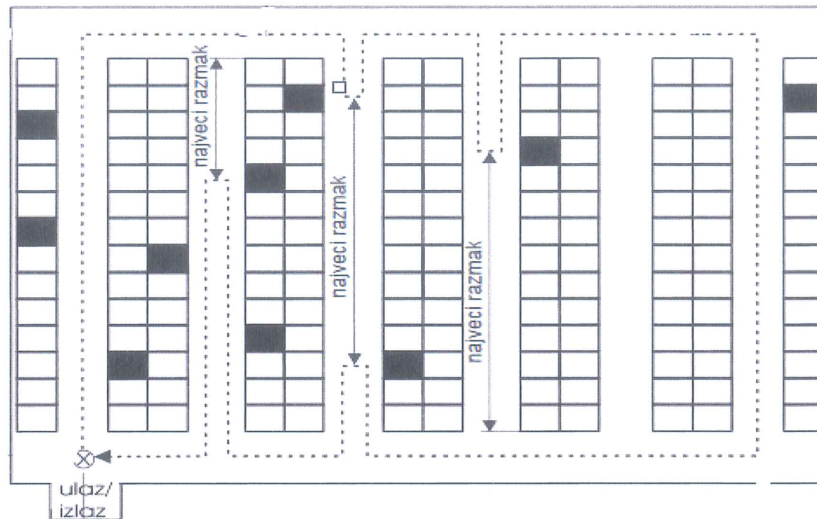
<sup>4</sup> *Midpoint* – Eng. središnja točka



**Slika 17: Jednostavni nacrt puta**

Izvor: Goran Đukić [4]

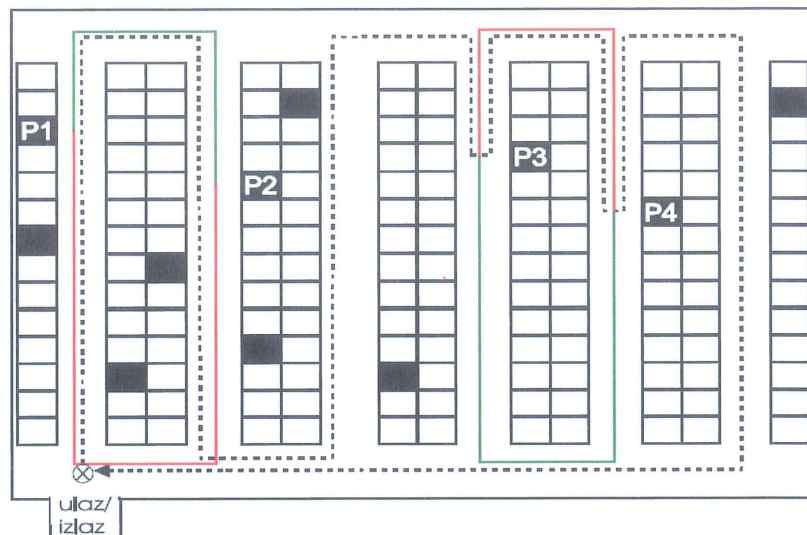
Nacrt s najvećim razmakom funkcionira na sličnom principu kao i nacrt srednje točke, prednji i stražnji prolaz se prelaze u cijelosti. Što se tiče ostalih glavnih prolaza, ulazi se i izlazi s iste strane na principu da se „najveći razmak“ ne prolazi. Najveći razmak predstavlja najveću udaljenost između dvije tražene susjedne lokacije u prolazu, prve tražene lokacije u prolazu i prednjeg prolaza, odnosno zadnje tražene lokacije u prolazu i stražnjeg prolaza. Ovaj je nacrt sličan nacrtu srednje točke, istovremeno i bolji u svim situacijama. Jedinu komplikaciju čini potreba određenja je nalazi li se najveći razmak između prednjeg odnosno stražnjeg prolaza i neke tražene lokacije ili između dvije susjedne tražene lokacije unutar prolaza. [4] U odnosu na navedeno, komisioner jednom ili dva puta ulazi i izlazi iz prolaza, što utječe na ukupni prijeđeni put (jednom ili dva puta prolazi širinu prednjeg/stražnjeg prolaza). Iz tog razloga ovaj nacrt postaje negativnost kod sustava koji imaju potrebu za dodatnim vremenom pri mijenjanju prolaza. Sve navedeno prikazano je na slici 18.



Slika 18: Nacrt s najvećim razmakom

Izvor: Goran Đukić [4]

Kompozitni nacrt predstavlja relativno noviju metodu prikupljanja. Kombinacijom dvaju nacrtâ točnije serpentinškog nacrtâ i nacrtâ s povratkom. Predstavlja minimizirano kretanje između dvije najdalje lokacije u dva susjedna prolaza, stoga isto ovisi o poziciji lokacija s kojih je potrebno prikupiti proizvode prolazi u potpunosti – kao serpentinški ili se radi okret i povratak kao kod nacrtâ s povratkom. [14] Na slici (j) je prikazan kompozitni nacrt zelenom bojom gdje se vidi da je udaljenost najdaljih lokacija kod prvog i drugog prolaza manja kod potpunog prolaza cijelog reda nego kod rute sa povratkom što je označeno crvenom bojom. Drugi slučaj prikazuje kako je udaljenost između najudaljenijih lokacija u četvrtom i petom prolazu manja kod korištenja povratne rute .



Slika 19: Kompozitni nacrt

Izvor: Goran Đukić [4]

Kombinirani nacrt sličan je kompozitnom. Razlika se očituje u tome to kombinirani nacrt ima dodatnu komponentu dinamičkog programiranja uz pomoć koje se omogućuje odluka na način da se gleda jedan prolazu unaprijed. S obzirom da je u jednom prolazu kraći put ako se prođe povratnom rutom, ovakav nacrt daje mogućnost prolaska kroz cijeli prolaz ako se time dobiva bolja početna pozicija za sljedeći prolaz te se time ostvaruje bolji ukupni rezultat. Određivanje rute kojom će se komisioner kretati počinje u prvom lijevom prolazu koji sadrži traženu lokaciju (p), a završava se u zadnjem desnom prolazu s traženom lokacijom (r).  $L_j$  predstavlja parcijalni put koji je potreban kako bi se posjetile sve tražene lokacije u prolazima od p do j. Postoje dvije vrste parcijalnog puta navedene u nastavku: [14]

Korak 1:

$L_j^a$  – parcijalni put koji završava na kraju prolaza j

$L_j^b$  – parcijalni put koji završava na početku prolaza j

Slijedi definiranje dva načina prelaska (tranzicije) iz prolaza j-1 do prolaza j. Navedeno je prikazano na slici 20. kao: [14]

$t_a$ - put kroz stražnji glavni prolaz

$t_b$  - put kroz prednji glavni prolaz

Nadalje, postoje četiri načina (tranzicije) prikupljanja materijala unutar prolaza  $j$ , koji su također prikazani na slici 20.: [14]

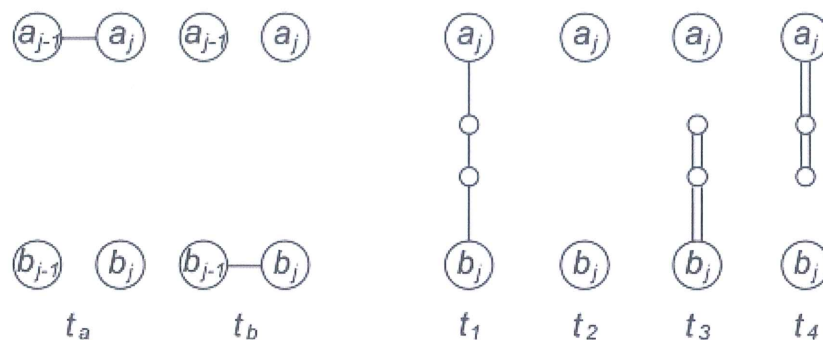
$t_1$  – put kroz cijeli prolaz

$t_2$  – nema ulaska u prolaz

$t_3$  – ulazak i izlazak iz prednjeg glavnog prolaza

$t_4$  – ulazak i izlazak iz stražnjeg prolaza

Kod ovakvog nacрта, tranzicija  $t_2$  dozvoljena je samo ako u prolazu  $j$  nema traženih lokacija. Što se tiče duljine puta tranzicija ovisi o dimenzijama skladišnog objekta i aktualnim položajima traženih lokacija unutar prolaza.



Slika 20: Načini prelaska između prolaza i načini prikupljanja materijala unutar prolaza

Izvor: Roodbergen K. J. [14]

U koraku 1 i 2 prikazan je algoritam za određivanje rute.

Korak 1: [14]

$L_p^a$  počinje u čvoru  $b_p$ , završava u čvoru  $a_p$  i sadrži tranziciju  $t_1$ ,

$L_p^a$  počinje i završava u čvoru  $b_p$ , i sadrži tranziciju  $t_3$ .

Korak 2: [14]

Što se tiče svakog sljedećeg prolaza ( $p < j < r$ ) odrede se stanja  $L_j^a$  i  $L_j^b$  kako je prikazano u nastavku rada. Ukoliko prolaz  $j$  sadrži traženu lokaciju tada su:

$$L_j^a = \min \left\{ \begin{array}{l} L_{j-1}^a + t_a + t_4 \\ L_{j-1}^b + t_b + t_1 \end{array} \right\}, L_j^b = \min \left\{ \begin{array}{l} L_{j-1}^b + t_b + t_3 \\ L_{j-1}^a + t_a + t_1 \end{array} \right\} \quad [14]$$

Ukoliko prolaz  $j$  ne sadrži niti jednu traženu lokaciju, tada slijedi:

$$L_j^a = L_{j-1}^a + t_a, L_j^b = L_{j-1}^b + t_b \quad [14]$$

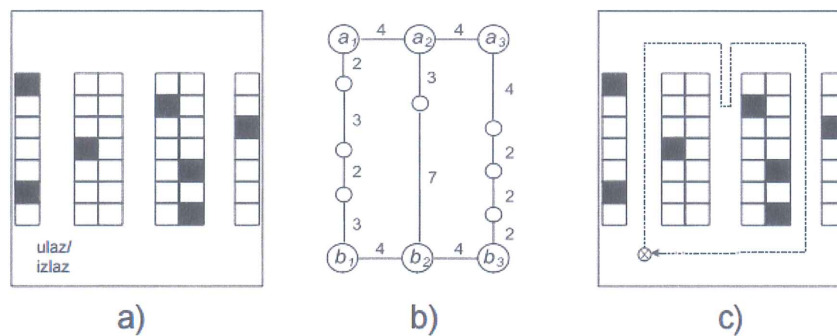
Korak 3: [14]

Stanje zadnjeg prolaza  $r$  određuje se kao:

$$L_r^b = \min \left\{ \begin{array}{l} L_{r-1}^b + t_b + t_3 \\ L_{r-1}^a + t_a + t_1 \end{array} \right\} \quad [14]$$

S ciljem izračuna cjelokupnog puta komisioniranja, rezultatu puta  $L_r^b$  potrebno je dodati put od ulaza/izlaza do čvora  $L_p^b$  i put od čvora  $L_r^b$  do ulaza/izlaza. Opisani algoritam slikovno je prikazan na primjeru skladišnog objekta koji koristi regale raspoređene u tri prolaza i narudžbe koja se sastoji od sedam dijelova kao na slici 21. na kojoj se nalaze:

- a) prikaz skladišnog objekta s traženim lokacijama,
- b) prikaz skladišnog objekta sa lokacijama prikupljanja i mogućih duljina putovanja prilikom prikupljanja,
- c) prikaz optimalne rute kretanja upotrebom algoritma dinamičkog programiranja.



Slika 21: Prikaz skladišnog objekta, prikaz čvorova traženih lokacija, prikaz puta prikupljanja

Izvor: Roodbergen K. J.[14]

Kod ovog primjera, duljina prolaza je 7m (7 skladišnih lokacija po 1m), širina glavnih prolaza je 3m dok je razmak između dva susjedna prolaza 4m. Na slici (I) pod b) prikazana je reprezentacija skladišnog objekta pomoću grafa, odnosno prikazana je situacija s čvorovima traženih lokacija, krajevima i završecima prolaza i mogućim putevima. Kod ovog primjer  $p = 1$ , a  $r = 3$ .

Korak 1: [14]

Započinje se određivanjem dva parcijalna puta  $L_1^a$  i  $L_1^b$ .  $L_1^a$  počinje u čvoru  $b_1$  i završava u čvoru  $a_1$ , a sastoji se od tranzicije  $t_1$  gdje je  $L_1^a = 10$ .  $L_1^b$  počinje i završava u čvoru  $b_1$  i sastoji se od tranzicije  $t_3$  gdje je  $L_1^b = 16$ .

Korak 2: [14]

S obzirom da postoje dvije mogućnosti formiranja odabire se ona koja je manja. U nastavku su prikazane obje mogućnosti, prva prikazuje: [14]

$$L_2^a \text{ kao } L_1^a + t_a + t_4 = 10 + 4 + 6 = 20, \text{ odnosno } L_1^b + t_b + t_1 = 16 + 4 + 10 = 30$$

Prema gore navedenom pravilu biranja manje mogućnosti, odabrana je [14]

$$L_2^a = L_1^a + t_a + t_4. \quad [14]$$

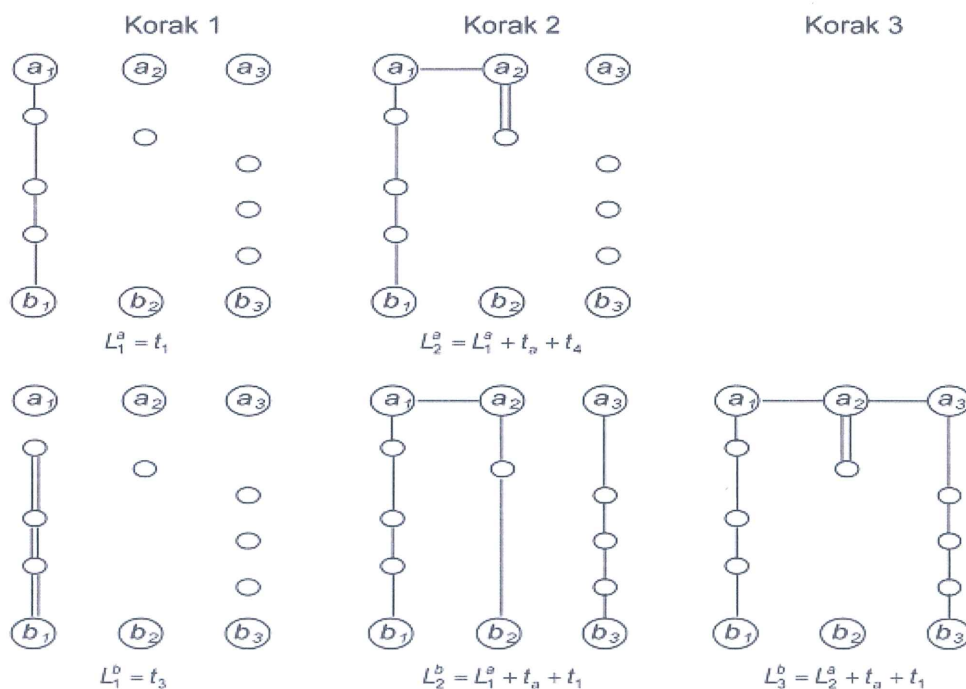


Isto tako postoje dvije mogućnosti formiranja  $L_2^b$  kao  $L_1^b + t_b + t_3 = 16 + 4 + 14 = 34$  odnosno  $L_1^a + t_a + t_1 = 10 + 4 + 10 = 24$ , te se ponovno odabire manja i dobiva se  $L_2^b = L_1^a + t_a + t_1$ .

