

»Mladi za napredek Maribora«  
35. Srečanje

# Simulacija logističnih procesov v skladišču z uporabo orodja Flexsim

Raziskovalno področje: Ekonomija

Raziskovalna naloga

Avtor: MIHA KRAMBERGER

Mentor: LIDIJA KODRIN, SIMONA ŠINKO

Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, 2018

»Mladi za napredek Maribora«  
35. Srečanje

# Simulacija logističnih procesov v skladišču z uporabo orodja Flexsim

Raziskovalno področje: Ekonomija

Raziskovalna naloga

# Povzetek

V raziskovalni nalogi sem se ukvarjal s preučevanjem skladiščnega poslovanja. Z metodo simulacije diskretnih dogodkov sem simuliral logistične procese v skladišču.

Posvetil sem se primeru, pri katerem mora skladiščnik vse v naročilu navedene artikle pripraviti za natovarjanje (transport). Omenjene artikle mora skladiščnik najprej poiskati, natovoriti na vozičke oz. palete in jih nato pripeljati do nakladalne ploščadi. Omenjenemu postopku pravimo **komisioniranje**.

S simulacijo temelječo na realnih podatkih in realnega skladišča sem poskušal poiskati t. i. ozka grla v procesu in jih odpraviti. Pri različnih strategijah uskladiščenja sem poskušal skrajšati skupen potreben čas in hkrati tudi stroške, ki nastanejo zaradi omenjenega procesa.

# KAZALO VSEBINE

<b>1. UVOD</b> .....	<b>6</b>
1.1 Problem, cilj in namen naloge .....	6
1.2 Metode dela .....	7
1.3 Hipoteze in omejitve .....	7
1.4 Omejitve raziskave:.....	8
<b>2. TEORETIČNO OZADJE PROBLEMA - SKLADIŠČNA DEJAVNOST</b> .....	<b>8</b>
2.1 Osnove skladiščenja .....	8
2.1.1 Skladiščenje nekoč .....	8
2.1.2 Skladiščenje danes .....	8
2.1.3 Opredelitev osnovnih skladiščnih pojmov in skladiščnih procesov .....	9
2.2 Uskladiščenje blaga in skladiščne strategije .....	10
2.2.1 Strategija naključnega polnjenja in praznjenja skladišča.....	11
2.2.2 Strategija namenskega polnjenja in praznjenja skladišča .....	11
2.2.3 Strategija uporabe skladiščnih con ABC oz. XYZ .....	11
2.3 Komisioniranje blaga.....	12
2.4 Strategije določitve optimalne poti pri komisioniranju .....	13
2.4.1 S oblika oz. vzdolžna (ang. S shape) .....	13
2.4.2 Povratna (ang. Return).....	13
2.4.3 Srednje točke (ang. Midpoint) .....	14
2.4.4 Največja verzela (ang. Largest gap) .....	14
2.4.5 Kombinirana in kompozitna (ang. Combined/Composite heuristic) .....	15
2.4.6 Optimalna (ang. Optimal) .....	15
2.5 Sistemi komisioniranja .....	16
2.6 Informacijska podpora skladiščnemu procesu .....	17
2.7 Simulacija .....	18
2.8 Predstavitev okolja FlexSim.....	19
<b>3. POSTAVLJANJE MODELA V REALNO OKOLJE</b> .....	<b>20</b>
3.1 Opis izbranega skladišča – podjetja .....	20
3.2 Opis procesa in postopkov v izbranem skladišču .....	21
3.2.1 Proces vhodnega toka.....	21
3.2.2 Proces izhodnega toka .....	22
3.2.3 Izdelava diagrama poteka procesov izhodnega toka.....	22
3.3 Izbrani komisijon .....	24
<b>4. MODELIRANJE</b> .....	<b>25</b>
4.1 Meritve skladišča .....	25
4.2 Izgradnja modela z uporabo programa FlexSim .....	26
<b>5. Simulacija</b> .....	<b>28</b>
5.1 Simulacija obstoječega sistema (sistem naključnega polnjenja izdelkov).....	28
5.2 Simulacij izboljšane sistema (sistem uporabe skladiščnih con XYZ) .....	30
<b>6. ANALIZA REZULTATOV IN RAZPRAVA</b> .....	<b>32</b>
6.1 Preverjanje hipotez.....	33
6.2 Alternativni načini optimizacije komisioniranja.....	34
6.2.1 Uporabo naprednejše tehnologije za identifikacijo črtnih kod .....	34
6.2.2 Strategija glasovno vodene komisioniranja in strategija uporabe barvnih lučk .....	35
6.3 Sprememba postopkov znotraj procesa izhodnega toka .....	36

<b>7. SKLEP</b> .....	<b>37</b>
<b>7.1 Družbena odgovornost</b> .....	<b>38</b>
<b>8. VIRI IN LITERATURA</b> .....	<b>39</b>
<b>9. PRILOGE</b> .....	<b>40</b>

## SEZNAM SLIK

Slika 1: Transportno skladiščne enote .....	10
Slika 2: Komisioniranje .....	12
Slika 3: Vzdolžna strategija (Mikec, 2012). .....	13
Slika 4: Povratna strategija (Mikec, 2012). .....	13
Slika 5: Strategija srednjih točk (Mikec, 2012).....	14
Slika 6: Strategija največja verzel (Mikec, 2012).....	14
Slika 7: Kombinirana strategija (Mikec, 2012). .....	15
Slika 8: Optimalna strategija (Mikec, 2012).....	15
Slika 9: FlexSim.....	19
Slika 10: Shema skladiščnih prostorov (Avtor naloge).....	21
Slika 11: Diagram procesa izhodnega toka (Avtor naloge). .....	23
Slika 12: Primer naročilnice (Avtor naloge). .....	24
Slika 13: Zemljevid sektorjev 22 in 44 (Avtor naloge).....	25
Slika 14: Slika delovnega okolja (Avtor naloge). .....	25
Slika 15: Vir izdelkov (Avtor naloge). .....	26
Slika 16: Komisionar-viličar (Avtor naloge). .....	27
Slika 17: Model obstoječega sistema (Avtor naloge).....	28
Slika 18: Postavitev izdelkov v izboljšanem sistemu (Avtor naloge).....	30
Slika 19: Ročni terminal.....	34
Slika 20: Strategija glasovno vodenega komisioniranja.....	35
Slika 21: Strategija uporabe barvnih luck .....	35
Slika 22: Sistemska sprememba procesa izhodnega toka (Avtor naloge) .....	36

## SEZNAM TABEL

Tabela 1: Rezultati simulacije obstoječega sistema.....	29
Tabela 2: Rezultati meritev izboljšanega sistema. ....	31
Tabela 3: Primerjava rezultatov obeh serij simulacij.....	32

# 1. UVOD

Skladiščenje lahko opredelimo kot pomembno področje v gospodarjenju vsakega proizvodnega podjetja. Skladišča so "blažilci ali ang. Buffer", ki s svojimi zalogami omogočajo premostiti nihanja v proizvodnem procesu. Osnovno funkcijo skladišča lahko opredelimo kot varovalno funkcijo, iz česar izhaja osnovni cilj skladiščnega poslovanja; premostiti mora časovno razliko med časom prihoda materiala oziroma proizvodnje gotovih izdelkov in časom njihove uporabe ali odpreme.

Skladiščenje s svojo glavno funkcijo proizvodnemu podjetju povzroča določene stroške in na ta način bistveno vpliva na njegovo uspešnost. Pomemben cilj skladiščnega poslovanja je tudi ekonomičnost poslovanja samega skladišča in s tem povezana skrb za gospodarno poslovanje celotnega proizvodnega procesa.

## 1.1 Problem, cilj in namen naloge

Glavni cilj naloge je preučiti možnosti zmanjšanja stroškov skladiščenja blaga. V nalogi je obravnavan proces komisioniranja, saj ta velja kot delovno najintenzivnejši in stroškovno najdražji proces skladiščnega poslovanja. Ocenjuje se, da v praksi stroški komisioniranja zavzemajo tudi do 55 % celotnih stroškov skladiščenja blaga. Prav zaradi tega je komisioniranje eno izmed najpomembnejših področij za optimizacijo in izboljšanje produktivnosti skladišča.