Korak 3:

Određuje se parcijalni put  $L_3^b$ , za čiji izračun također postoje dvije mogućnosti kako slijedi u nastavku:  $L_2^a + t_a + t_1 = 20 + 4 + 10 = 34$ ,  $L_2^b + t_b + t_3 = 24 + 4 + 12 = 40$ . Opet će odabior biti onaj manji, odnosno  $L_3^b = L_2^a + t_a + t_1$ .

Trećim korakom završeno je određivanje parcijalnog puta dinamičkim programiranjem, koraci koji su dobiveni prikazani su na slici (m). Dodavanjem puta od čvora  $b_3$  do ulaza/izlaza dobije se ukupni put komisioniranja kombiniranom metodom koja glasi odnosno iznosi:  $L_{tot} = L_3^b + 2 \cdot t_b = 42$ . Navedeno je prikazano na slici (l) pod c). [14]



Slika 22: Vizualizacija koraka dobivena pomoću metode dinamičkog programiranja

Izvor: Roodbergen K. J., [14]

## **4. ANALIZA POTREBA TVRTKE DAVATELJA LOGISTIČKIH USLUGA SA TRŽIŠA RH**

U ovome dijelu rada prikazana je metodologija oblikovanja skladišnog objekta, lokacija istoga te opis i specifikacije teretnih jedinica koje će se skladištiti unutar skladišnog objekta. Skladišni objekt predstavljati će cross dock skladište u kojem će se odvijati aktivnosti prijama, kraćeg vremena skladištenja, prepakiravanja po potrebi i na kraju otpreme. Trenutno se navedene aktivnosti odvijaju u iznajmljenim skladišnim prostorima, međutim zbog loših uvjeta trenutnog skladištenja i sa povećanjem jedinica pokazalo se kako je potreban funkcionalni skladišni prostor. Vođeni navedenim nedostacima, proizašla je ideja o izgradnji vlastitog skladišnog objekta.

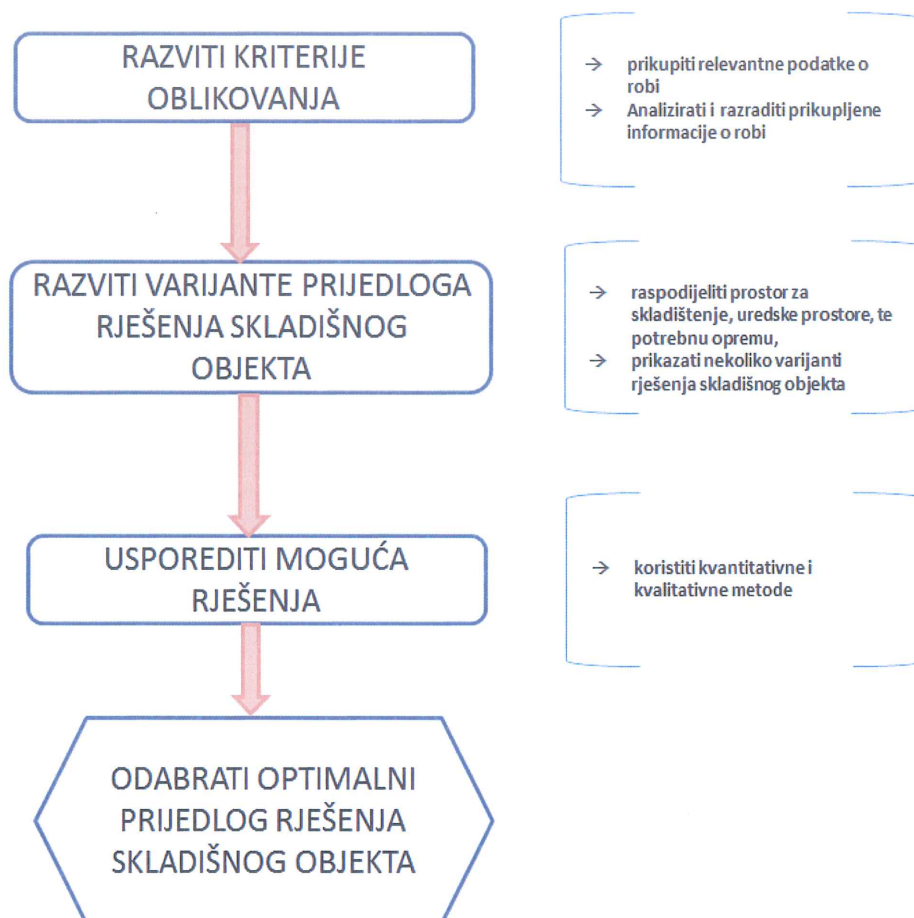
### **4.1. Metodologija oblikovanja skladišnog objekta**

Cilj projekta prijedloga rješenja skladišnog objekta je oblikovati skladišni sustav koji će zadovoljiti tehničke, organizacijske, ekološke, informacijske i sigurnosne zahtjeve, pritom minimizirajući troškove i maksimizirajući uslugu korisniku. Prema navedenom proizlazi kako je kod predlaganja rješenja za skladišni objekt poželjno optimizirati:

- Iskoristivost prostora,
- Iskoristivost opreme,
- Iskoristivost ljudskog rada,
- Pristup svim materijalima,
- Zaštitu svih materijala.

Budući da su navedeni ciljevi međusobno u konfliktu, konačno rješenje je kompromisno, optimalno s obzirom na troškove i nivo usluge. Iz navedenih razloga metodologija prijedloga rješenja skladišnog objekta temelji se na izradi različitih varijanti koje se s obzirom na postavljene kriterije međusobno uspoređuju, te se na

osnovi usporedbe odabire varijanta koja je najbolja. U nastavku je prikaz spomenute metodologije na slici 23.



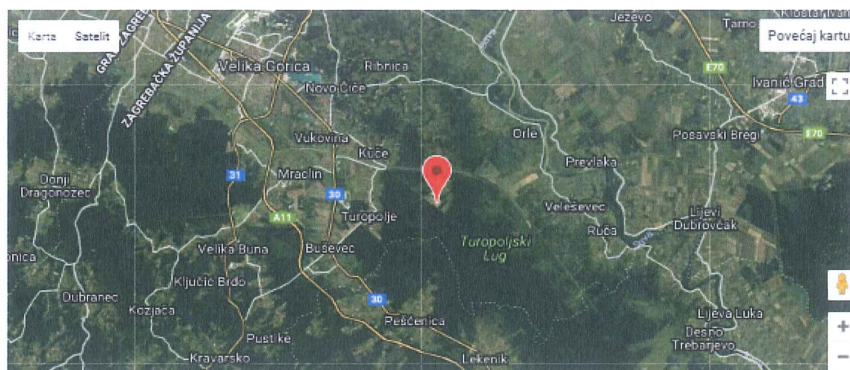
Slika 23: Metodologija oblikovanja skladišnog objekta

Izvor: Izradila autorica

#### 4.2. Prikaz čestice zemljišta i specifikacije teretnih jedinica

Lokacija skladišnog objekta biti će u Velikoj Gorici, točnije Vukovinskom polju na području poslovne zone *Meridian 16 Business Park*. Lokacija skladišnog objekta prikazana je pomoću aplikacije *Google maps* na slici 24 u nastavku rada. *Meridian 16 Business Park* pozicioniran je u sredini europskog prometnog koridora koji povezuje krajnji istok sa zapadom, a pomorska luka Rijeka udaljena je svega 170 km, činjenice su to koje potvrđuju njegovu centralnu logističku i geografsku lokaciju. Centar

Zagreba udaljen je 20 km, međunarodna zračna luka Zagreb udaljena 5 km dok željeznička pruga Zagreb-Sisak prolazi uz poslovnu zonu.



Slika 24: Prikaz lokacije čestice

Izvor: <https://www.google.com/maps/place>

Duljina skladišnog objekta biti će 41,90 m, širina 17,10 m, a ukupna površina objekta iznositi će 716,49 m<sup>2</sup>. Unutar objekta, nalaze se nosivi stupovi koji su širinom raspodijeljeni na svakih 5,20 m, a duljinom na svakih 5,70 m te će predstavljati prepreku za jednostavnije predlaganje rješenja.

Čestica na kojoj će skladišni objekt biti smješten dimenzija je 50 m x 50 m čime se dobiva površina 2500 m<sup>2</sup>. Objekt će biti smješten na južnoj strani parcele dok će na sjevernoj strani biti smještena parkirna mjesta za osobne automobile zaposlenika odmah pokraj ulaza odnosno izlaza na prometnicu. Sa zapadne strane parcele ostaje slobodan prostor za manevar kamiona.

Teretne jedinice koje će se skladištiti unutar skladišnog objekta definirati će sam raspored skladišnog prostora s obzirom da se radi o glomaznom teretu koji je specifičnih dimenzija. Dizala su roba koja će se skladištiti unutar skladišnog objekta. Jedno dizalo sastoji se od četiri zasebna dijela čije su dimenzije navedene u nastavku:

- Vrata: 220cm x 120cm x 50cm



**Slika 25: Koleta vrata**

Izvor: Prilagodila autorica

- Kabina: 220cm x 200cm x 50cm



**Slika 26: Koleta kabina**

Izvor: Prilagodila autorica

- Uteg: 120cm x 80cm x 70cm



**Slika 27: Koletu utega**

Izvor: Prilagodila autorica

- Vodilice: 500cm x 50cm x 50cm.



**Slika 28: Koleta vodilica**

Izvor: Prilagodila autorica

Jedan lift koji se u radu definira kao jedna jedinica (SKU)<sup>5</sup> sastoji se od ukupno devet koleta prema sljedećem:

- Vrata - 2 koleta,
- Kabina - 3koleta,
- Uteg - 2 koleta,
- Vodilice - 2 koleta.

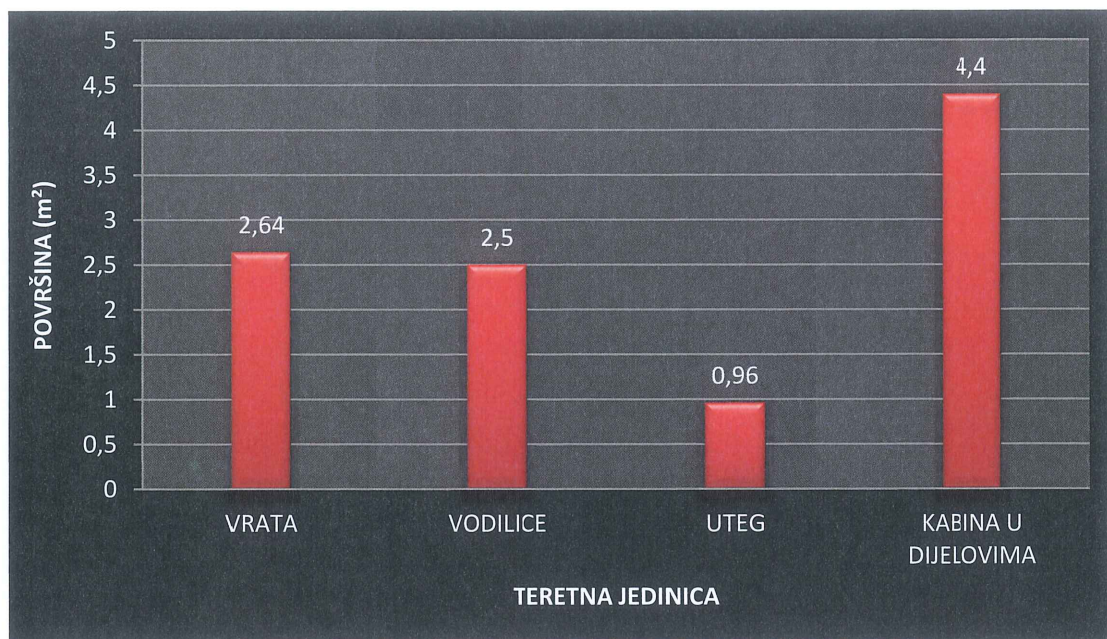
Prema gore spomenutome valja prikazati površinu i obujam koji svaka od jedinica zauzima zbog toga što će se u nastavku rada prijedlozi rješenja prikazati preko iskoristive površine skladišnog prostora.

U nastavku je prikazana površina jedinica preko grafikona 1, dok je na grafikonu 2 prikazan odnos površina zgrade, parcele, skladišnog prostora i prostora gdje će biti smješteni uredi. grafikon 1 prikazuje kako kabina u dijelovima zauzima 4,4m<sup>2</sup>, vrata zauzimaju 2,64m<sup>2</sup>, vodilice 2,5m<sup>2</sup> dok uteg zauzima najmanje 0,96m<sup>2</sup> jer se transportira na euro paleti. Zbog lakšeg manipuliranja bilo bi dobro predložiti pakiranje kabina po dvije kabine u jedan drveni sanduk zbog lakše manipulacije i skladištenja.

Kao što je već spomenuto površina parcele zauzima 2500 m<sup>2</sup>. Zgrada je površine 716,49 m<sup>2</sup>, dok njen volumen iznosi 2856,96 m<sup>3</sup>. sam skladišni prostor zauzima 467,50 m<sup>2</sup>, odnosno volumena je 1870 m<sup>3</sup>. Na poslijetku preostaje površina koja otpada na prostore koji će se koristiti za urede a iznosi 244,80 m<sup>2</sup> i volumena je 979,20 m<sup>3</sup>.

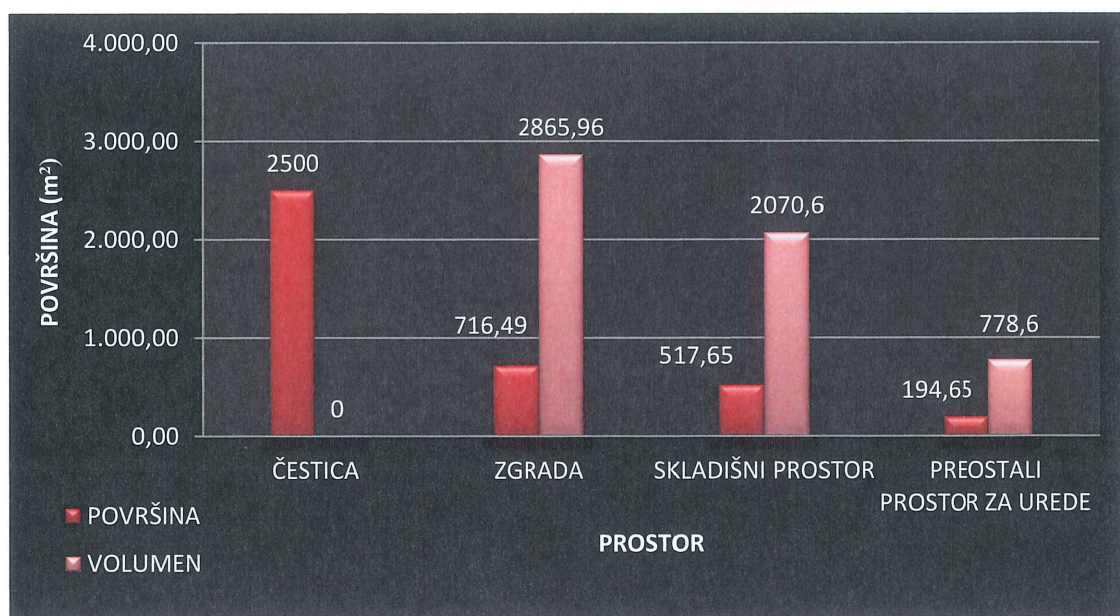
---

<sup>5</sup> Eng. SKU – Stok keeping unit – jedna skladišna jedinica



Grafikon 1: Pojedinačna površina skladišnih jedinica m²

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 2: Površina čestice, površina i volumen zgrade, skladišnog prostora i ostalih prostora

Izvor: Izradila autorica



## **5. PRIJEDLOG RJEŠENJA NACRTA SKLADIŠNOG OBJEKTA**

U ovome poglavlju biti će predstavljena moguća rješenja skladišnog objekta. Rrikazati će se faze prijedloga rješenja kako prema sadašnjem tako i prema budućem zadržavanju teretnih jedinica unutar skladišnog objekta. Za trenutne potrebe predstavlja se prijedlog rješenja skladišnog objekta prema načinu odlaganja teretnih jedinica u redove i blokove, za prvu godinu predviđanja predstavlja se prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u redove, blokove i prijedlog rješenja sa djelomični najmom, dok se za drugu godinu predviđanja zadržavanja teretnih jedinica predstavlja prijedlog rješenja odlaganjem teretnih jedinica u blokove.

### **5.1. Specifikacija skladišnog objekta**

Sam skladišni objekt sastojati će se od skladišnog prostora i ostalog prostora za druge potrebe. S obzirom kako je ulaz/izlaz jedinica u danu između dvije do osam dnevno, takav način protoka zapravo predstavlja jednu vrstu cross dock skladišnog objekta. Što se tiče zadržavanja jedinica, prosječno zadržavanje je jedan do dva dana. Problem predstavljaju rampe za koje je tvrtka odlučila da budu u razini poda, čime dolazi do nešto drugačijeg načina utovara i istovara jedinica, prilikom čega će se smanjiti produktivnost manipulacija. Postoje dvije opcije utovara odnosno istovara teretnog vozila.

Prva verzija predstavlja parkiranje teretnog vozila bočno kod rampe skladišnog objekta, nakon čega viličarist diže ceradu sa bočne strane. Zatim podiže vilice viličara, stavlja ih u utore koleta, naginje jarbol i podiže teret. Zatim se odmiče od vozila, spušta teret i odlazi do zone istovara gdje naginje jarbol prema tlu, spušta teret na pod i izvlači vilice. S obzirom da se radi o glomaznom teretu, potrebno je od prilike pola sata do četrdeset i pet minuta za utovar odnosno istovar vozila.

Druga verzija predstavlja ulazak teretnog vozila unutar skladišnog objekta, prilikom čega bi viličarist prišao viličarem do vozila, izuzimao teret istim principom

kao i u predhodno opisanom postupku. Prva opcija je ona koja bi bila učestala dok bi se druga opcija koristila rijetko.

Prijedlog za manji gubitak vremena prilikom ukrcaja/iskrcaja jedinica ukoliko dođe do povećanja obrta jedinica, bez obzira što se povećava trošak investiranja jest da se ugrade hidraulične rampe koje omogućavaju lakši pristup teretnom vozilu, te se time omogućava jednostavnije i brže manipuliranje jedinicama. Poseban naglasak zašto bi trebalo uvesti hidraulične rampe jest specifičnosti i glomaznost tereta.



**Slika 29: Hidraulična rampa**

Izvor: [shkenvo.en.made-in-china.com](http://shkenvo.en.made-in-china.com)

## **5.2. Određivanje broja ulazno/izlaznih rampi**

Što se tiče broja ulazno/izlaznih rampi  $n_D$ , rađen je proračun koji se temelji na broju radnih sati u danu, broju ulazno/izlaznih jedinica u danu, vremenu potrebnom za utovar/istovar teretnog vozila i broju jedinica koje se nalaze u teretnom vozilu. Navedeno je prikazano u nastavku u tablici broj 1.

Tablica 1: Podaci potrebni za određivanje broja U/I rampi

POVEĆANJE	DNEVNA KOLIČINA UKRCAJA I ISKRCAJA (d)		RASPOLOŽIVO VRIJEME U DANU (T)	PROSJEČNO VRIJEME POTREBNO ZA U/I KAMIONA (t)	KAPACITET KAMIONA (q)	KAMION
	16	144	8	0,5	18	PRIKOLIČAR
10%	18	162		0,75	27	TEGLJAČ
10%	20	180				

Izvor: Izradila autorica

U tablici 1 prikazani su podaci koji su potrebni za daljnji izračun broja rampi. Najveća dnevna količina ulaza u prvoj godini rada je osam teretnih jedinica odnosno 72 koleta. Izlaz jedinica isti je kao i ulaz što znači da je najveći izlaz u prvoj godini rada bio osam teretnih jedinica odnosno 72 koleta, što ukupno za ulaz i izlaz iznosi 144 koleta u jednome danu. S obzirom da se predviđanje zadržavanja jedinica u radu svake godine povećava, kod izračuna rampi za svaku godinu povećan je broj ulazn/izlaznih jedinica (d) za mogućih realno očekivanih 10%. Rad će se odvijati u jednoj smjeni od osam radnih sati (T), prosječno vrijeme utovara odnosno istovara (t) kreće se od pola sata do četrdeset i pet minuta. Jedinice se prevoze u prikoličaru čija duljina iznosi 7,30m, širina 2,50m i visina 2,60m. Zbog specifičnosti tereta koji će se prevoziti kapacitet iznosi 18 teretnih jedinica. Ukoliko se radi o tegljaču u kojem će se također prevoziti jedinice tereta, a čije dimenzije su duljina 13,62m, širina 2,50m i visina 2,62m u tegljač stane 27 teretnih jedinica.

U tablici 2. su prikazani rezultati dobiveni koristeći gore navedene podatke. Izračun broja rampi prikazan je kao odnos produkta umnoška dnevne količine utovara/istovara sa prosječnim vremenom potrebnim za utovar/istovar i umnoška kapaciteta vozila i raspoloživog vremena u danu. Izračuni su prikazani za vremenski interval utovara/istovara od pola sata i četrdeset i pet minuta.

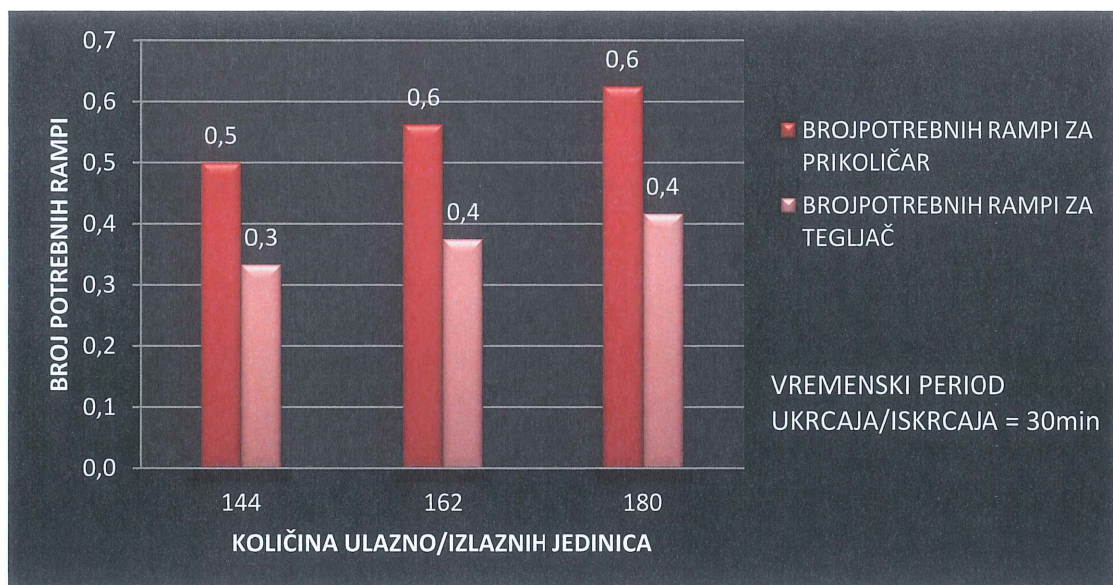
$$BROJ\ POTREBNIH\ RAMPI\ (n_D) = \frac{d \cdot t}{q \cdot T} [18]$$

Tablica 2: Izračun potrebnog broja U/I rampi

<b>RADNO VRIJEME = 8h</b>	<b>UKRCAJ/ISKRCAJ 30 min</b>	<b>BR U/I JEDINICA</b>	<b>BROJPOTREBNIH RAMPI ZA PRIKOLIČAR</b>	<b>BROJPOTREBNIH RAMPI ZA TEGLJAČ</b>
		144	0,5	0,3
		162	0,6	0,4
	<b>UKRCAJ/ISKRCAJ 45 min</b>	180	0,6	0,4
		<b>BR U/I JEDINICA</b>	<b>BROJ POTREBNIH RAMPI ZA PRIKOLIČAR</b>	<b>BROJPOTREBNIH RAMPI ZA TEGLJAČ</b>
		144	0,8	0,5
	<b>UKRCAJ/ISKRCAJ 45 min</b>	162	0,8	0,6
		180	0,9	0,6

Izvor: Izradila autorica

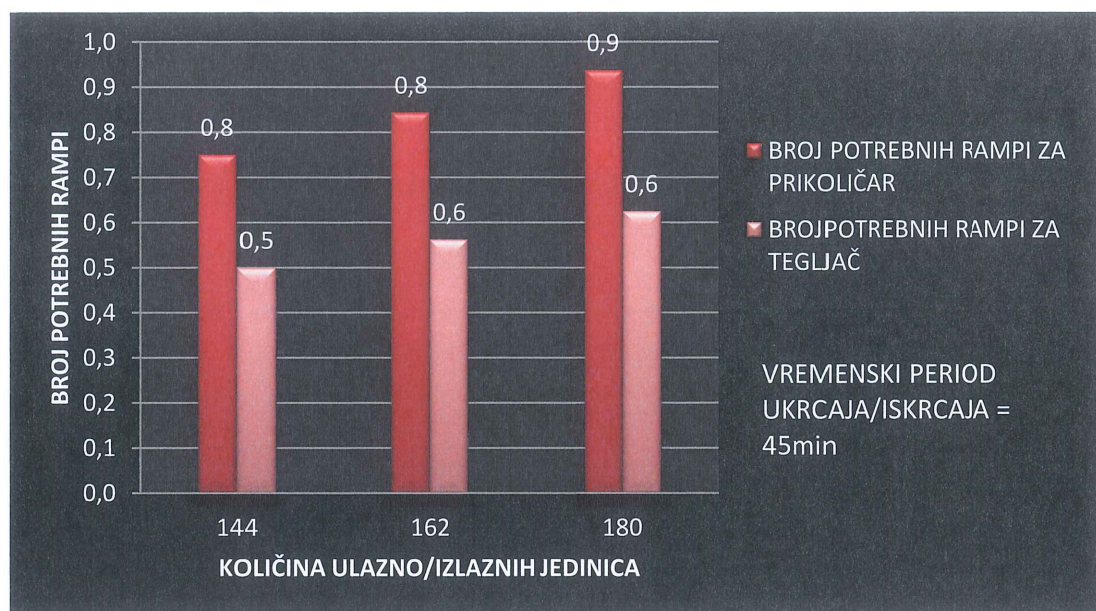
Grafikon 3. prikazuje rješenja dobivena u prethodnoj tablici za vremenski interval utovara /istovara teretnog vozila od pola sata za prikoličar i tegljač. Raspon ulazno/izlaznih jedinica kao što je već spomenuto u prošlom odlomku je prikazan za razdoblje od tri godine od čega se za razdoblje od dvije godine promet prikazao preko realnog mogućeg povećanja od 10%. Kako je u prvoj godini maksimalni ulaz/izlaz teretnih jedinica bio osam, odnosno 144 koleta za čiji ukrcaj/iskrcaj rezultat broja rampi iznosi 0,5 za prikoličar i 0,3 za tegljač. U drugoj godini izračun se radio prema povećanju od 10% odnosno o 162 koleta dok se u trećoj godini izračun povećao na 10% i dobiven broj ulazno/izlaznih koleta iznosi 180. Za 162 i 180 koleta izračun broja rampi rezultira sa 0,6 rampi za prikoličar, odnosno 0,4 rampe za tegljač.



Grafikon 3: Broj U/I rampi za vremenski period od 30min

Izvor: Izradila autorica

U nastavku je prikazan grafikon 4. koji prikazuje rezultate potrebnog broja rampi za četrdeset i pet minutni ukrcaj/iskrcaj. Isto kao i kod prethodnog slučaja prikazuju se ulazno/izlazne jedinice čija se maksimalna količina ulaza/izlaza koleta kreće od 144 koleta u prvoj godini rada do 180 koleta u trećoj godini rada. Rezultati broja rampi za 144 i 162 koleta iznosi 0,8, dok za 180 koleta iznosi 0,9 rampi. Kad se radi o prikoličaru za 144 koleta rezultat pokazuje potrebu od 0,5 rampi, a za 162 i 180 koleta potrebno je 0,6 rampi. Prema dobivenim rezultatima zaključuje se kako je za navedenu količinu ulazno/izlaznih jedinica dovoljna jedna rampa, međutim za potrebe prijedloga rješenja skladišnog objekta ovog diplomskog rada predlažu se za krajnji rezultata dvije rampe zbog produktivnijeg odvijanja manipulacija i bolje cirkulacije ulaza i izlaza teretnih jedinica.