V skladiščnem poslovanju poznamo več različnih sistemov komisioniranja blaga. Zato se pogosto zgodi, da se v enem samem skladišču uporablja več različnih sistemov komisioniranja. Načrtovanje komisionirnega sistema je zaradi številnih zunanjih in notranjih dejavnikov, zapleteno in kompleksno opravilo.

Cilj, ki ga želim doseči, je maksimiranje učinkovitosti komisioniranja (določitev najkrajših komisionirnih poti) in minimiranje stroškov. Maksimiranje učinkovitosti komisioniranja je v veliki meri odvisno od uporabe ustrezne komisirno-usmerjevalne strategije (ang. S-shape, Return, Midpoint, Largest gap, Composite/Combined), ki glede na vsebino delovnega naloga določa zaporedje in smer gibanja komisionarja v skladišču. Pravilno planiranje komisirno-usmerjevalne strategije minimira celotne komisirne stroške in na ta način vodi do učinkovitega procesa komisioniranja. Seveda pa poleg spremembe komisirnih strategij najdemo še vrsto drugih načinov optimizacije komisioniranja, ki se razlikujejo od sistema do sistema. Tako lahko na primer spremenimo skladiščno strategijo podjetja (način umeščanja izdelkov v skladiščni prostor).

Namen raziskovalne naloge je izdelati izdelek, ki bo pripomogel k večji učinkovitosti procesa komisioniranja in bo uporaben v realnem skladišču.

## 1.2 Metode dela

Raziskovalna naloga je sestavljena iz 2 delov. V prvem teoretičnem delu preučujem obstoječo strokovno literaturo. Iz nje poskušam razbrati in predstaviti osnovna načela delovanja skladišča in skladiščnega poslovanja. Pri tem sem uporabil naslednje metode:

- Deskripcija (opis pomembnih pojmov, postopkov in elementov)
- Deduktivna metoda sklepanja (iz dane teorije izpeljem posledico, ki lahko vpliva na dan primer)
- Induktivna posplošitev (iz značilnosti končnega, preverjenega vzorca na značilnost celotne množice rešitev)

V drugem delu raziskave analiziram sistem skladiščenja v izbranem realnem skladišču. Pri analiziranju skladiščnega sistema sem uporabil metodo opazovanja, s katero sem pridobil podatke za izvedbo v nadaljevanju opisanih analiz in izračunov.

- Za reševanje zastavljenega problema moram izbrati ustrezne znanstvene metode, ki se v osnovi delijo na analitične in eksperimentalne. Skladiščni sistemi so ponavadi kompleksni, z mnogimi medsebojno odvisnimi podsistemi, ki jih ponavadi ne moremo opisati z enostavnimi matematičnimi relacijami. V tem primeru postane matematična (analitična) rešitev mnogo težja. V takih primerih se odločimo za eksperimentalno metodo. Kadar eksperiment v realnosti ni mogoč, analitične metode pa zaradi kompleksnosti niso rešljive, ponavadi uporabimo računalniško simulacijo. V primeru, ki ga preučujem je simulacija najprimernejše orodje za reševanje zastavljenega problema. Omogoča mi, da sistem raziščem veliko podrobneje, kot z običajno eksperimentalno metodo, prav tako pa mi simulacija omogoča, da v skladišču spreminjam stvari, ki bi jih bilo v realnosti nemogoče spreminjati.
- Pri analizi rezultatov so bile uporabljene različne statistične metode.

## 1.3 Hipoteze in omejitve

Zastavil sem si 3 hipoteze:

**Hipoteza 1:** Z metodo simulacije diskretnih dogodkov je mogoče smiselno modelirati skladišče in simulirati njegovo poslovanje.

**Hipoteza 2:** Z izvedbo večih simulacij ob spremenjenih skladiščnih strategijah je mogoče analizirati učinkovitost posameznih strategij v izbranem skladišču.

**Hipoteza 3:** Z izbiro primerne skladiščne strategije je mogoče skrajšati čas komisioniranja in s tem zmanjšati stroške.

## 1.4 Omejitve raziskave:

Pri raziskavi sem se srečal z nekaterimi omejitvami. Omejitve v veliki meri ne vplivajo na dobljene rezultate, vendar jih je potrebno omeniti. Vse omejitve, ki sem jih upošteval so objektivne narave in nanje nisem mogel vplivati:

- Obravnava izdelkov iz samo dveh skladiščnih sektorjev.
- Kratek čas opazovanja skladiščnega sistema.
- Uporabljeni izdelki zaradi anonimnosti podjetja niso nikjer natančno definirani.

# 2. TEORETIČNO OZADJE PROBLEMA - SKLADIŠČNA DEJAVNOST

## 2.1 Osnove skladiščenja

### 2.1.1 Skladiščenje nekoč

Skladiščenje je bilo prvič uporabljeno v obdobju najstarejših civilizacij (npr. Mezopotamija), ko so shranjevali hrano, da bi preprečili lakoto. Kasneje, ko so evropski raziskovalci odkrivali nove trgovske poti, so se širila tudi skladišča. Pristanišča so bila preplavljena z velikimi skladišči, saj je bilo potrebno velike količine hrane, začimb in zlata začasno shraniti. S širjenjem železnic se je pozneje širila tudi gradnja in raba skladišč, ki so jih gradili ob železniških postajah. Masovna proizvodnja v industrijski dobi je potrebovala skladišča, kjer so skladiščili svoje izdelke. Izdelki so bili tako dobavljivi takoj, kupcu pa ni bilo več potrebno čakati na njihovo proizvodnjo. Skladišča so se dokončno razmahnila po koncu obdobja t. i. proizvodnje "just in time", kjer je bil izdelan izdelek poslan neposredno kupcu. Po drugi svetovni vojni se je razširila še uporaba viličarjev in tako so do takrat enonadstropna skladišča postala višja, saj so izdelke začeli nalagati tudi na višje police (Mikec, 2012).

### 2.1.2 Skladiščenje danes

Dandanes skladišča predstavljajo pogoj za zvezno in optimalno delovanje tako proizvodnih kot tudi oskrbnih procesov. Žal so bili v preteklosti skladiščni, transportni in pretovorni procesi močno zapostavljeni, kar se še dandanes izkazuje v relativno nizki stopnji avtomatizacije v primerjavi s stanjem v proizvodnji. Strokovnjaki ocenjujejo, da zavzemajo stroški transporta in logistike v povprečju okoli 25 % vrednosti celotnih stroškov proizvoda blaga. Skladišče torej predstavlja blagovno-tehnični del gospodarjenja z blagom ter glede na zapostavljenost v preteklosti predstavlja rezervo pri zmanjšanju celotnih stroškov. Dandanes se skladiščni dejavnosti posveča občutno več pozornosti kot v preteklosti, in sicer iz več razlogov (Mikec, 2012):



- Hiter razvoj proizvodnih in trgovinskih dejavnosti – njihova avtomatizacija in decentralizacija zahtevata prilagoditev skladiščne dejavnosti novim pogojem dela z vidika zmanjševanja celotnih stroškov.
- Kompleksni proizvodni procesi zahtevajo stalnost v oskrbovanju z reprodukcijskim materialom kakor tudi usklajene odtoke končnih proizvodov.
- Naloga sodobne trgovine je pravočasno, količinsko, kakovostno in časovno usklajeno oskrbeti potrošnike na širšem geografskem področju.

Skladišča so in bodo ostala prisotna v vseh panogah gospodarstva tudi v prihodnosti. Njihova učinkovitost bo odvisna predvsem od preudarnega in ustreznega načrtovanja ter investicij, ki bodo strmele k tehnično zmogljivim sistemom (Mikec, 2012).