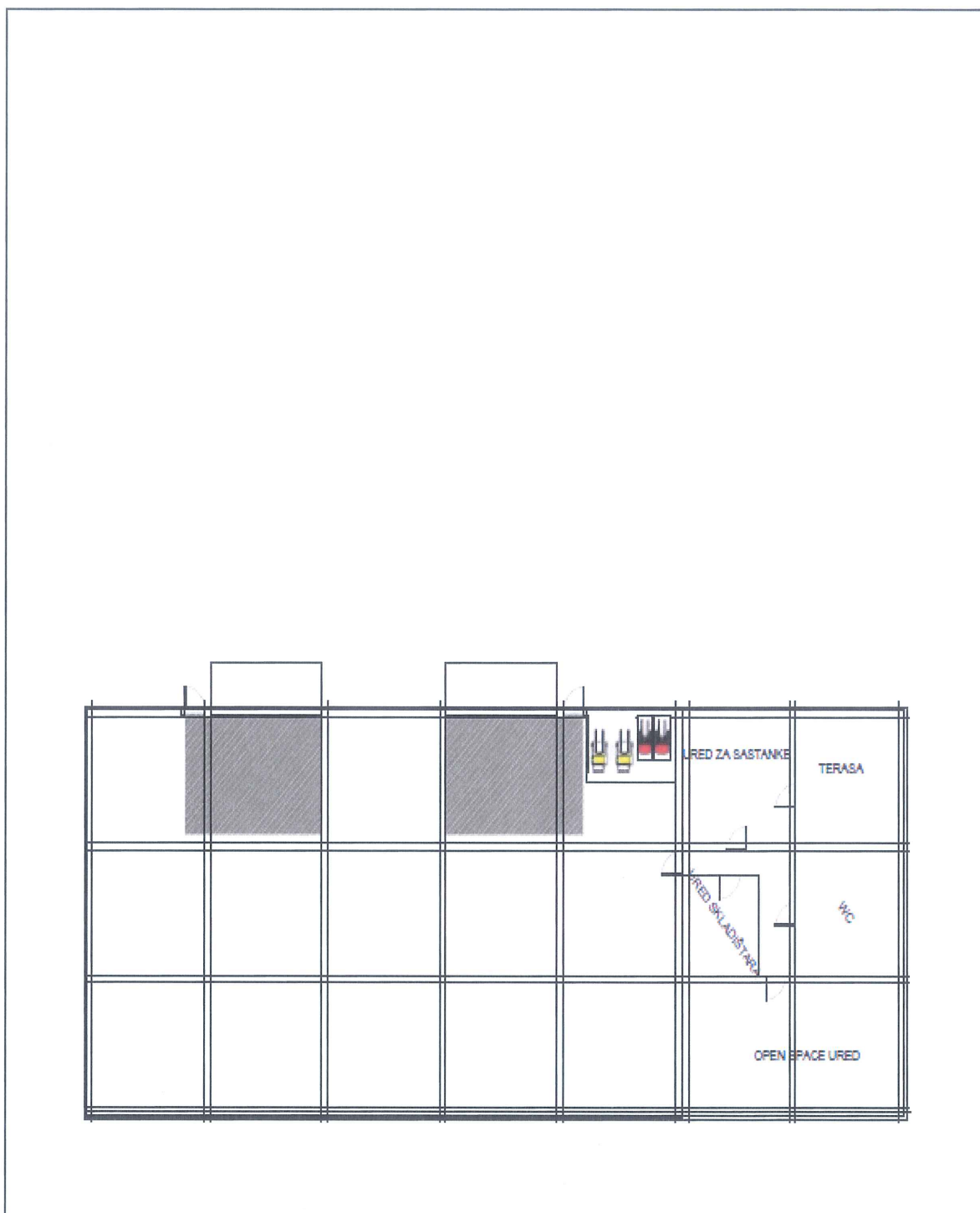
Grafikon 4: Broj U/I rampi za vremenski period od 45min

Izvor: Izradila autorica

### 5.3. Prikaz skladišnog objekta sa rampama i ostalim prostorima

Ovo podpoglavlje prikazuje skladišni objekt na slici 30 sa ulazno/izlaznim rampama pokraj kojih se nalaze vrata za ulazak/izlazak zaposlenika na parkiralište. Udaljenost između dviju rampi iznosi 5,70 m, dok je isto toliko dugačka svaka rampa. Vrata koja se nalaze pokraj ulazno/izlaznih rampi širine su 1m, te su uz njih smješteni protupožarni aparati. Ostali prostori podrazumijevaju ured za sastanke iz kojeg se omogućuje izlaz na terasu i ulaz u hodnik. Nasuprot sobe za sastanke nalazi se ured skladištara koji je smješten pokraj ulaza u skladište kako bi se minimizirao skladištaru prelazak iz ureda u samo skladište. Nasuprot ureda skladištara nalaze se prostori WC-a, dok je posljednja prostorija zamišljena kao open space<sup>6</sup> ured gdje će se nalaziti operativni agenti. Na nacrtu su prikazani prije spomenuti nosivi stupovi koji će prilikom predlaganja rješenja predstavljati prepreke zbog otežanog smještanja tereta i manipuliranja istim.

<sup>6</sup> Open space – Eng. Otvoreni prostor



Slika 30: Nacrt čestice i skladišnog objekta sa U/I rampama i dodatnim prostorima

Izvor: Izradila autorica

#### 5.4. Funkcija za izračun buduće količine zadržavanja teretnih jedinica

U ovome dijelu rada predstavljen je prijedlog rješenja skladišnog objekta temeljen na trenutnom ulazu/izlazu jedinica i predviđanju ulazno/izlaznih jedinica u periodu od dvije godine. Rezultati predviđanja ulazno/izlaznih jedinica dobiveni su pomoću *Growth funkcije* koristeći *Microsoft Excel*. *Growth funkcija* izračunava predviđen eksponencijalni rast pomoću postojećih podataka, drugim riječima funkcija vraća  $y$  vrijednosti za nizove novih  $x$  vrijednosti koje se navedu korištenjem postojećih  $x$  i  $y$  vrijednosti, rezultat se prikazuje grafom eksponencijalne krivulje, odnosno eksponencijalnim trendom.

Funkcija sadrži poznati  $y$  u odnosu  $y = b \cdot m^x$ . Ako je polje  $y$  (koji je poznat) i koji je obavezan podatak u jednom stupcu tada se svaki stupac  $x$  tretira kao zasebna varijabla, ako je pak  $y$  u jednom retku svaki se redak argumenata  $x$  tretira također kao zasebna varijabla, ali ako je  $y$  0 ili negativan tada funkcija vraća grešku. Skup  $x$  nije obavezan podatak, ali ukoliko je poznat tada su poznate vrijednosti  $x$  također u skupu  $y = b \cdot m^x$ .  $X$  može sadržavati nekoliko skupova varijabli, a ako se koristi samo jedna varijabla  $x$  i  $y$  mogu biti rasponi bilo kojeg oblika sve dok imaju jednake dimenzije. Ako se koristi više varijabli,  $y$  mora biti vektor (odnosno raspon s visinom retka ili širinom jednog stupca), a ako se  $x$  izostavi tada se pretpostavlja da su polja iste veličine kao i  $y$ . *Novi x* predstavlja vrijednost  $x$  za koje je potrebna vrijednost  $y$  pomoću *Growth funkcije*. *Novi x* mora sadržavati stupac ili redak za svaku nezavisnu varijablu isto kao i  $x$ . ako je  $y$  jedan stupac,  $x$  i *novi x* moraju imati isti broj stupaca. Ako je  $y$  u jednom retku,  $x$  i *novi x* moraju imati isti broj redaka. Drugim riječima, funkcija se temelji za izračunu eksponencijalnog rasta gdje je potencija koja daje rezultate zapravo postotak razlike koji je dobiven na temelju povijesnih podataka za određeno razdoblje, ali ako se računa predviđanje za period dulji od godinu dana tada se predviđanje za drugu godinu računa pomoću postotka odnosno razlike koja je dobivena za predhodno korišten period.

Uz pomoć gore korištene funkcije, prikazane su tri situacije koje unutar skladišnog objekta zahtijevaju uvođenje promjena u odnosu na dotadašnje stanje



#### 5.4.1. Prijedlog rješenja prema postojećem zadržavanju teretnih jedinica

U tablici 3. prikazano je prosječno zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta u periodu od godinu dana, podaci u tablici su povijesni podaci prema kojima se radi daljnje moguće predviđanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta. S obzirom na ulaz odnosno izlaz teretnih jedinica, dobiveni su podaci o zadržavanju teretnih jedinica unutar skladišnog objekta za 12 mjeseci. U početku poslovanja zadržavala se prosječno jedna jedinica dnevno, dok se na kraju godine prema izračunu dobiva rezultat dnevnog zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta od prosječno četiri jedinice dnevno odnosno 32 koleta ukupno.

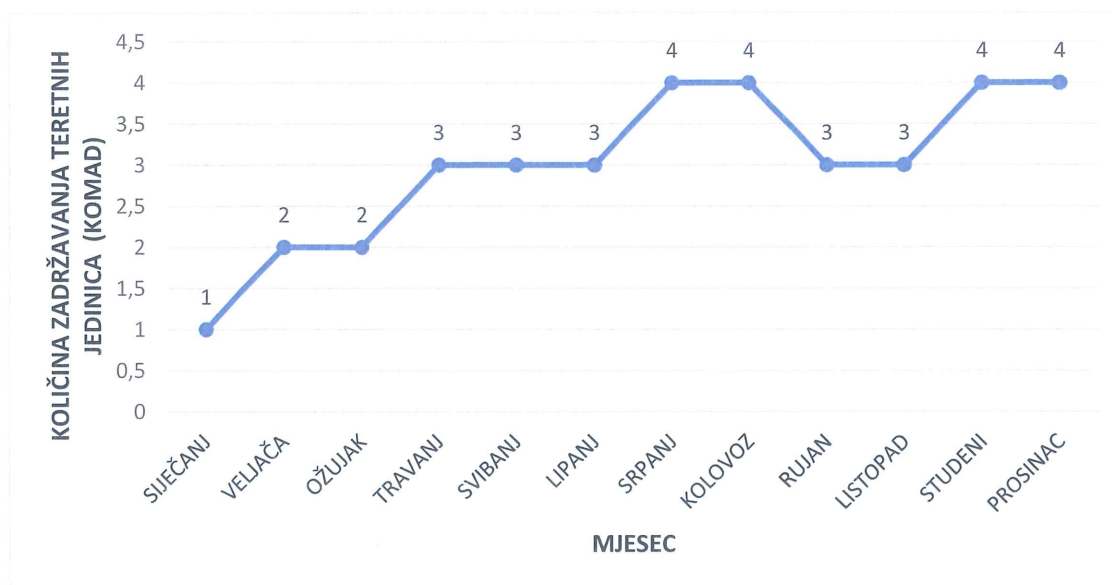
Tablica 3: Prosječno zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta za period od godinu dana

PROSJEČNO ZADRŽAVANJE JEDINICA – PRVA GODINA – POVIJESNI PODACI				
PERIOD PROMATRANJA (mjesec)	ZBROJ DNEVNIH ULAZA TERETNIH JEDINICA (kom)	ZBROJ DNEVNIH IZLAZA TERETNIH JEDINICA (kom)	ZBROJ (ULAZ - IZLAZ) / BROJ RADNIH DANA	PROSJEČNO ZADRŽAVANJE JEDINICA UNUTAR SKLADIŠNOG OBJEKTA (kom)
siječanj	39	38	31/22	1
veljača	36	34	35/20	2
ožujak	46	44	43/22	2
travanj	55	51	49/20	3
svibanj	61	58	54/22	3
lipanj	67	64	65/20	3
srpanj	74	70	73/21	4
kolovoz	83	79	77/22	4
rujan	71	68	65/21	3
listopad	77	75	73/22	3
studen	83	79	78/22	4
prosinac	73	70	70/19	4

Izvor: Izradila autorica

Grafikon 5 prikazuje rezultate zadržavanja teretnih jedinica prema povijesnim podacima ulaza/izlaza teretnih jedinica u periodu od godinu dana. Na samom početku kratkotrajnog skladištenja, tvrtka je zaprimala u prosjeku dnevno od jedne do

maksimalno tri teretne jedinice što prosječno na mjesečnoj bazi rezultira sa po dvije jedinice dnevno, broj jedinica koje ostaju unutar skladišnog objekta nakon dnevnog zaprimanja i otpremanja jedinica u prosjeku iznosi jedan, što znači da se u prvom mjesecu rada prosječno dnevno zadržavala po jedna jedinica unutar skladišnog objekta. Drugi i treći mjesec imaju ulaz/izlaz jedinica od dvije do maksimalno pet dnevno, dok je broj zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta dva. U periodu od četvrtog do šestog mjeseca broj ulazno/izlaznih jedinica povećao se sa dvije do maksimalno šest jedinica dnevno što rezultira sa povećanjem kako ulazno/izlaznih jedinica tako i zadržavanjem jedinica unutar skladišnog objekta te u ovom periodu broj jedinica koje se zadržavaju iznosi četiri. Nakon porasta, događa se mali pad ulazno/izlaznih jedinica u sljedeća dva mjeseca, te je broj zadržavanja jedinica u tim mjesecima tri. Na poslijetku period od nadolazeća četiri mjeseca rezultira ulazom/izlazom jedinica od tri do osam pa broj zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta iznosi četiri.



Grafikon 5: Zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta za period od godinu dana

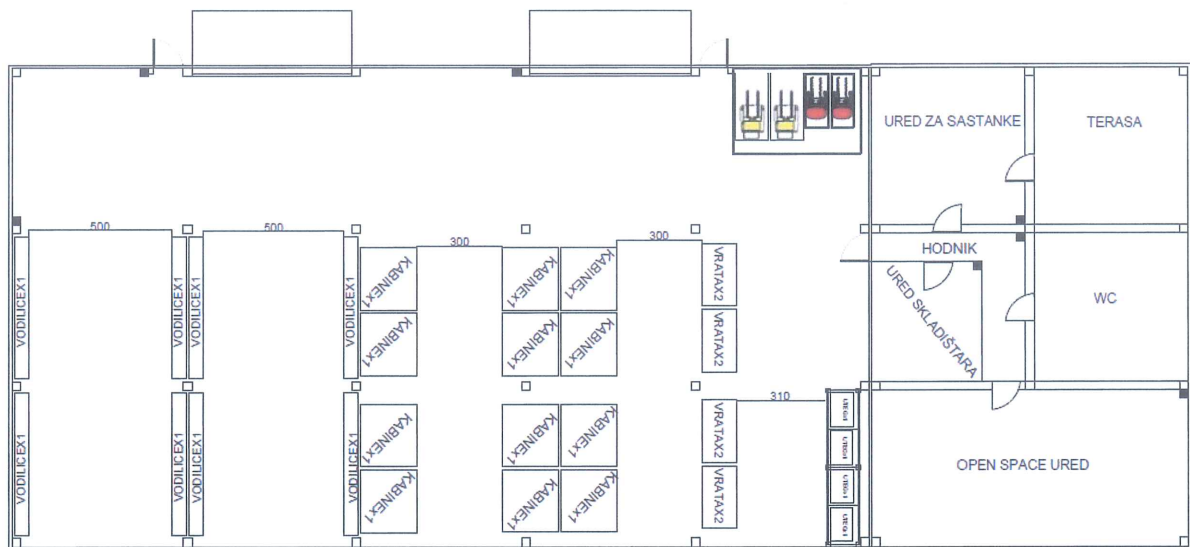
Izvor: Izradila autorica

Uspoređujući prvi i posljednji mjesec na grafikonu dobiva se postotak povećanja od 300%. Dugim riječima od prvog mjeseca do posljednjeg mjeseca količina jedinica koja se zadržava unutar skladišnog objekta porasla je za tri puta. U sljedećem dijelu rada prikazana je moguća potražnja za sljedeće dvije godine, dok je

u nastavku rada prikazano moguće rješenje skladišnog prostora prema različitim načinima odlaganja skladišnih jedinica.

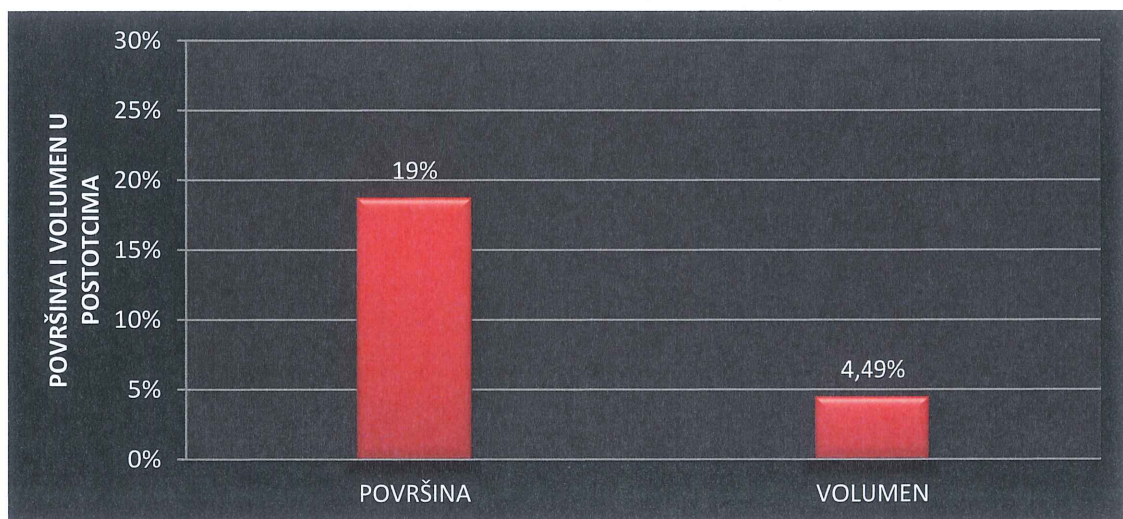
Slika 31. prikazuje prijedlog mogućeg rješenja skladišnog objekta prikazan kao 1. faza za trenutnu količinu robe koja se zadržava unutar istoga. S obzirom da se radi o prosječno četiri jedinice tereta, odnosno o 36 koleta moguće je kolete vodilica i kabina raspodijeliti u redove pojedinačno bez slaganja u visinu prilikom čega se skladištenjem vodilica zauzima osam skladišnih pozicija raspoređenih u tri reda gdje se zauzima skladišna površina od 23,00m<sup>2</sup>, a volumen 12,80m<sup>3</sup>, koleta kabina skladište se u dva reda gdje se u jednom redu takvim načinom skladištenja zauzimaju četiri skladišne pozicije, dok se u drugom redu zauzima osam skladišnih pozicija čime se zauzima površina od 54,9m<sup>2</sup> i volumen od 32,94m<sup>3</sup>. Koleta vrata skladište se po dva u visinu u jedan red čime se zauzimaju četiri skladišne pozicije čija skladišna površina zauzima 10,8m<sup>2</sup>, a volumen zauzima 12,96m<sup>3</sup>. Utezi se smještaju u dva regala duljine 2,70m i širine 1,20 s time da je u širinu uračunat i odmak od zida koji iznosi 0,30m sa modulima koji su raspoređeni po četiri u visinu, takvim se načinom zauzima površina od 8,36m<sup>2</sup>, a volumen iznosi 33,26m<sup>3</sup>. Korištenjem regala u ovome slučaju oslobađa se prostor za smještanje ostalih koleta te se omogućava potrebna širina transportnog puta između vodilica od 5m, dok je transportni put između redova kabina, vrata i regala 3m što omogućava siguran prolaz između redova te omogućava zakretanje viličara kako sa teretom tako i bez njega. U ovom slučaju, unutar skladišnog objekta smješta se ukupno 36 koleta, te se iskorištava 97,02m<sup>2</sup> površine, a volumena 92,96m<sup>3</sup> što je iskazano preko grafikona 6 u postotcima.

Ovakvim načinom odlaganja, gubi se puno prostora jer većina otpada na transportne puteve čija širina zauzima između redova vodilica 5m, između redova kabina i redova kabina i vrata 3m a između reda vrata i regala 3,10m. S obzirom da svaka teretna jedinica treba biti dostupna, iako ovakvo rješenje ima smisla kada su u pitanju male količine tereta koje su glomazne i teške za manipulaciju, kod velike količine asortimana ovakav raspored nije poželjan osim ako se roba odlaže u regale koji se u tom slučaju smještaju u redove.



Slika 31: 1. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u redove za 4 teretne jedinice (trenutno stanje)

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 6: Iskorištena površina i volumen za 1. fazu

Izvor: Izradila autorica

Slika 32 prikazuje drugi prijedlog rješenja prikazan kao 2. faza za broj koleta iz prve situacije, u ovome slučaju jedinice tereta odlažu se u blokove. Kao što je opisano u trećem dijelu rada, omogućava se pristup svakoj vrsti tereta ali ne i svakoj jedinici. Obzirom na malu količinu teretnih jedinica koleta koja se skladište u ovom slučaju mogu biti odložena zasebno bez slaganja u visinu. Razlika koja se očituje u

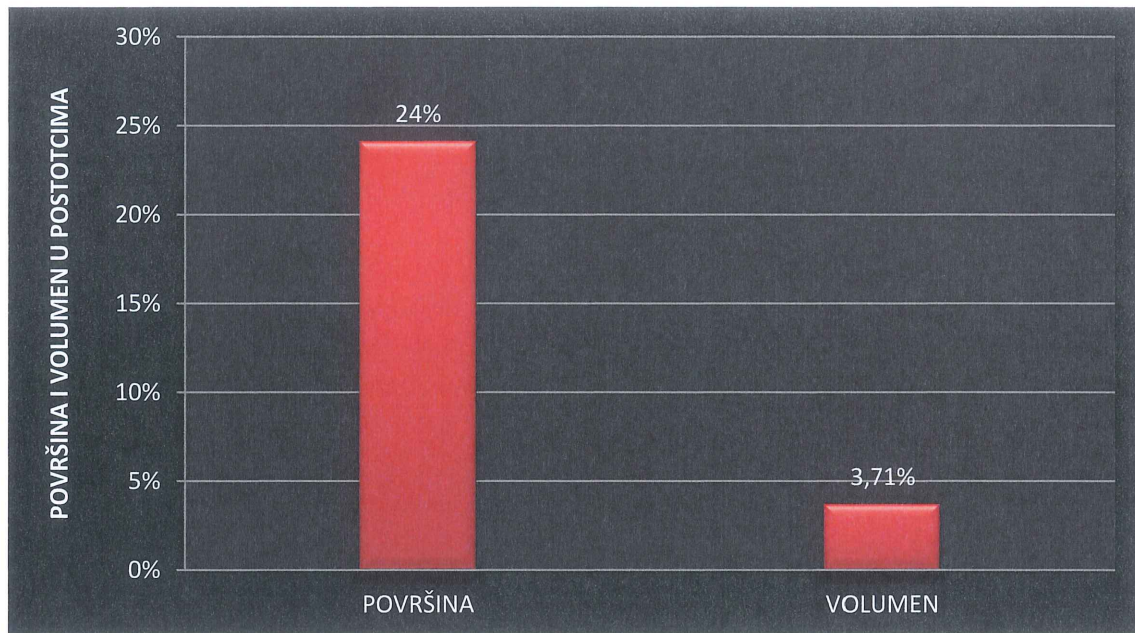
odnosnu na prijašnji prijedlog rješenja jest što u ovom slučaju ne postoje regali gdje se odlažu utezi jer odlaganjem jedinica u blokove ostaje puno neiskorištenog prostora, razlog tome su transportni putevi koji nisu potrebni između jedinica kao što je to slučaj kod redova.

Kod načina odlaganja teretnih jedinica u blokove, utezi zauzimaju osam skladišnih pozicija čija površina zauzima 9,81m<sup>2</sup> i volumen od 73,44m<sup>3</sup>. Vodilice zauzimaju također osam skladišnih pozicija gdje se zauzima 24,00m<sup>2</sup> površine i 14,40m<sup>3</sup> volumena. Koleta kabina skladište se u dva bloka te se u svakome bloku nalazi po šest koleta čime se zauzima ukupno 12 skladišnih pozicija čime se zauzima površina od ukupno 56,70m<sup>2</sup> i volumen od 34,02m<sup>3</sup>. Koleta vrata skladište se u jednom bloku čime se zauzima 12 skladišnih pozicija, odnosno zauzima se 35,10m<sup>2</sup> površine i 21,06m<sup>3</sup> volumena. Ovakav način odlaganja tereta unutar skladišnog objekta omogućava lakše odvijanje manipulacija kada se radi o glomaznim i teškim teretima, iako zbog malog broja teretnih jedinica ostaje jako puno slobodnog prostora. Ovakvim pristupom iskorišteno je 115,53m<sup>2</sup> površine, dok je iskorišten volumen od 71,60m<sup>3</sup> navedeno je iskazano u grafikonu 7. u obliku postotka.



Slika 32: 2. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 4 teretne jedinice (trenutno stanje)

Izvor: Izradila autorica



**Grafikon 7: Iskorištena površina i volumen za 2. fazu**

Izvor: Izradila autorica

#### 5.4.2. Potražnja za period od dvije godine i prijedlog rješenja skladišnog objekta za navedenu potražnju

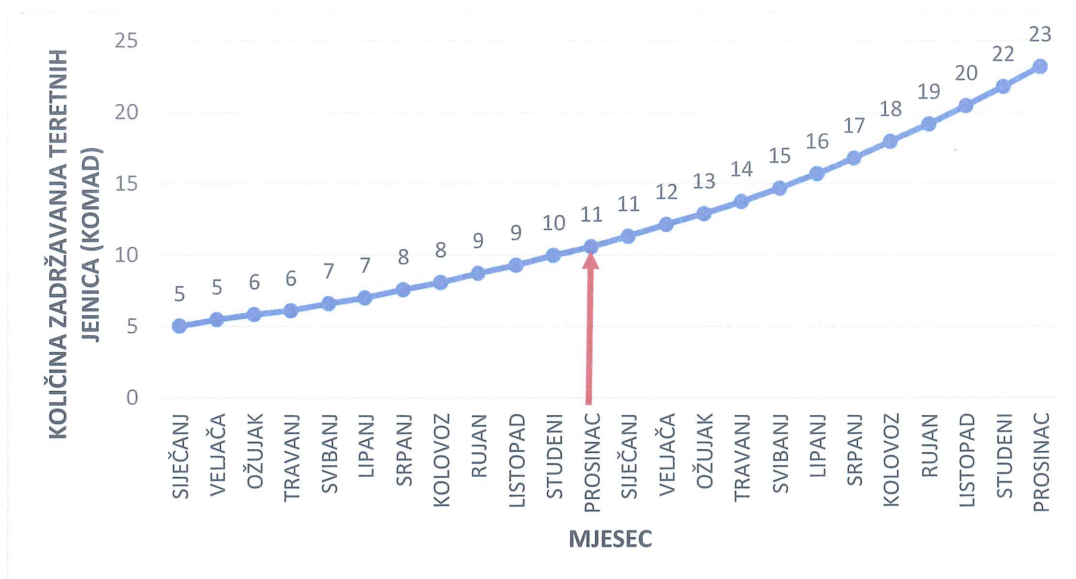
Ovaj dio rada prikazuje moguće povećanje zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta u periodu od nadolazeće dvije godine. Temeljem *Growth funkcije* kao i u prethodnom dijelu rada dobiveni su rezultati prikazani u grafikonu 8., te se očitava moguć eksponencijalni rast zadržavanja jedinica što je prikazano u tablici 4.

U prvoj godini predviđanja očekuje se zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta od pet do 11 odnosno od 45 do 99 koleta, dok se u drugoj godini predviđanja očekuje zadržavanje od 11 do 23 jedinice, tj. od 99 koleta do 207 koleta. S obzirom da su dobiveni rezultati u odnosu na prvu godinu znatno veći, treba naglasiti kako se predviđanje zadržavanja teretnih jedinica radi metodom koja nije u potpunosti precizna zbog malog broja povijesnih podataka koji su važni za što preciznije rezultate predviđanja stoga valja imati na umu kako su u stvarnosti moguća odstupanja.