### 2.1.3 Opredelitev osnovnih skladiščnih pojmov in skladiščnih procesov

Organizacija skladiščnega poslovanja je tesno povezana s skladiščnimi viri in s temeljnimi skladiščnimi procesi. V skladišču sodelujejo naslednji skladiščni viri:

- Transportno skladiščna enota predstavlja paleto (po navadi euro paleto), ki je naložena s proizvodi, ustrezno označena (uporaba črtne kode) ter pripravljena za izvedbo skladiščne operacije. V primeru dimenzijsko manjšega tovora lahko osnovo za transportno skladiščno enoto predstavlja tudi zaboj (Potrč, 2017).
- Skladiščni sistem zajema skladiščni prostor, skladiščno opremo in transportna sredstva, ki omogočajo učinkovito izvajanje vseh skladiščnih operacij v skladiščnem sistemu. Skladiščni sistemi se lahko med sabo močno razlikujejo, in sicer od najpreprostejših odlagalnih polic, do visoko zmogljivih avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov (Potrč, 2017).
- Oprema za potrebe komisioniranja – Naprava za skeniranje črtne kode.
- Računalniški sistem predstavlja računalniško opremo za krmiljenje in neposredni nadzor skladiščne opreme in transportno-skladiščnih sredstev (Potrč, 2017).
- Skladiščni delavci predstavljajo pomemben člen v skladiščni organizaciji, saj je učinkovitost skladišča v veliki meri odvisna od njihove prisotnosti v skladišču (Potrč, 2017).

Organizacija skladiščnega poslovanja je povezana s temeljnimi procesi, ki se izvajajo v skladišču. Blago, ki prihaja v skladišče z zunanjim ali notranjim transportom prehajajo skozi različne faze, ki jih imenujemo skladiščni procesi. Ti procesi so (Potrč, 2017):

- Prezem blaga
- Uskladiščenje blaga
- Komisioniranje blaga
- Odprema blaga

V nadaljevanju bom poleg procesa komisioniranja opisal še proces uskladiščenja blaga. Različne strategije uskladiščenja lahko pomembno vplivajo na potek (optimizacijo) komisioniranja (Potrč, 2017).



Slika 1: Transportno skladiščne enote  
(<http://www.packshop.rs/proizvod/euro-paleta/>).

## 2.2 Uskladiščenje blaga in skladiščne strategije

Uskladiščenje blaga predstavlja pomemben proces v skladiščnem poslovanju. Izbira skladiščnega sistema je odvisna od lasnosti blaga, ki ga skladiščimo. Od pravilne izbire skladiščnega sistema je odvisna racionalna izraba skladiščnega prostora in obseg stroškov manipulacije z blagom. Način uskladiščenja blaga je odvisen od vrste in tehnoloških karakteristik blaga ter prostorske kapacitete skladišča. V skladišču, ki ga obravnavam v nalogi, se uporablja talno in navpično uskladiščenje blaga. Talno odlaganje blaga oziroma vodoravna namestitvev se uporablja predvsem v procesu komisioniranja, saj omogoča lažjo manipulacijo z blagom. Navpično oz. regalno uskladiščenje pa se uporablja za shranjevanje izdelkov skozi daljše časovo obdobje, saj omogoča racionalnejšo izrabo skladiščnega prostora (Mikec, 2012).

Uskladiščeno blago mora biti venomer na razpolago zahtevam proizvodnje in zahtevam (povpraševanju) odjemalcev (skladišče gotovih proizvodov). Blago, ki ima velik koeficient obračanja, mora biti uskladiščeno bližje izdajnemu mestu in seveda tudi obratno. Izdajanje v skladišču poteka po navadi po zaporedju FIFO (first in – first out). Takšen sistem je najprimernejši za zagotavljanje kratkega časa ležanja blaga v skladišču. V primeru

uskладиščenja v paletnem regalnem skladišču, poznamo naslednje strategije skladiščenja (Potrč, 2017):

### 2.2.1 Strategija naključnega polnjenja in praznjenja skladišča

Transportno skladiščna enota je lahko uskladiščena ali odpremljena kjerkoli v skladiščnem regalu, kar omogoča boljši izkoristek danega prostora, vendar morajo biti regalna okna, prilagojena transportno skladiščnim enotam torej: Dimenziji, masi, itd. Slabost takšnega sistema je kaotičen način polnjenja regalov, zaradi česar moramo zagotoviti dobro sledljivost skladiščnih enot (Potrč, 2017).

### 2.2.2 Strategija namenskega polnjenja in praznjenja skladišča

Transportno skladiščna enota je uskladiščena ali odpremljena na točno določenem mestu v skladiščnem regalu, kar privede do manjšega izkoristka skladišča v primerjavi s strategijo naključnega polnjenja. Dobra sledljivost je tukaj zagotovljena že v osnovi (Potrč, 2017).

### 2.2.3 Strategija uporabe skladiščnih con ABC oz. XYZ

ABC analiza nam ločuje oziroma razvršča zaloge glede na pomembnost, in sicer tako, da jih razdelimo v tri skupine, kjer pa se vsaka skupina razlikuje glede na izbran kriterij. Najpogosteje je ta kriterij odvisen od vrednosti letne porabe ali na podlagi vrednosti zalog (Žlaus, 2015).

Samo ABC analiza v podjetju dostikrat ni dovolj, saj ne izpolnjuje dinamike porabe (npr. Izdelki, ki se izvažajo zelo redko se uvrstijo v razred C, čeprav je mogoče, da so zelo pomembni pri poslovanju). ABC analizo iz tega razloga dopolnimo z analizo XYZ, ki jo imenujemo tudi analiza stalnosti in ustaljenosti porabe ter zanesljivost napovedane porabe (Žlaus, 2015).

Analiza razporedi materialne postavke v X, Y ali Z skupino, in sicer (Žlaus, 2015):

- **Skupina X:** Sem spadajo tiste materialne postavke, ki jih redno uporabljamo v vseh časovnih enotah in so v daljšem časovnem zaporedju ustaljene.
- **Skupina Y:** Sem spadajo materialne postavke, katerih raba oziroma poraba je redna, vendar je različna v posameznih časovnih enotah.
- **Skupina Z:** V to skupino spadajo izdelki z obdobjo oziroma naključno rabo.

## 2.3 Komisioniranje blaga

Komisioniranje je proces zbiranja blaga iz skladišča, glede na vsebino in obseg posameznih delovnih nalogov. Komisioniranje poznamo kot delovno najbolj intenziven in stroškovno najdražji proces za skoraj vsako skladišče v praksi. Ocenjuje se, da zavzemajo stroški komisioniranja blaga od 40 % do 60 % celotnih stroškov. S ciljem po izboljšanju skladiščnega poslovanja obravnavajo načrtovalci skladišč proces komisioniranja, kot eno izmed najbolj pomembnih področij za izboljšanje produktivnosti skladišča (Potrč, 2017).

V skladiščih obstajajo različni sistemi komisioniranja blaga in pogosto se v enem skladišču uporabljajo različni komisionirni sistemi. V večini skladišč se uporablja eno ali dvodimenzionalni sistem komisioniranja komisionar k blagu (ang. IN-THE-AISLE), kjer komisionar z vozičkom hodi, ali se vozi z viličarjem oz. t. i. komisionirnim vozičkom po regalnih hodnikih in zbira (komisionira) blago. Načrtovanje komisionirnega sistema je zapleteno in kompleksno zaradi številnih dejavnikov. Tok materiala je namreč zaradi izrazitega vpliva notranjih in zunanjih dejavnikov, ki se kažejo v obliki motenj, velikokrat nezvezen in nezmogljiv. Najpogostejši cilj pri načrtovanju in oblikovanju komisionirnih sistemov je maksimiranje učinkovitosti komisioniranja (določitev minimalnih komisionirnih poti) in minimiranje stroškov. Maksimiranje učinkovitosti komisioniranja je v veliki meri odvisno od uporabe ustrezne komisionirno-usmerjevalne strategije 12 (ang. S-shape, Return, Midpoint, Largest gap, Composite/Combined), ki glede na vsebino delovnega naloga določa zaporedje in smer gibanja komisionarja v skladišču. Komisioniranje v mojem primeru poteka po principu »komisionar k blagu«, pri katerem se komisionar giblje od enega do drugega regalnega mesta (Potrč, 2017).