Tablica 4: Predviđanje zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta za period od dvije godine

DRUGA GODINA – REZULTATI PREDVIĐANJA ZADRŽAVANJA JEDINICA UNUTAR SKLADIŠNOG OBJEKTA		TREĆA GODINA – REZULTATI PREDVIĐANJA ZADRŽAVANJA JEDINICA UNUTAR SKLADIŠNOG OBJEKTA	
PERIOD PROMATRANJA (mjesec)	OČEKIVANO ZADRŽAVANJE TERETNIH JEDINICA UNUTAR OBJEKTA (kom)	PERIOD PROMATRANJA (mjesec)	OČEKIVANO ZADRŽAVANJE TERETNIH JEDINICA UNUTAR OBJEKTA (kom)
siječanj	5	siječanj	11
veljača	5	veljača	12
ožujak	6	ožujak	13
travanj	6	travanj	14
svibanj	7	svibanj	15
lipanj	7	lipanj	16
srpanj	8	srpanj	17
kolovoz	8	kolovoz	18
rujan	9	rujan	19
listopad	9	listopad	20
studeni	10	studeni	22
prosinac	11	prosinac	23

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 8: Očekivanje zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta za period od dvije godine

Izvor: Izradila autorica

Slika 33. prikazuje prijedlog rješenja za maksimalno zadržavanje u prvoj godini, zadržavanje 11 teretnih jedinica odnosno 99 koleta unutar skladišnog objekta. Prvi najjednostavniji prijedlog rješenja skladišnog objekta prikazan kao 3. faza nalaže odlaganje jedinica u blokove gdje se 22 koleta utega zbog vlastite težine slažu zasebno te zauzimaju 25,20m<sup>2</sup> površine i 20,16m<sup>3</sup> volumena. Vrata čija ukupna količina koleta iznosi 22, odlažu se po dva u visinu čime se zauzima 11 skladišnih pozicija te se zauzima 31,89m<sup>2</sup> površine i 38,26m<sup>3</sup> volumena. 33 koleta kabina odlažu se po tri u visinu prilikom čega se iskorištava 11 skladišnih pozicija odnosno zauzima se 56,70m<sup>2</sup> površine i 10,20m<sup>3</sup> volumena. Preostale 22 kolete vodilica koje se odlažu po dvije u visinu zauzimaju 11 skladišnih pozicija unutar skladišnog te zauzimaju površinu od 33,00m<sup>2</sup> i 46,20m<sup>3</sup> volumena. Ovim načinom odlaganja teretnih jedinica dobiva se zauzetost površine od 146,79m<sup>2</sup> i zauzetost volumena iznosi 206,93m<sup>3</sup>.

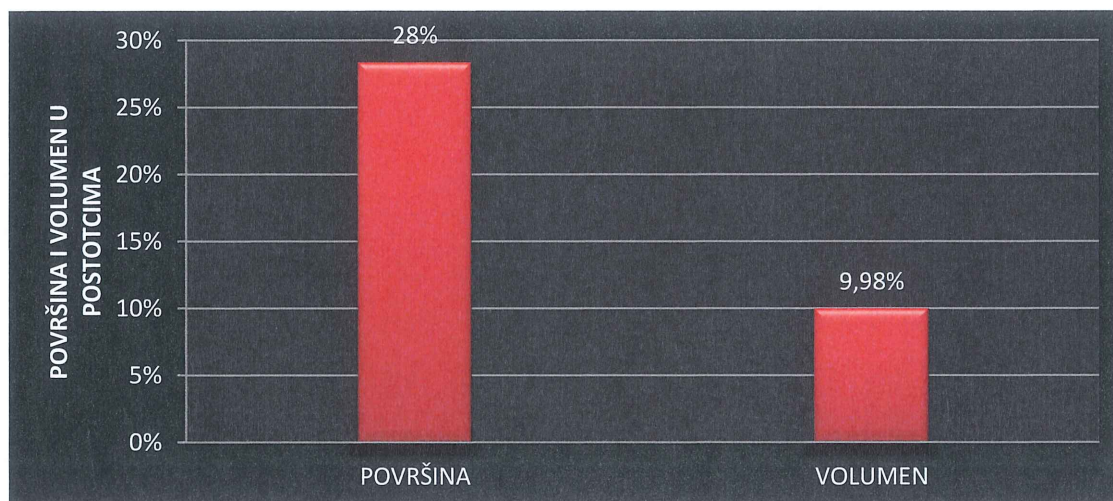
Grafikon 9. pokazuje kako bi u drugoj godini poslovanja bilo iskorišteno 28% površine i 9,98% volumena. Ukupni broj koleta koji se nalazi na kraju prve predviđene godine poslovanja iznosi ukupno 99 koleta.





Slika 33: 3. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 11 teretnih jedinica

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 9: Iskorištena površina i volumen za 3. fazu

Izvor: Izradila autorica

Drugi prijedlog za isti broj teretnih jedinica predstavljen kao 4. faza daje rješenje u obliku skladištenja teretnih jedinica u redove. Vodilice se smještaju u tri reda, prilikom čijeg skladištenja se u prvom redu zauzimaju dvije skladišne pozicije sa po tri koleta u visinu, drugi red predstavlja zauzeće od četiri skladišne pozicije gdje se također skladište po tri koleta u visinu, dok se u trećem redu zauzimaju dvije

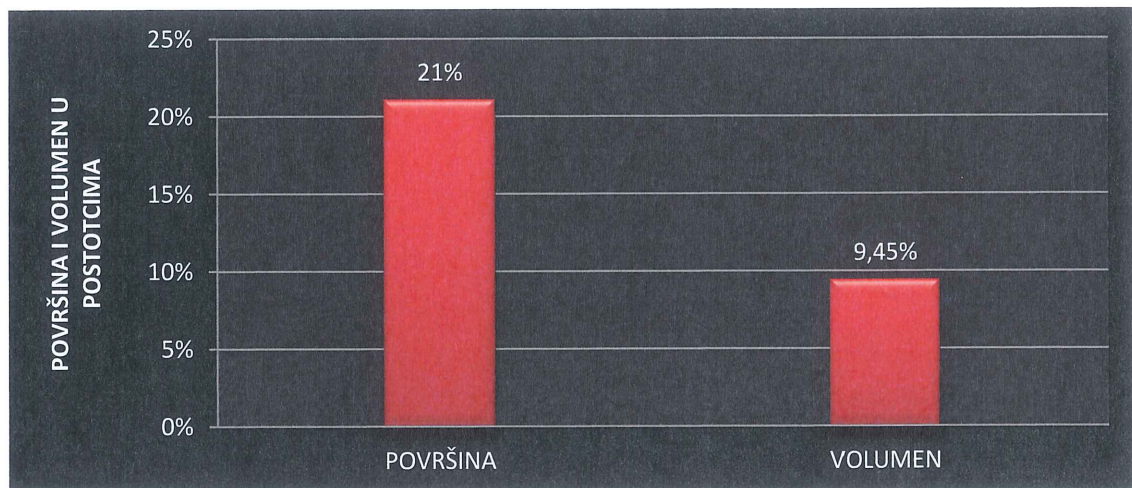
skladišne pozicije ali se odlažu po dva koleta u visinu. Takvim načinom skladištenja 22 koleta vodilica zauzimaju  $23\text{m}^2$  površine i  $27,60\text{m}^3$  volumena. Kabine se skladište u tri reda od čega jedan red koji je smješten pokraj vodilica podrazumijeva pet kabina po tri u visinu, drugi red kabina zauzima četiri skladišne pozicije sa tri koleta u visinu, a treći red koji se nalazi u redu sa vratima zbog prihvatljive širine transportnog puta sadrži dvije skladišne pozicije sa po tri koleta u visinu. Površina koju zauzimaju 33 koleta kabina iznosi  $52,29\text{m}^2$  površine i  $94,12\text{m}^3$  volumena. Vrata se skladište u tri reda, od čega prvi red koji se smješta pokraj reda kabina zauzima četiri skladišne pozicije od čega se na tri skladišne pozicije nalaze po dva koleta vrata u visinu, a jedna skladišna pozicija sadrži tri koleta vrata u visinu. Red nasuprot zauzima četiri skladišne pozicije na kojima je smješteno po tri koleta vrata u visinu. Površina koju zauzimaju 22 koleta vrata iznosi  $22,05\text{m}^2$  dok je volumen  $26,46\text{m}^3$ . Posljednja vrsta tereta su utezi koji se u ovom slučaju skladište tri regala čija dužina pojedinačno iznosi 2,70m, a širina 1,20m. Regali sadrže po četiri modula u visinu čime se omogućuje smještanje potrebna 22 utega. Takav način odlaganja teretnih jedinica uzevši u obzir udaljenost od zida zauzima  $12,65\text{m}^2$  površine i  $48,66\text{m}^3$  volumena.

Kao i kod 1. faze prijedloga rješenja ovakvim se načinom skladištenja gubi puno skladišne površine na transportne puteve, posebice za puteve koji se nalaze između redova vodilica čija širina iznosi 5m. Transportni putevi između redova u kojima su smještena koleta kabina i vrata iznose 3m, a transportni put između regala u koje se smještaju utezi i kabine iznosi 3,38m dok transportni put u istom redu između koleta vrata i regala iznosi 2,83m što je dovoljno za odvijanje manipulacija koje su potrebne u navedenom redu. Grafikon 10 prikazuje iskorištenje površine od 21% i volumena od 9,45%.



Slika 34: 4. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u redove za 11 teretnih jedinica

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 10: Iskorištena površina i volumen za 4. fazu

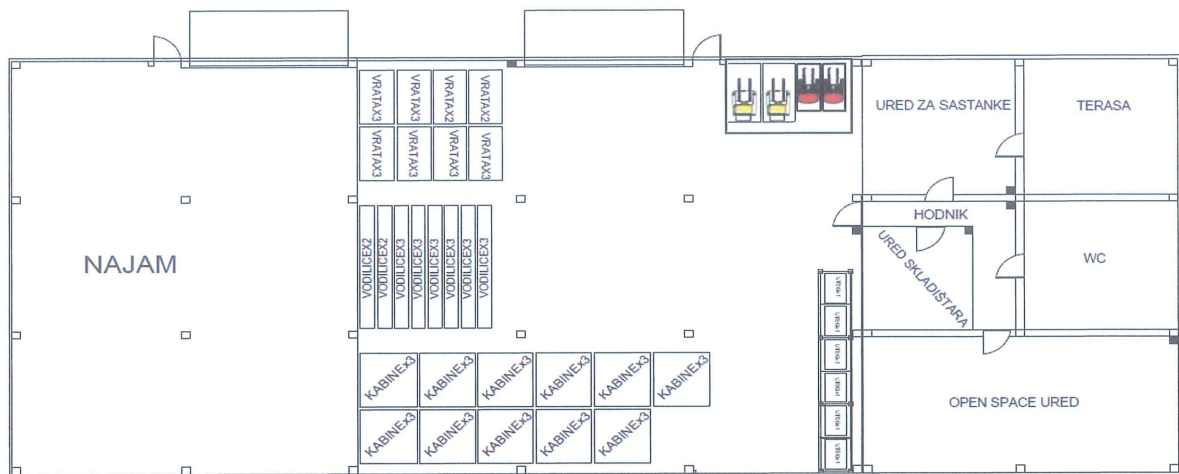
Izvor: Izradila autorica

Treći prijedlog rješenja skladišnog objekta prikazan kao 5. faza je situaciji kada se u skladišnom objektu nalazi ukupno 11 teretnih jedinica, odnosno ukupno 99 koleta jest da se dio skladišnog objekta daje u najam, a dio skladišnog objekta ostaje za smještaj 11 teretnih jedinica koje se mogu odlagati u blokove. Ovakvim bi se načinom poslovanja omogućila dodatna zarada, dok bi se sve radnje unutar

skladišnog objekta koje se koristi za predmetnu tvrtku obavljale nesmetano. U ovome slučaju površina koju bi tvrtka koristila iznosi  $306,85\text{m}^2$ , volumen je  $1227,40\text{m}^3$ , dok bi preostala površina od  $210,80\text{m}^2$  i  $843,20\text{m}^3$  volumena bila slobodna za gore navedeni mogući najam.

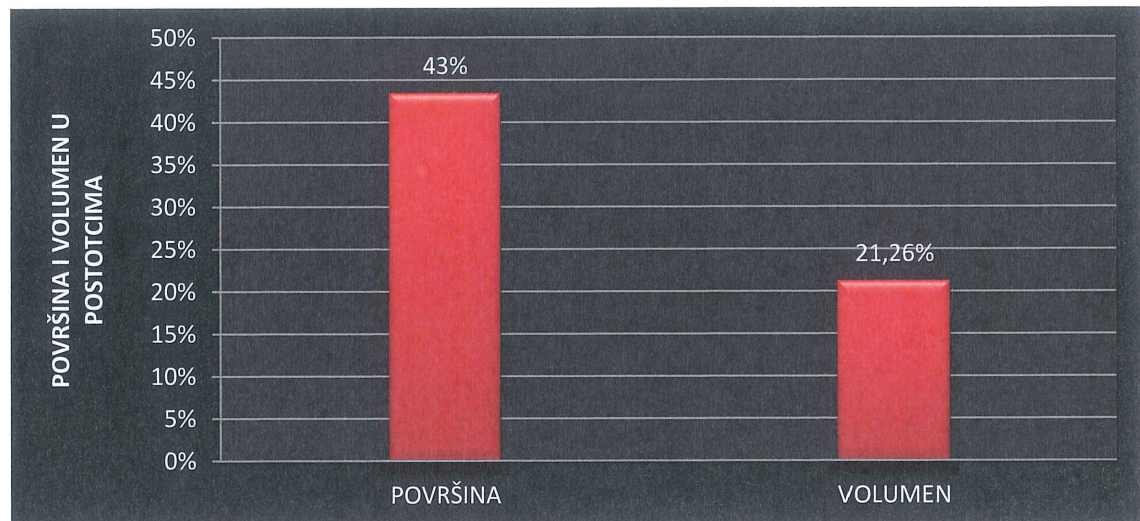
Pokraj rampe koja bi u ovome slučaju preuzela ulogu ulazno/izlazne rampe, smještaju se koleta vrata u blok koji zauzima osam skladišnih pozicija od čega se na šest skladišnih pozicija smješta po tri koleta u visinu, a na preostale dvije skladišne površine smješta se po dva koleta u visinu prilikom čijeg se skladištenja zauzima  $23,40\text{m}^2$  površine i  $38,53\text{m}^3$  volumena. Desno od bloka vrata smještaju se vodilice u blok koji zauzima osam skladišnih pozicija od kojih se na šest skladišnih pozicija smještaju po tri koleta u visinu, a na preostale dvije pozicije po dva koleta u visinu gdje se zauzima  $33,00\text{m}^2$  površine i  $46,20\text{m}^3$  volumena. Koleta kabina smještaju se nakon bloka vodilica u donjem uglu skladišnog objekta te zauzimaju 11 skladišnih pozicija na kojima se skladište po tri koleta u visinu te se zauzima  $71,62\text{m}^2$  površine i  $128,91\text{m}^3$  volumena. Utezi su zbog boljeg iskorištenja prostora smješteni u regal koji sadrži šest skladišnih pozicija sa po četiri modula u visinu što omogućava smještaj potrebnih 22 utega čijim se načinom odlaganja zauzima  $12,78\text{m}^2$  površine i  $51,15\text{m}^3$  volumena.

Odlaganjem tereta kombinacijom blokova i regala iskorištava se  $131,81\text{m}^2$  površine i  $257,90\text{m}^3$  volumena, odnosno izraženo u postocima prikazanim u grafikonu 11. iskorišteno je 43% površine i 21,26% volumena od prostora koji bi tvrtka koristila za svoje potrebe.



Slika 35: 5. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 11 teretnih jedinica u slučaju iznajmljivanja dijela skladišnog objekta

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 11: Iskorištena površina i volumen za 5. fazu

Izvor: Izradila autorica

Promatranjem grafikona 8. vidi se kako predviđeno zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta u drugoj godini raste sa 11 teretnih jedinica na 23 teretne jedinice na kraju godine u nastavku rada prikazan je nacrt sa odlaganjem teretnih jedinica u blokove prikazan kao 6. faza čime se iskorištava kapacitet skladišnog objekta u potpunosti, točnije iskorišten je veliki kapacitet skladišnog objekta prilikom čega se još uvijek omogućava odvijanje manipulacija bez smetnji. Kada se u

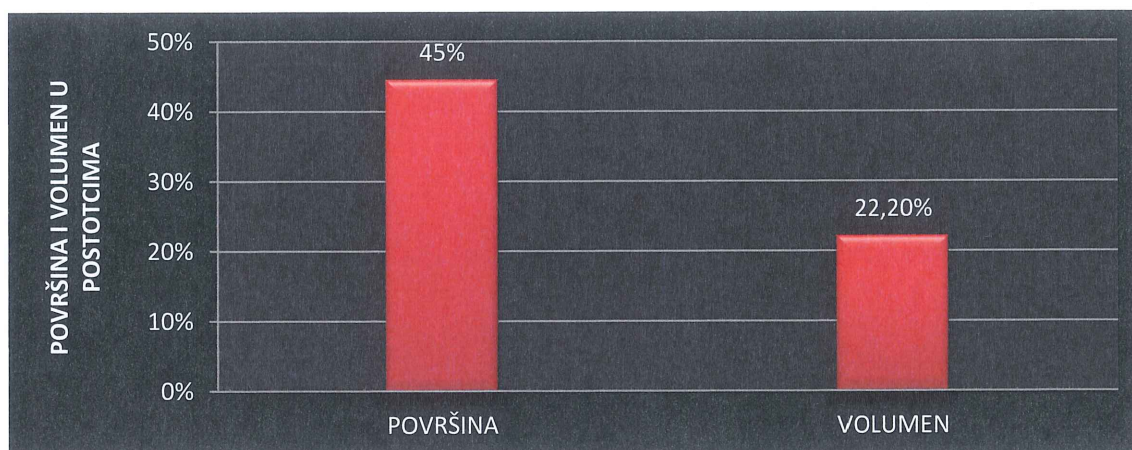
skladišnom objektu nalaze 23 teretne jedinice to znači da se skladišti ukupno 207 koleta, prilikom čije pohrane u odnosu na prethodne slučajeve koleta moraju slagati po tri u visinu. Tako postoje tri bloka kabina čijim se skladištenjem zauzima deset skladišnih pozicija, drugi blok nalazi se između tri nosiva stupa gdje su zauzete tri skladišne pozicije i na kraju treći blok zauzima kao i prvi deset skladišnih pozicija. Površina koju blokovi koleta zauzimaju iznosi  $71,62\text{m}^2$ , dok volumen iznosi  $128,91\text{m}^3$ . Vodilice smještene u jedan blok zauzimaju 16 skladišnih pozicija, do čega 14 skladišnih pozicija sadrži po tri koleta u visinu, a preostale dvije skladišne pozicije sadrže po dva koleta u visinu. Površina koju zauzimaju vodilice je  $48,00\text{m}^2$ , a volumen je  $83,10\text{m}^3$ . Vrata se skladište u blok koji zauzima 16 skladišnih pozicija, koje kao i vodilice sadrže 14 skladišnih pozicija na kojima se smještaju po tri koleta vrata u visinu dok se na preostale dvije pozicije smještaju po dva koleta u visinu. Utezi su smješteni u dva reda regala, gdje je ukupna duljina jednog regala  $8,10\text{m}$  i širina  $1,20\text{m}$ . Svaki od regala sadrži po šest skladišnih pozicija sa po četiri modula u visinu što omogućava smještanje ukupno 46 utega. Regali sa teretom zauzimaju površinu od  $23,10\text{m}^2$  i volumen od  $92,40\text{m}^3$ .

Ovakvim se načinom skladištenja iskorištava volumen skladišnog prostora od  $459,67\text{m}^3$ , dok iskorištena površina iznosi od  $230,77\text{m}^2$ . Izraženo u postocima koji su prikazani na grafikonu 12., iskorištena površina u odnosu na ukupnu skladišnu površinu je 45%, dok je iskorišteni volumen u odnosu na ukupni volumen skladišnog prostora 22,20%.



Slika 36: 6. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 23 teretne jedinice

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 12: Iskorištena površina i volumen za 6. fazu

Izvor: Izradila autorica

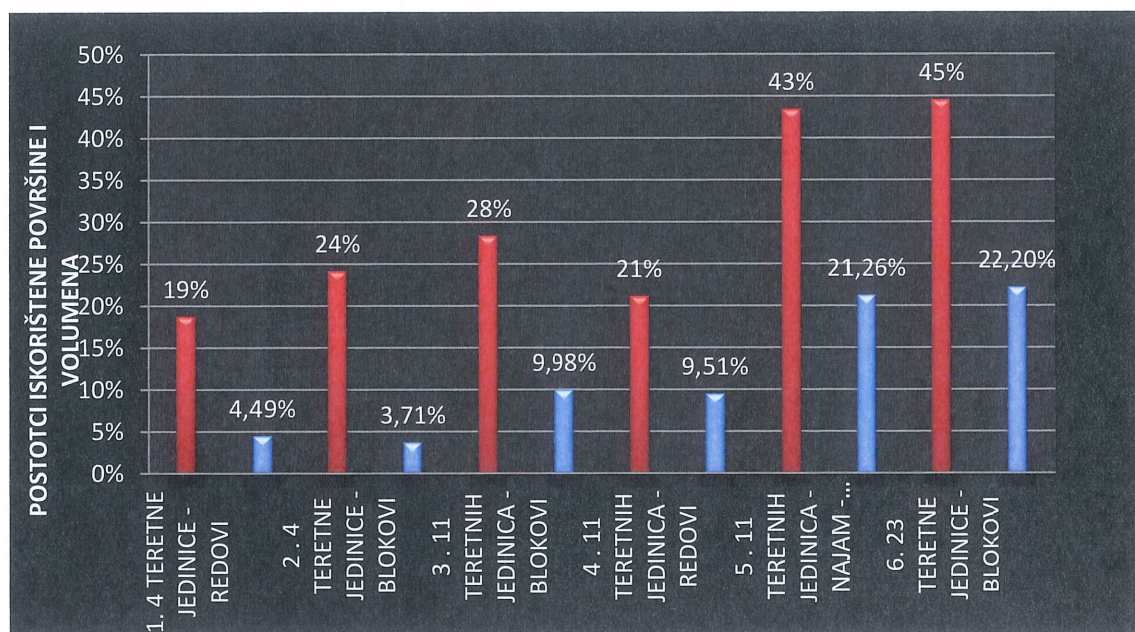
### 5.4.3. Usporedba predloženih rješenja

Posljednji dio diplomskog rada prikazuje usporedbu iskoristivosti prostora i volumena šest mogućnosti, odnosno šest faza prijedloga rješenja skladišnog objekta. Prema dobivenim rezultatima zaključuje se kako skladišni prostor gubi na svojoj ulozi u prvoj i drugoj godini rada. Prema tome, zbog bolje prostorne i financijske iskoristivosti predlaže se iskorištenje dijela skladišnog objekta od 306,85m<sup>2</sup> i

volumena od 1227,40m<sup>3</sup> u svrhu skladištenja teretnih jedinica tvrtke, dok se dio skladišnog objekta od 210,80m<sup>2</sup> površine i volumena od 843,20m<sup>3</sup> predlaže za najam.

Druga godina poslovanja, predviđa rast od 230% zbog čega je potrebna ukupna površina skladišnog prostora za korištenje. Ukoliko se povećanje rasta nastavi potrebno je pokraj skladišnog objekta smjestiti industrijski šator koji će se koristiti za smještaj koleta kabina i vodilica zbog njihove glomaznosti, dok se preostale dvije vrste koleta mogu nastaviti smještati unutar skladišnog objekta.

Ukoliko tvrtka zaključi da do potpunog iskorištenja skladišnog objekta treba više vremena od dvije godine, prijedlog rješenja sa djelomičnim najmom istoga može se iskoristiti sve dok za to postoje mogućnosti što zapravo odgovara njihovom profitabilnom poslovanju.



Grafikon 13: Usporedba površina i volumena danih prijedloga rješenja skladišnog objekta

Izvor: Izradila autorica

Grafikon 13 prikazuje usporedbu šest mogućih prijedlog rješenja skladišnog objekta. Vidljivo je kako se kod skladištenja četiri teretne jedinice u 1. fazi prijedloga



rješenja koji je predstavljen skladištenjem teretnih jedinica u redove iskorištava 19% površine i 4,49% volumena što je manje u odnosu na skladištenje istog broja teretnih jedinica u slučaju kada se iste skladište u blokove kao što je dano u 2. fazi prijedloga rješenja gdje se odlaganjem teretnih jedinica u blokove iskorištava 24% skladišne površine i 3,71% volumena. Dakle, razlika kod iskoristivosti površine iznosi 5% a kod iskoristivosti volumena iznosi 0,78%. Razlika od 0,78% je zbog toga što se kod skladištenja teretnih jedinica u blokove svaka koleta odlaže zasebno, drugim riječima nema skladištenja u visinu.

Ako se uspoređuje iskoristivost skladišnog objekta kada se unutar istoga nalazi 11 teretnih jedinica, tada je kod prijedloga rješenja gdje se teretne jedinice odlažu u redove iskoristivost skladišne površine 21% što je manje za 7% u odnosu na prijedlog rješenja u kojem se teretne jedinice odlažu u blokove jer tada iskorištenje površine iznosi 28%. Iskoristivost volumena kod slaganja teretnih jedinica u redove iznosi 9,45% što je u odnosu na slučaj kada se skladište teretne jedinice u blokove i zauzimaju 9,98% manje za 0,53%. Ukoliko se radi usporedba prethodno opisana dva načina odlaganja tereta sa situacijom kada se dio skladišnog objekta daje u najam, te kada se teretne jedinice skladište na nešto manjoj površini postotak iskorištenja površine i volumena znatno je veći. Kod te se situacije iskorištava 43% skladišne površine, a 21,26% skladišnog volumena.

Posljednja dva prijedloga rješenja skladišnog objekta predstavljaju smještanje 23 teretne jedinice, te se odlaganjem istih u blokove iskorištava površina od 45% i volumen od 22,20%. Posljednji prijedlog rješenja skladišnog objekta jest jedini način kada se zapravo ulaganje u gradnju skladišnog objekta isplati. Sve dok skladišni objekt ne počne zaprimati 23 i više teretnih jedinica nema smisla koristi cijeli skladišni prostor već samo dio, a preostali dio dati u najam zbog dodatne zarade.

#### 5.4.4. Predviđanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta za period od 10 godina

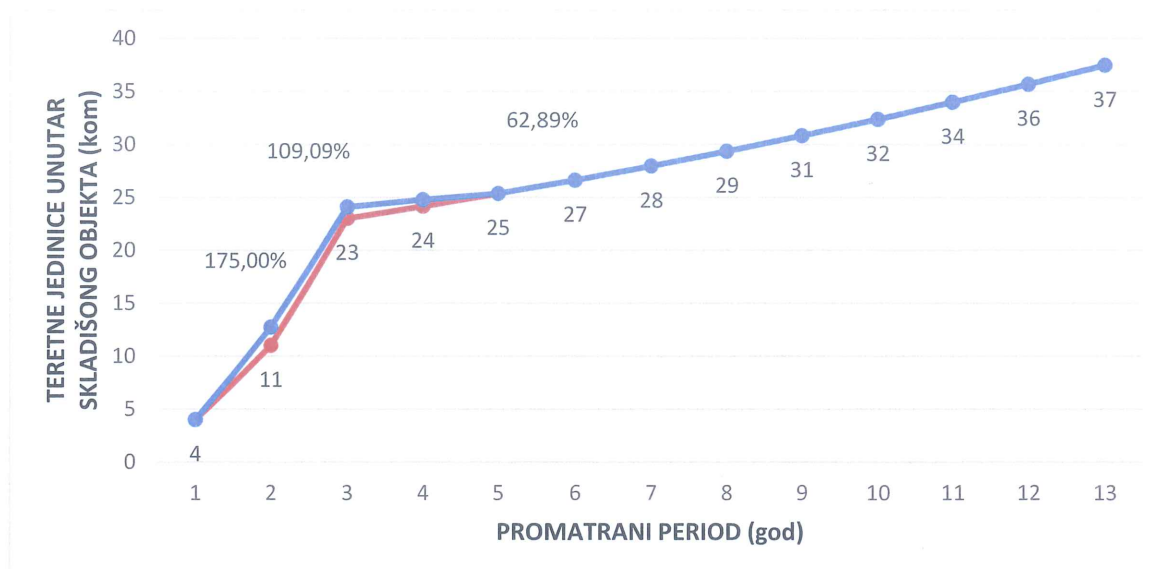
Razdoblje od 10 godina predviđanja prikazano je u tablici 5. Prva godina rada prikazuje povijesne podatke, rezultati sljedeće dvije godine kao što je detaljno objašnjeno u prethodnim poglavljima dobiveni su pomoću *Growth funkcije*, dok se za

razdoblje od nadolazećih 10 godina prikazuje moguće povećanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta preko povećanja od 5% za svaku godinu. Razlog takvog povećanja je podatak o vrijednosti BDP izvoza u RH 5,1% za 2016.godinu, za 2017. godinu 3,6% dok je trenutna vrijednost BDP izvoza u RH 5,5% za prvi kvartal 2018. godine. [24] Ukoliko dođe do prikazanog povećanja zadržavanja teretnih jedinica iznad 23 koleta tvrtka treba razmišljati o proširenju skladišnog prostora.

Tablica 5: Podaci za razdoblje od 10 godina

<b>PREDVIĐANJE ZADRŽAVANJA TERETNIH JEDINICA UNUTAR SKLADIŠNOG OBJEKTA ZA PERIOD OD 10 GODINA</b>			
<b>GODINA RADA</b>	<b>KOLIČINA TERETNIH JEDINICA KOJE SE ZADRŽAVAJU UNUTAR SKLADIŠNOG OBJEKTA</b>	<b>RAZLIKA POVEĆANJA (kom)</b>	<b>POSTOTAK POVEĆANJA</b>
1	4	7,00	175,00%
2	11		
3	23	12,00	109,09%
4	24,15	1,15	62,89%
5	25,36	1,21	
6	26,63	1,27	
7	27,96	1,33	
8	29,35	1,40	
9	30,82	1,47	
10	32,36	1,54	
11	33,98	1,62	
12	35,68	1,70	
13	37,46	1,78	

Izvor: Izradila autorica



Grafikon 14: Predviđanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta za period od 10 godina

Izvor: Izradila autorica

Na kraju desetogodišnjeg poslovanja broj teretnih jedinica koje se zadržavaju unutar skladišnog objekta je 37 što znači ukupno 333 koleta. Kako se radi o glomaznim teretima, prihvatljivo rješenje bilo bi pokraj skladišnog objekta smjestiti industrijski šator unutar kojega bi se mogle odlagati kolete vodilica i kabina s obzirom da su to dva najveća tereta promatrajući njihovu pojedinačnu površinu. Koleta vrata i utega mogla bi se smještati unutar skladišnog objekta kao i do sada što bi zapravo omogućilo puno bolje iskorištenje postojećeg i novog prostora, dok bi se s druge strane omogućilo bolje odvijanje manipulacija. Ukoliko bi slijedom prikazane povećane potražnje od 62,89% za razdoblje od 10 godina i razvoja poslovanja bilo potrebno uložiti u dodatne resurse kao što je industrijski šator potrebno je izvršiti daljnju financijsku analizu isplativosti koja bi u obzir uzela kako uložena sredstva tako i povezane dobiti istih.