Slika 2: Komisioniranje  
(<https://goo.gl/VXWfpo>).

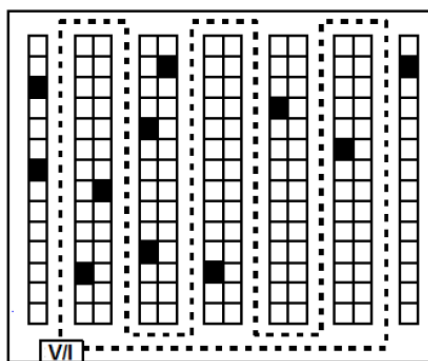
## 2.4 Strategije določitve optimalne poti pri komisioniranju

Strategija določitve optimalne poti pri komisioniranju blaga določa zaporedja zbiranja blaga, ki je zapisano na komisionirnem listu – delovnem listu (naročilnici) in se pobira iz mest, kjer je shranjeno (Mikec, 2012).

Najpogostejši tipi strategij so:

### 2.4.1 S oblika oz. vzdolžna (ang. S shape)

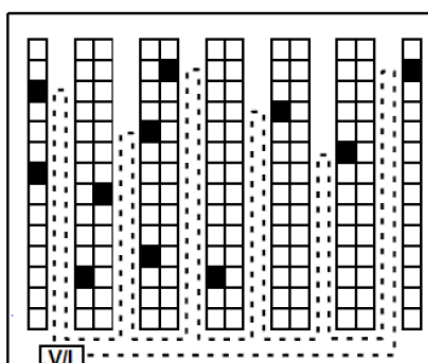
Zanjo je značilno, da se vsak hodnik, v katerem je vsaj en izdelek z delovnega naloga, prepotuje po celotni dolžini. Ta strategija je primerna, kadar komisionar pobira izdelke z obeh strani hodnika hkrati, saj vsak hodnik prepotuje le enkrat (Mikec, 2012).



Slika 3: Vzdolžna strategija (Mikec, 2012).

### 2.4.2 Povratna (ang. Return)

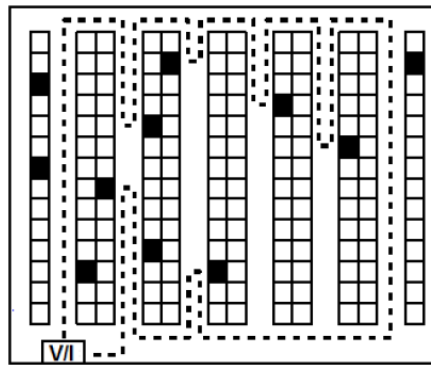
Ena izmed najpreprostejših strategij. Tudi pri tej se vstopa le v hodnike, kjer se nahajajo izbrani izdelki, le da se hodnik zapusti na istem koncu, kot se vanj vstopi (Mikec, 2012).



Slika 4: Povratna strategija (Mikec, 2012).

### 2.4.3 Srednje točke (ang. Midpoint)

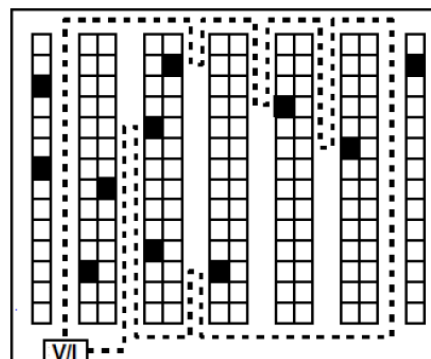
Strategija srednje točke skladišče razdeli na dva dela. Komisionar v hodnikih potuje le do sredine in se nato vrača. Strategija je podobna povratni, le da je tukaj skladišče razdeljeno na dva dela (Mikec, 2012).



Slika 5: Strategija srednjih točk (Mikec, 2012).

### 2.4.4 Največja verzel (ang. Largest gap)

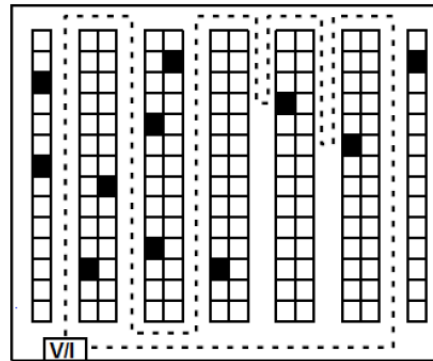
Tukaj komisionar vstopa v hodnik do največje vrzeli znotraj hodnika namesto do srednje točke. Strategija je primerna predvsem, kadar je število iskanih izdelkov majhno (Mikec, 2012).



Slika 6: Strategija največja verzel (Mikec, 2012).

#### 2.4.5 Kombinirana in kompozitna (ang. Combined/Composite heuristic)

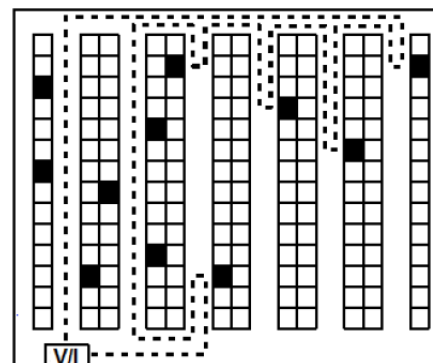
Kompozitna strategija združuje vzdolžno in sestavljeno (S oblika). Kombinirana je povsem identična kompozitni. Vključuje le nekaj dinamičnega programiranja, kar omogoča, da se v dani situaciji odloči glede na to, kaj nas čaka v naslednjem hodniku (Mikec, 2012).



Slika 7: Kombinirana strategija (Mikec, 2012).

#### 2.4.6 Optimalna (ang. Optimal)

Hodnik se v tem primeru lahko prehodi v celoti ali pa se zapusti na istem koncu, kot se je vanj vstopilo. Za vsak hodnik posebej se izbira naredi z uporabo dinamičnega programiranja. Dobra lastnost te strategije je, da komisionar naredi najkrajšo pot. Slaba pa, da lahko pri tem algoritmu nastanejo nekatere povratne poti, kar lahko povzroči zmedo in zastoje. Težavo predstavlja tudi možnost preobremenitve informacijskega sistema in dejstvo, da se lahko slednja strategija uporablja izključno v pravokotnih skladiščih (Mikec, 2012).



Slika 8: Optimalna strategija (Mikec, 2012).

## 2.5 Sistemi komisioniranja

Pri organizaciji komisioniranja v skladišču je potrebno upoštevati nekaj kriterijev: Prvi kriterij je delitev skladišča v eno ali več con. Če komisionar nabira blago s celotnega skladišča, potem je to enoconski sistem, kadar pa je vsakemu komisionarju dodeljen določena cona govorimo o več-conskem sistemu. Drug kriterij se nanaša na način komisioniranja: zaporeden ali vzporeden. Pri zaporednem se posamezni nalogi komisionirajo drug za drugim, pri vzporednem pa več komisionarjev sočasno obdeluje isti nalog. Ker se v skladiščih pojavljajo različne možnosti sistemov komisioniranja blaga, se v praksi v posameznem skladišču uporabljajo različni komisionarni sistemi, ki pa se delijo na: Človek k blagu, blago k človeku in avtomatizacija (Mikec, 2012).

Najpogosteje uporabljen sistem komisioniranja je človek (komisionar) k blagu. Po skladišču se komisionar lahko premika peš ali se vozi s t. i. komisionirnim viličarjem. Sistem "komisionar" k blagu se deli na eno ali dvodimenzionalni sistem. Pri enodimenzionalnem komisionar blago jemlje iz prvega oz. drugega regalnega mesta. Pri dvodimenzionalnem pa komisionar uporablja visoko regalne viličarje. Znotraj tega sistema se lahko uporablja še ena izmed naslednjih strategij (Mikec, 2012):

- **Samostojno komisioniranje:**

Pri samostojnem komisioniranju posamezni komisionar izpeljuje en delovni nalog hkrati (Mikec, 2012).