## 6. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad temelji se na predlaganju rješenja za skladišni objekt logističko distribucijska tvrtke u RH koja gradi vlastiti skladišni objekt za svoje potrebe. Novi skladišni objekt smjestiti će se u Velikoj Gorici, točnije Vukovinskom polju na području poslovne zone *Meridian 16 Business Park*. Kod prijedloga rješenja važno je obratiti pozornost na broj ulazno/izlaznih rampi, učestalost ulaza i izlaza tereta iz skladišnog objekta i zadržavanje tereta unutar istoga. Vrlo važan podatak je i vrsta robe koja se skladišti s obzirom na svojstva, temperaturni režim i način odlaganja.

Roba koja će se skladištiti u predmetnom skladišnom objektu predstavlja glomazne terete čije skladištenje zahtijeva široke transportne puteve zbog dužine pojedinih teretnih jedinica te iskustvo prilikom manipulacija. S obzirom da se radi o cross dock skladištu unutar kojeg se roba zadržava maksimalno jedan do dva dana, prijedlozi rješenja temelje se na količini teretnih jedinica koje se zadržavaju unutar skladišnog objekta.

Prvi prijedlog rješenja temelji se na prosječnom zadržavanju četiri jedinice unutar skladišnog objekta prema dobivenim podacima iz tvrtke. Prijedlog rješenja prikazan je prema načinu odlaganja tereta, odnosno odlaganje teretnih jedinica u redove i u blokove. Ukoliko se teretne jedinice odlažu u redove što je prikazano u 1. fazi, zauzima se površina od 97,02m<sup>2</sup> volumen od 92,96m<sup>3</sup> prilikom čega se iskorištava samo 19% skladišne površine i 4,49% volumena. Razlog malom iskorištenju skladišne površine jesu transportni putevi koji prilikom skladištenja vodilica zahtijevaju širinu od 5m. U slučaju kad se skladišne jedinice odlažu u blokove što je prikazano u 2. fazi, iskorištenje skladišne površine je 124,98m<sup>2</sup> i 76,82m<sup>3</sup> volumena, što znači da se iskorištava 24% skladišne površine i 3,71% volumena. Iako je usporedbom ova dva načina odlaganja tereta bolje iskorištena površina u slučaju kad se teretne jedinice odlažu u blokove svakako ono nije najbolje rješenje iz razloga što više od polovice skladišne površine ostaje prazno zbog male količine teretnih jedinica.

Preostala četiri prijedloga rješenja temelje se na predviđanju zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta u razdoblju od dvije godine. Rezultati zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta dobiveni su preko Growth funkcije korištenjem Microsoft Excel alata. Zadržavanje u prvoj godini rada povećava se za 175% odnosno sa četiri na 11 teretnih jedinica, dok se u drugoj godini predviđa porast zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta od 110% gdje se sa 11 teretnih jedinica zadržavanje povećava na 23 teretne jedinice. Prijedlog kod prve godine kada se unutar skladišnog objekta zadržava 11 teretnih jedinica faza 3., prikazan je odlaganjem tereta u redove gdje je iskorišteno 146,79m<sup>2</sup> površine odnosno 28% i 206,69m<sup>3</sup> volumena odnosno 9,98%, odlaganjem tereta u blokove faza 4., čijim se načinom odlaganja iskorištava 109,23m<sup>2</sup> i 195,73m<sup>3</sup> odnosno 21% površine i 9,45% volumena. 5. faza predstavlja prijedlog rješenja za situaciju kada se unutar skladišnog objekta nalaz 11 teretnih jedinica jest da se dio skladišnog objekta koristi za potrebe tvrtke, dok druga polovica skladišnog objekta može biti dana u najam. U ovoj situaciji iskorištava se 131,81m<sup>2</sup> skladišne površine od ukupno 306,85m<sup>2</sup> i 257,90m<sup>3</sup> volumena od ukupno 1227,40m<sup>3</sup>, čime se iskorištava 43% skladišne površine i 21,26% skladišnog volumena. Ovakav način skladištenja može se koristiti od trenutne situacije kada se unutar skladišnog objekta nalaze četiri teretne jedinice pa sve do situacije kad se unutar skladišnog objekta bude nalazilo 11 teretnih jedinica. Takvim bi se načinom poslovanja omogućila dodatna zarada, opravdala bi se gradnja skladišnog objekta te bi se omogućilo nesmetano odvijanje manipulacija unutar skladišnog objekta.

Faza 6. opisuje drugu godinu poslovanja. Pomoću izračuna predviđa se zadržavanje 23 teretne jedinice unutar skladišnog objekta. Kod ove situacije teretne jedinice odlagale bi se u blokove pa bi se takvim načinom odlaganja tereta iskoristilo 230,77m<sup>2</sup> površine i 459,67m<sup>3</sup> volumena, drugim riječima iskoristilo bi se 45% površine i 22,20% volumena što je s jedne strane dovoljno za odvijanje nesmetanih manipulacija unutar skladišnog objekta do bi se s druge strane ispunila kvota profitabilnosti ulaganja u izgradnju skladišnog objekta što je zapravo jedna od glavnih prednosti.

Predviđanje u tablici 5 prikazuje mogući porast u sljedećih 10 godina, gdje se predviđa rast zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta svake godine za 5%,

što ukupno daje rast od 62,89%. Ukoliko bi se takav rast ostvario, treba promotriti mogućnost proširenja skladišnog objekta odnosno mogućnost smještanja industrijskog šatora. U isti bi se smještala koleta vodilica i kabina koja predstavljaju najveće skladišne jedinice u ovome slučaju preko vlastite površine, također u tom slučaju važno je izvršiti daljnju financijsku analizu isplativosti i mogućnost smještanja industrijskog šatora na predmetnoj čestici zemljišta.

## LITERATURA

### KNJIGE

- [1] B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. van Houzum, R.J. Mantel, W. H .M. Zijm, 2010., Warehouse Design and Control: Framework and literature review, Nizozemska
- [2] Bartholdi, J., Hackman S, 2011., Warehouse and Distribution Science, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Tehnology, p. 30 – 38, Atlanta
- [3] David E. 2005., Warehouse Distribution and Operations Handbook, McGraw-Hill, New York
- [4] Goran Đukić, 2004., Istraživanje komisioniranja u regalnim skladištima, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [5] Gwynne Richards, 2014., Warehouse Management 2nd edition, A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse, London
- [6] Hosein Bidgoli, 2010., The Handbook Of Tehnology Management, Supply Chain Management, Marketing and Adversiting, and Global management, Volume 2, California
- [7] Ira Haavisto, Gyongyi Kovacs, Karen Spens, 2016., Supply Chain Management for Humanitarians: Tools for Practice, Hong Kong
- [8] Jerry D. Smith, Ph. D., James A. Tompkins, 1998, Warehouse Management Handbook, Second Edition,. Inc. Raleigh, North Carolina
- [9] John F. Magee, William C. Copacino, Donald. B. Rosenfield, 1985, Modern Logistics Management; Integrating Marketing, Manufacturing and Psysical Distirbution; New York
- [10] John J.Bartholdi III, Steven T.Hackman,, 2014., Warehouse & Distribution Dcience, The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Tehnology Atlanta, USA
- [11] Kay, M. G. 2015. Warehousing, North Carolina State University.

- [12] Kristijan Rogić, prof.dr.sc., 2018., Upravljanje skladišnim sustavima, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [13] Riccardo Manzini, 2012., Warehousing in the Global Supply chain, Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems, Springer Verlag, London
- [14] Roodbergen K. J., 2001., Layout and Routing Methods for Warehouses, University Rotterdam, Rotterdam

### **ČLANCI**

- [15] Goran Đukić, Opetuk Tihomir 2014., Warehouse layout, Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems, Springer Verlag, New York, p.55-69
- [16] Lerher Tone, Ekren Banu, Rosi Bojan, 2015., Travel time model for shuttle-based storage and retrieval systems, International journal of advanced manufacturing technology, p. 9-12
- [17] Tommy Blomqvist ,2010., A Warehouse Design Framework for Order Processing and Materials Handling Improvement, Case Etra Oy, Aalto University School of Economics

### **OSTALI IZVORI**

- [18] Dundović, Č., Hess, S., Unutarnji transport i skladištenje, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka

### **INTERNET**

- [19] [http://www.egemin-automation.com/en/automation/material-handling-automation\\_ha-solutions\\_automated-warehouse-systems\\_wds-concepts/automated-storage](http://www.egemin-automation.com/en/automation/material-handling-automation_ha-solutions_automated-warehouse-systems_wds-concepts/automated-storage) , pristupljeno: travanj 2018.
- [20] <http://www.lipp-system.de/tanks/liquid-storage-tanks/?lang=en>, pristupljeno: travanj 2018.
- [21] <https://www.althoff-industriebau.de/en/services/warehouse-construction.html>, pristupljeno: svibanj 2018.
- [22] <https://www.wbdg.org/building-types/warehouse>, pristupljeno: travanj 2018.



[23] <https://www.hebelifte.de/images/PDF/Englisch/Ramp-calculation.pdf>

[24] <https://www.dzs.hr/hrv/publication/StatisticsInLine.htm>, pristupljeno: kolovoz 2018

## POPIS SLIKA

Slika 1: Odlaganje jedinica u blokove.....	12
Slika 2: Uloga skladišta u logističkoj mreži.....	17
Slika 3: Tradicionalni prostorni rasporedi sa mogućim prolazima.....	22
Slika 4: Pristup slučajne pohrane jedinica.....	23
Slika 5: Raspored "V".....	25
Slika 6: Raspored riblje kosti i raspored sa rebrastim prolazima.....	26
Slika 7: Raspored skladišnog objekta sa više poprečnih prolaza.....	29
Slika 8: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom tradicionalnom rasporedu.....	30
Slika 9: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom tradicionalnom rasporedu sa poprečnim prolazom.....	31
Slika 10: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom rasporedu "riblja kost".....	32
Slika 11: Primjer rute komisioniranja u analiziranom prostornom rebrastom rasporedu.....	32
Slika 12: Protočan konfiguracija unutar skladišnog objekta.....	33
Slika 13: "U" konfiguracija unutar skladišnog objekta.....	34
Slika 14: Serpetinski nacrt.....	36
Slika 15: Račvasti nacrt.....	36
Slika 16: Nacrt puta s povratkom.....	37
Slika 17: Jednostavni nacrt puta.....	38
Slika 18: Nacrt s najvećim razmakom.....	39
Slika 19: Kompozitni nacrt.....	40
Slika 20: Načini prelaska između prolaza i načini prikupljanja materijala unutar prolaza.....	41
Slika 21: Prikaz skladišnog objekta, prikaz čvorova traženih lokacija, prikazprikaz puta prikupljanja.....	43
Slika 22: Vizualizacija koraka dobivena pomoću metode dinamičkog programiranja.....	44
Slika 23: Metodologija oblikovanja skladišnog objekta.....	46
Slika 24: Prikaz lokacije čestice.....	47
Slika 25: Koleta vrata.....	48
Slika 26: Koleta kabina.....	48
Slika 27: Koletu utega.....	49
Slika 28: Koleta vodilica.....	49
Slika 29: Hidraulična rampa.....	53
Slika 30: Nacrt čestice i skladišnog objekta sa U/I rampama i dodatnim prostorima.....	58
Slika 31: 1. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u redove za 4 teretne jedinice (trenutno stanje).....	63
Slika 32: 2. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 4 teretne jedinice (trenutno stanje).....	64
Slika 33: 3. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 11 teretnih jedinica.....	68
Slika 34: 4. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u redove za 11 teretnih jedinica.....	70
Slika 35: 5. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 11 teretnih jedinica u slučaju iznajmljivanja dijela skladišnog objekta.....	72

Slika 36: 6. faza - prijedlog rješenja skladišnog objekta odlaganjem teretnih jedinica u blokove za 23 teretne jedinice..... 74

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Podaci potrebni za određivanje broja U/I rampi .....	54
Tablica 2: Izračun potrebnog broja U/I rampi .....	55
Tablica 3: Prosječno zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta za period od godinu dana .....	60
Tablica 4: Predviđanje zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta za period od dvije godine .....	66
Tablica 5: Podaci za razdoblje od 10 godina.....	77

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Pojedinačna površina skladišnih jedinica m <sup>2</sup> .....	51
Grafikon 2: Površina čestice, površina i volumen zgrade, skladišnog prostora i ostalih prostora.....	51
Grafikon 3: Broj U/I rampi za vremenski period od 30min Izvor: .....	56
Grafikon 4: Broj U/I rampi za vremenski period od 45min .....	57
Grafikon 5: Zadržavanje jedinica unutar skladišnog objekta za period od godinu dana .....	61
Grafikon 6: Iskorištena površina i volumen za 1. fazu .....	63
Grafikon 7: Iskorištena površina i volumen za 2. fazu .....	65
Grafikon 8: Očekivanje zadržavanja jedinica unutar skladišnog objekta za period od dvije godine .....	67
Grafikon 9: Iskorištena površina i volumen za 3. fazu .....	68
Grafikon 10: Iskorištena površina i volumen za 4. fazu .....	70
Grafikon 11: Iskorištena površina i volumen za 5. fazu .....	72
Grafikon 12: Iskorištena površina i volumen za 6. fazu .....	74
Grafikon 13: Usporedba površina i volumena danih prijedloga rješenja skladišnog objekta .....	75
Grafikon 14: Predviđanje zadržavanja teretnih jedinica unutar skladišnog objekta za period od 10 godina .....	78



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.

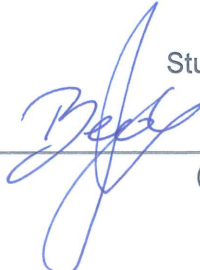
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

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 **Prijedlog rješenja nacрта skladišnog objekta**

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 14.09.2018. \_\_\_\_\_

Student/ica: \_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
(potpis)