- **Komisioniranje v skladiščni coni:**

Metodo komisioniranja v skladiščni coni deluje tako, da se celotno skladišče razdeli na različne sektorje oz. cone. Vsaki izmed con se dodeli eden ali več komisionarjev, ti pa zbirajo blago znotraj njim dodeljene cone (Mikec, 2012).

- **Komisioniranje več delovnih nalog skupaj:**

Komisionar v tem primeru združi več delovnih nalogov in vse želene izdelke zbere v en transportni voziček (Mikec, 2012).

- **Valni model komisioniranja:**

Pri tej metodi se delovni nalog opravlja v valovih (npr. Na vsake pol ure, vsako uro, vsaki dve uri itd.) (Mikec, 2012)



## 2.6 Informacijska podpora skladiščnemu procesu

Učinkovita organizacija skladiščnega poslovanja je odvisna od pravočasnih in zanesljivih informacij o stanju blaga v skladišču. Zadostne, pravočasne in zanesljive informacije pa nam lahko da le učinkovita informacijska podpora. Informacijska podpora skladiščnemu procesu omogoča (Potrč, 2017):

- Nadzor nad logističnimi dogodki, ki zajemajo vse dokumentarne zahteve.
- Nadzor nad logističnimi procesi.
- Nadzor nad prostorom.
- Nadzor nad materialnimi viri in človeškimi viri.

Poleg informacij o stanju blaga je za učinkovito informacijsko podporo značilno povezovanje informacij z vsemi sodelujočimi akterji v celotni oskrbovalni verigi. Informacijska podpora med oskrbovalno verigo in skladiščem mora biti usklajena oz. integrirana (Potrč, 2017).

Skladiščni informacijski sistem omogoča delo uporabnikov v skladišču s pomočjo tehnologij samodejne obdelave podatkov. Za potrebe ročnega obvladovanja pretoka blaga se trenutno najpogosteje uporablja tehnologija identifikacije črtnih kod. Razlog je predvsem v široko uveljavljenih standardih, nizkih stroških uporabe in razpoložljivosti opreme različnih proizvajalcev. V posebnih primerih se uporabljajo tudi glasovno vodene in svetlobno vodene aplikacije (ang. pick-by-voice in pick-to-light). V zadnjem času se zaradi poslovnih prednosti pojavlja tehnologija radio frekvenčne identifikacije (RFID), ki omogoča višjo raven avtomatizacije in hitrejšo obdelavo večje količine podatkov o blagu (Potrč, 2017).

Za učinkovito organizacijo skladiščnega poslovanja je ključno, da se uporablja standardna tehnologija, ki omogoča izmenjavo podatkov med vsemi sodelujočimi v oskrbni verigi. V času globalnega poslovanja in posledično globalnih oskrbnih verig je standardizacija nujno potrebna. Le tako lahko zagotovimo odprtost informacijskih rešitev in povezljivost z vsemi sodelujočimi v oskrbovalni verigi, kot so: dobavitelji, partnerji, prevozniki in kupci (Potrč, 2017).

V svetu se je zaradi tega v zadnjih letih uveljavil standard EPC (ang. Electronic product code) za katerega skrbi mednarodna elektrotehniška organizacija in pod njenih okriljem organizacija GS 1, ki upravlja z istoimenskimi standardi. Sistem GS 1 predstavlja množico standardov, ki omogočajo učinkovito upravljanje globalne oskrbne verige, na podlagi edinstvene identifikacije proizvodov, transportno skladiščnih enot, lokacij in storitev. (Potrč, 2017)

## 2.7 Simulacija

Simulacija je posplošeno programska rešitev, namenjena izdelavi dinamičnega računalniškega ali digitalnega modela zapletenega sistema. Simulacijo izberemo, kadar rešujemo probleme, kjer je matematična ali statistična analiza preveč kompleksna. Prednosti uporabe simulacije je več: simulacija nam omogoča izvajanje poskusov in scenarijev, ne da bi pri tem posegli v dejansko okolje. Prav tako nam omogoča analizo kompleksnih sistemov in ugotavljanje problemskih situacij sistemov, ki še ne obstajajo. S simulacijo pridobivamo podatke o dinamičnem obnašanju sistemskega delovanja (Toplak, 2015).

Simulacijo izdelamo v treh osnovnih korakih: izdelamo model, izvedemo poskuse, temu sledita razlaga rezultatov in izvedba ukrepov. Načrt obstoječe proizvodnje je osnova za izgradnjo simulacijskega modela. Ta model nam kasneje služi za izvajanje poskusov, na osnovi katerih sprejemamo odločitve o spremembah obstoječe proizvodnje (Toplak, 2015).

Simulacijskega okolja ne moremo opisati, ne da bi se dotaknili metodologije modeliranja sistemov. Razumevanje le-teh je osnova za uspešno simulacijo kompleksnih sistemov. Toplak je v svojem gradivu model sistema, sistemsko simulacijo in nato povezavo med tema pojmom, razložil tako: "Model sistema predstavlja ponazoritev realnega stanja. Sistemsko simulacija je način reševanja problemov s pomočjo eksperimentiranja na računalniškem modelu z namenom, da analiziramo delovanje celote ali posameznih delov pri določenih pogojih. Modeliranje predstavlja relacijo med simuliranim sistemom in modelom, simulacija pa relacijo med modelom in računalniškim procesom" (Toplak, 2015).

Za uspešen simulacijski projekt je potrebno izdelati formalni model in ga klasificirati. Modeli se delijo v tri skupine (Toplak, 2015):

- Prvo skupino predstavljajo fizikalni in abstraktni modeli. Fizikalne modele klasificiramo kot fizično predstavitev preučevanega sistema. Abstraktne modele pa predstavimo kot sisteme, ki so simbolični, opisni in matematično logični.
- V naslednjo skupino uvrščamo modele glede na čas opazovanja. Poznamo statične modele, kadar sistem opazujemo le v določenem času, in dinamične modele, kadar sistem opazujemo v daljšem časovnem intervalu.
- Naslednja klasifikacija zajema modele, ki spreminjajo stanje sistema. Tako lahko razlikujemo zvezne modele, kjer se stanje spreminja zvezno in diskretne modele, kjer stanja nastopijo diskretno.

Sistem (komisioniranja), ki ga bom simuliral, lahko opredelim kot fizikalen, saj se nanaša na realen sistem (skladišče). Zaradi opazovanja v daljšem časovnem intervalu lahko sistem opredelim kot dinamičen. Hkrati pa vsebuje diskretne dogodke, kar ga uvršča med diskretne modele. Posledično je simulacija diskretna oz. dogodkovno orientirana, saj stanja v sistemu krmilijo dogodki, ki spreminjajo stanje sistema (Toplak, 2015).

## 2.8 Predstavitev okolja FlexSim

Simulacijo sem izdelal v programu FlexSim. Gre za programsko okolje, ki je namenjeno dogodkovno orientiranim simulacijam. Njegovo simulacijsko okolje nam omogoča podrobno simulacijo kateregakoli logističnega sistema. Odlikujeta ga preprosta uporaba ter izdelava 3D-modelov oziroma grafičnih prikazov, ki so izgrajeni na osnovi programskega vmesnika (Toplak, 2015).

Diskretne simulacije so obravnavane kot vrsta kronološko povezanih dogodkov, ki se začnejo ob zagonu simulacijske ure in povzročijo ustrezne spremembe stanj. Dogodki zajemajo prihod entitet ob določenem času do komponente sistema. Ti dogodki sprožijo stanja kot so: transportiranje, procesiranje, mirovanje. Entitete potujejo od ene komponente sistema do druge, pri vsaki pa se zadržijo za čas procesiranja naprave (Toplak, 2015).

Izdelava modela je dokaj preprosta, saj nam program omogoča, da komponente dodajamo oz. premikamo po principu povleci in spusti. Dvojni klik na objekt nam pokaže lasnosti, kjer lahko spreminjamo obnašanje objekta (Toplak, 2015).



Slika 9: FlexSim  
(<https://www.flexsim.com/>)

### 3. POSTAVLJANJE MODELA V REALNO OKOLJE

Da bi tematiko komisioniranja čim boljše preučil, sem se odločil, da bom problem in nalogo definiral in rešil za realno skladišče, ki posluje vsakodnevno.

V skladišču, ki ga obravnavam uporabljajo talno in navpično (paletno – regalno) uskladiščenje blaga. Talno odlaganje blaga oziroma vodoravna namestitvev se uporablja predvsem v procesu komisioniranja, navpično skladiščenje pa v procesu skladiščenja.

V izbranem skladišču uporabljajo predvsem samostojno komisioniranje (ang. Discrete picking), ki ga s ciljem po skrajšanju poti komisioniranja in posledično povečanju zmogljivosti komisioniranja dopolnjujejo s strategijo naključnega polnjenja.

Komisionar komisionira naročilnice drugo za drugo (zaporedno), pri tem pa blago nabira s celotnega skladišča (enoconski sistem). Za evidentiranje blaga in pošiljk uporabljajo tehnologijo črtnih kod.

#### 3.1 Opis izbranega skladišča – podjetja

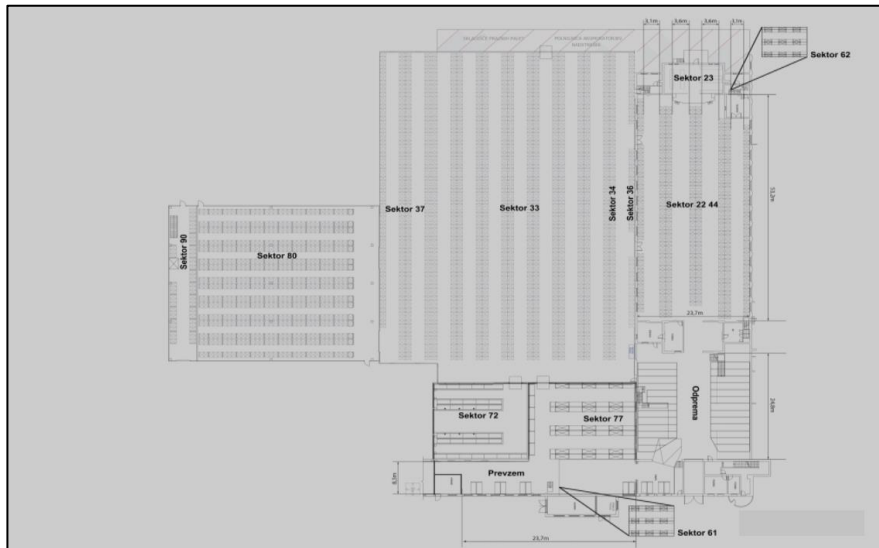
Preden sem začel z izvajanjem projekta, je bilo pomembno, da izberem in spoznam delovno okolje, v katerem bom upravljal potrebne analize. Obisk pri izbranem podjetju sem opravil s svojo zunanjo mentorico.

Prvi obisk sva opravila (15. 12. 2017) z direktorjem in lastnikom podjetja, ki je lastnik skladišča. Direktor nama je najprej na kratko predstavil podjetje, nato pa nama je skladiščni delavec razložil postavitev prostorov podjetja in predlagal, kateri sektor bi bil najprimernejši za analizo ter simulacijo. Med ogledom sva se seznanila z informacijami o samem skladiščnem prostoru, odgovorili pa so nama tudi na vsa vprašanja, ki so naju zanimala.

Cilj raziskovalne naloge je simulirati in izboljšati proces komisioniranja, zato sva se z mentorico zanimala predvsem za proces komisioniranja. Na podlagi procesov izbrane dejavnosti (komisioniranja) sva pregledala prostore, v katerih se izbrani proces izvaja. Mere in postavitev v prostorih lahko namreč zelo vplivajo na proces in optimizacijo le-tega.

V podjetju imajo 9 hal, namenjenih skladiščenju (Slika 10). Razdeljene so na 12 sektorjev glede na vrsto blaga, ki ga v sektorju skladiščijo. Komisioniranje poteka v vseh skladiščnih halah, vendar sva se zaradi praktičnih razlogov odločila, da obravnavama le skladiščno halo, kjer se nahajata sektor 22 in 44.

Shemo skladiščnih prostor lahko najdete kot prilogo 2.



Slika 10: Shema skladiščnih prostorov (Avtor naloge).

## 3.2 Opis procesa in postopkov v izbranem skladišču

V raziskovalni nalogi se osredotočam predvsem na komisioniranje, zato je pomembno, da predstavim celoten skladiščni proces, katerega del je med drugim tudi komisioniranje. Celoten proces (od prevzema naročila do priprave izdelkov na mestu odpreme) sem poimenoval izhodni tok, pri tem predpostavljam, da so iskani izdelki že v skladišču.

### 3.2.1 Proces vhodnega toka

Celotna simulacija temelji na predpostavki, da so izdelki, vključeni v komisioniranje že uskladiščeni. Kljub temu, da proces vhodnega toka in komisioniranje nista povezana, obstaja možnost, da lahko s spremembo uskladiščne strategije vplivamo na postopek komisioniranja. V izbranem skladišču uporabljajo strategijo naključnega polnjenja, ki omogoča hitrejše polnjene, vendar ni nujno najoptimalnejša skladiščna strategija. Več o strategiji uporabljeni v procesu vhodnega toka lahko, preberete v poglavju "Postavljanje modela v realno okolje" in "uskladiščenje blaga in skladiščne strategije".

### 3.2.2 Proces izhodnega toka

V podjetju najprej prejmejo elektronsko naročilo (npr. naročilo trgovske verige). Nato uslužbenec v sprejemni pisarni pregleda naročilo in s programom zažene naročilo. To naročilo se v fizični obliki prenese do druge pisarne, kjer se začne proces komisioniranja. Skladiščni delavec tukaj vnese naročilo v računalnik in zažene komisioniranje, kar pomeni, da se naročilo izpiše na terminalu zaposlenega (čitalniku črtnih kod), ki bo komisioniranje izvedel. Pred samim komisioniranjem poteče odločitvena zanka, ki opredeljuje "odločitev" ali so vsi izdelki na voljo v zadostnih količinah. Če izdelkov v komisionirni coni ni dovolj (glede na naročilo), jih mora komisionar najprej pripraviti.

Komisioniranje je sestavljeno iz pobiranja izdelkov iz palet v skladišču in odleganje izdelkov na paleto, ki je nameščena na komisionirnem vozičku. Zanka predstavlja število paketov/škatel, ki jih morajo za določeno naročilo komisionirati. Če je  $i = i + 1$ , to pomeni, da mora proces komisioniranja poteči še enkrat oziroma tolikokrat da je  $i = n$  in se lahko začne zapiranje paketa. Paket še poskenirajo in nanj nalepijo etiketo. Naslednja odločitev predstavlja embaliranje, saj vseh paketov ni potrebno zaviti v folijo. Če je embaliranje potrebno, paket odpeljejo do embalirnega stroja, tam opravijo zavijanje in nato pošiljko odpeljejo do mesta odpreme. V primeru, da paketov ni potrebno embalirati, ga iz komisioniranja odpeljejo naravnost do mesta odpreme. Tam čaka, dokler ga ne pobere prevoznik trgovske verige. S tem se proces izhodnega toka konča.

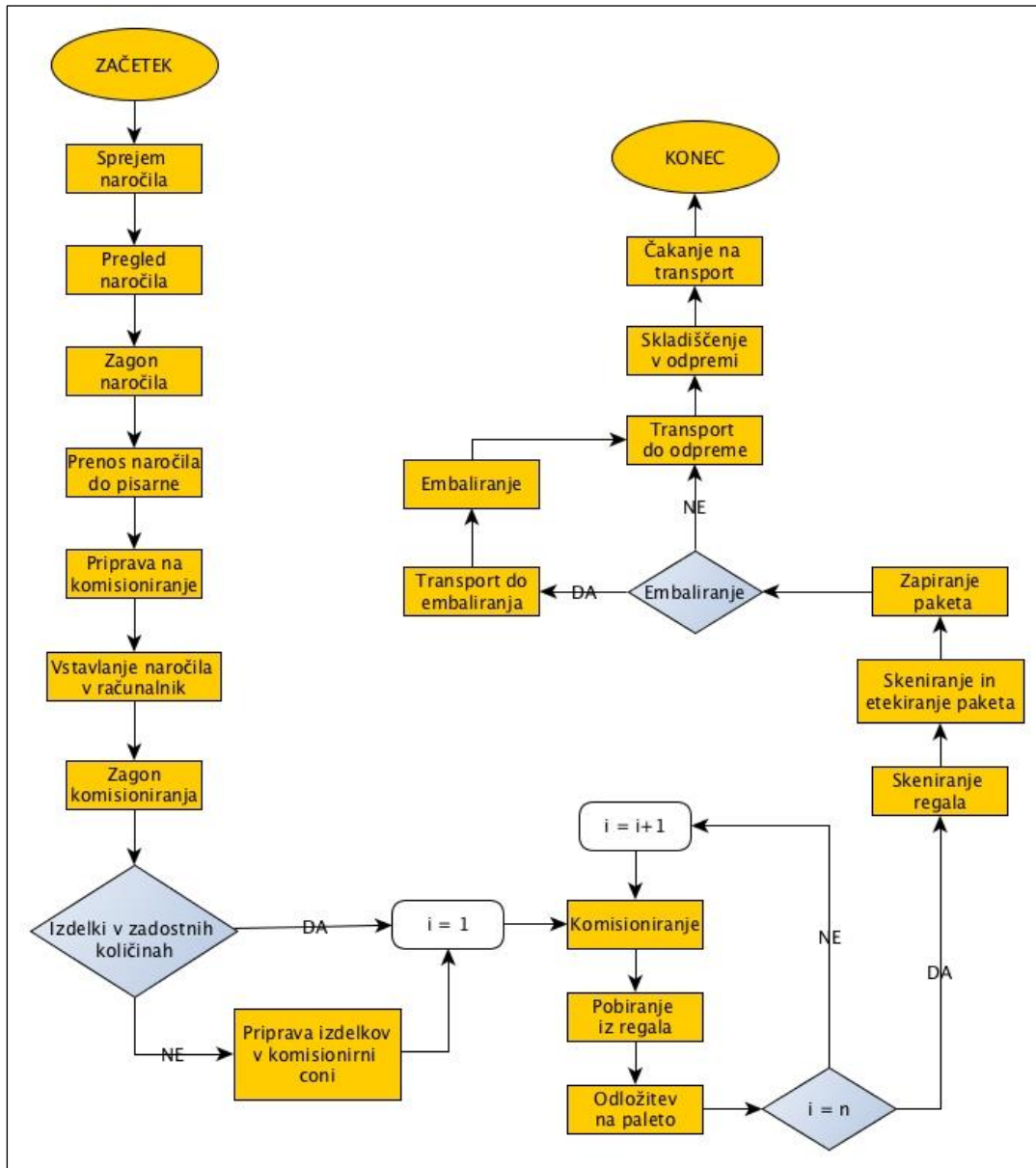
Povzetek izhodnega toka:

- Sprejem naročila.
- Komisioniranje (sektor 22 in 44).
- Skeniranje regala (da potrdi, da je bilo blago vzeto iz regala) (sektor 22 in 44).
- Embaliranje (ovijanje palete v embalarino folijo).
- Transport do mesta odpreme.
- Čakanje blaga na transport.

### 3.2.3 Izdelava diagrama poteka procesov izhodnega toka

Ko sem izdelal opis procesa izhodnega toka, sem izdelal tudi diagram poteka procesa. Diagram sem izdelal s pomočjo programa yEd Graph Editor, kjer najdemo vse potrebno za izdelavo preprostih diagramov poteka procesov.

V procesnem diagramu imamo več različnih oblik (Slika 11). Oval pomeni začetek in konec procesa, kvadri (štirikotniki) predstavljajo procese, rombi pa izbire, ki nastanejo med izvajanjem dejavnosti.



Slika 11: Diagram procesa izhodnega toka (Avtor naloge).

### 3.3 Izbrani komisijon

V raziskovalni nalogi se posvečam preučevanju komisijoniranja določenega števila izdelkov. Da bi bili rezultati raziskave verodostojni, sem izbral naključen niz izdelkov, ki sestavljajo en komisijon. Komisijon je v mojem primeru sestavljen iz petih natančno, vendar naključno izbranih izdelkov.

Uporabljen komisijon temelji na predpostavki, da imajo vsi izdelki visok koeficient obračanja, (blago z velikim povpraševanjem). Koeficient obračanja je eden najpomembnejših kazalnih členov, povezanih z zalogami. Je razmerje med nabavno vrednostjo in povprečno vrednostjo zaloge po nabavni vrednosti. Čim večja je vrednost koeficienta tem bolj ugodno, je to za skladišče, kajti to pomeni, da je več sredstev na razpolago za druge namene.

Izdelki, uporabljeni v izbranem komisijonu, ustrezajo skupini X (XYZ analiza), saj jih redno uporabljajo v časovnih enotah in so v daljšem časovnem obdobju ustaljene, enake v vseh časovnih enotah in jih lahko napovemo skoraj zanesljivo. Če bi želel natančno izračunati oz. izmeriti povpraševanje za določenimi izdelki, bi moral preučevano okolje opazovati več mesec, saj bi mi le meritve, upravljene skozi daljše časovno obdobje, zagotovile verodostojne podatke. Kljub dobrodošlosti takšnega pristopa pa zanj žal nisem imel dovolj časa, zato sem se moral zadovoljiti z že izračunanimi vrednostmi, ki so mi jih priskrbeli s strani podjetja.

Primer naročilnice oz. dobavnice narejene po vzoru naročilnice uporabljene v realnem skladišču lahko vidimo na sliki (Slika 12), lahko pa najdemo tudi kot prilogo 1.

<b>PODJETJE XZ</b> MATIČNA ŠTEVILKA: 1566298_2552, E-pošta: Miran.držen@podjetje.com			
<b>DOBAVITELJ AB</b> Ulica svetega Jerneja 7, Maribor			
<b>ARTIKEL</b>	<b>ŠIFRA</b>	<b>KOLIČINA/Kos</b>	<b>TEŽA/Kg</b>
1.	134872600	2160	496.8
2.	423237800	5952	1071.36
3.	544272900	3800	608
4.	635262900	3850	42.350
5.	112332180	6420	378.780
		20182	1633.066
<b>NAROČILNICA</b> Številka: 1-20175 Kraj izdaje: Maribor Čas izdaje: 2.1.2017			

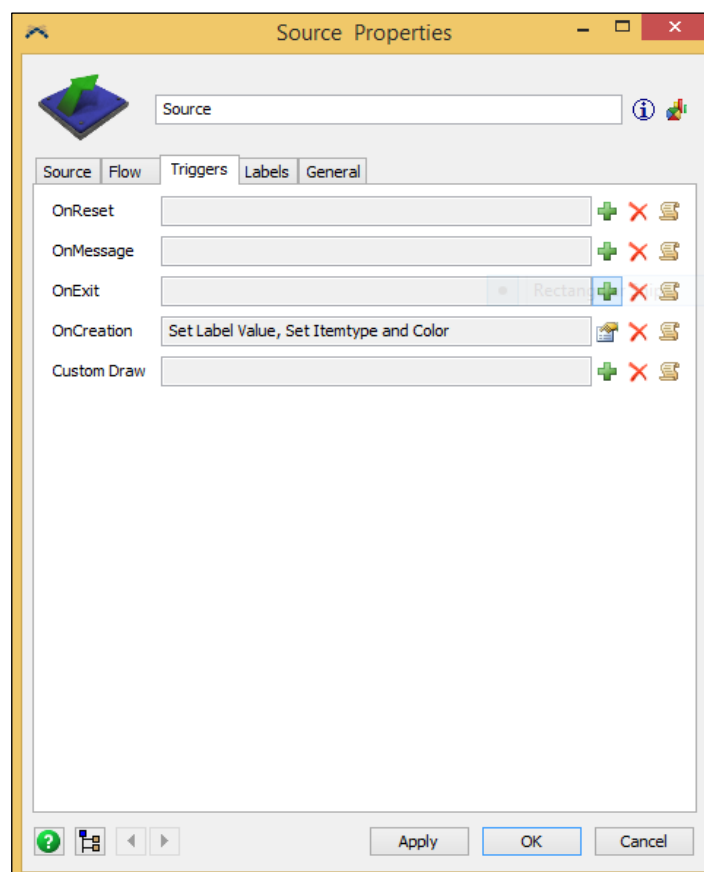
Slika 12: Primer naročilnice (Avtor naloge).





## 4.2 Izgradnja modela z uporabo programa FlexSim

Začetek vsake simulacije predstavlja vir (Source); ta ima nalogo, da ustvari neskončno zalogo pretočnih entitet (npr. Zabojev). V mojem primeru vir entitet predstavlja tovornjak, ki v skladišče pripelje določene izdelke. Neskončna zaloga entitet je sestavljena iz petih različnih izdelkov, ki so označeni s svojo bravo (npr. rdeča, zelena, modra ...). Slednji pogoj lahko ustvarimo v razdelku "Triggers", kot je označeno na sliki (Slika 15). Izdelki, ki jih ustvari vir se samodejno prenesejo v čakalno vrsto (pravokotno zbirališče izdelkov) od koder so navoljo nadaljnjim procesom.



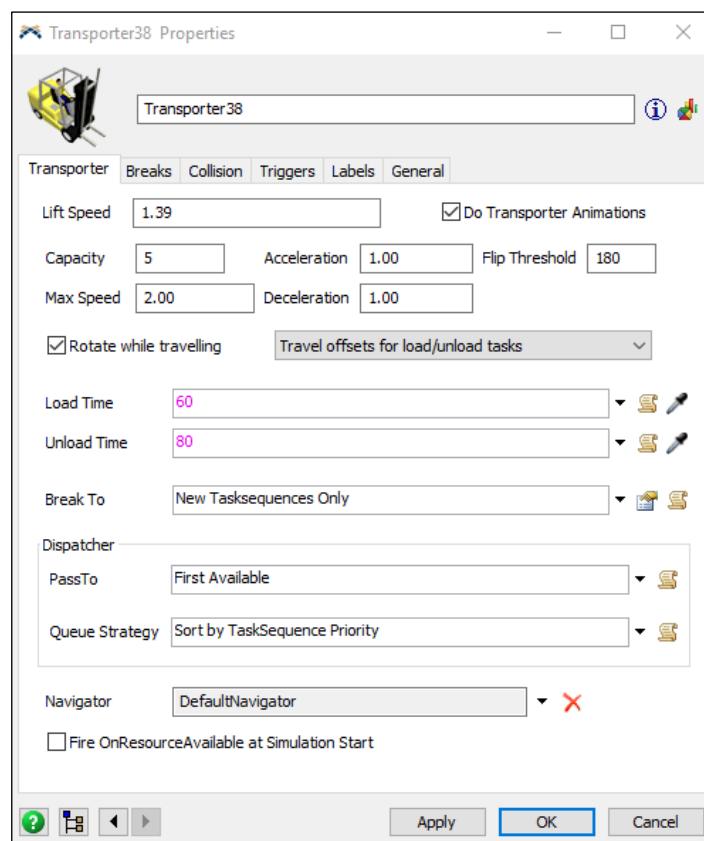
Slika 15: Vir izdelkov (Avtor naloge).

Naslednji objekt predstavlja procesor. Naloga procesorja je prenos izdelkov iz čakalne vrste do regalov. Vsaka vrsta izdelkov (barva) ima v simulaciji izbran svoj regal. Nalogo procesorja lahko z drugimi besedami imenujemo proces vhodnega toka, ki ga v raziskovalne naloge ne obravnavam. Procesor je tako nastavljen na čas 0, kar pomeni, da izdelke na police prenese takoj in se tako izogne nepotrebnemu procesu uskladičenja.

Objekte, ki sem jih postavil na regale, moram sedaj prenesti do mesta odpreme. Prenos izdelkov od regalov do mesta odpreme imenujemo proces izhodnega toka. Prenos izdelkov od regalov do mesta odpreme izvede model viličarja. Model viličarja ima v delovnem pomnilniku naročilnico (dobavnico) petih izdelkov. Viličar v enem obhodu izpolni eno dobavnico, pri tem pa obiše vse pet regalov, kjer se nahaja pet različno obarvanih izdelkov.

Proces se zaključi, ko viličar, po določenem številu ponovljenih dejanj (iskanje izdelkov ene dobavnice), odloži zbrane pakete na izhodni čakalni vrsti. Regali v simulaciji so postavljeni v prostor tako, kot so v realnem skladišču. Za razdalje, ki jih mora viličar prevoziti med njimi, so upoštevane evklidske razdalje, vendar pa so le te v pravilnem razmerju in omogočajo smielno primerjavo med rezultati iz različnih simulacij.

Viličaristu (komisionarju) sem določil najbolj pogoste vrednosti, ki veljajo za komisionarna vozila izbranega skladišča (ang. Max. speed, Lift speed, Capacity, Acceleration, Deceleration itd.). Vse spremenljivke razen Load Time in Unload Time vplivajo na hitrost premikanja viličarja po skladišču, medtem ko "Load Time" in "Unload Time" vplivata na skupen čas komisioniranja. Vse vrednosti spremenljivk so ocenjene glede na izkušnje delavcev v skladišču.

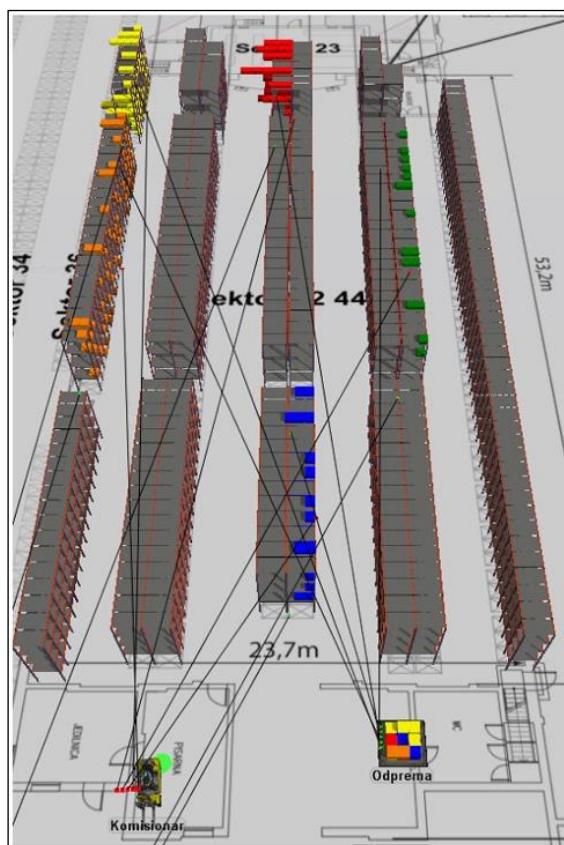


Slika 16: Komisionar-viličar (Avtor naloge).

## 5. Simulacija

### 5.1 Simulacija obstoječega sistema (sistem naključnega polnjenja izdelkov)

Vir entitet zagotavlja neskončno zalogo različnih izdelkov, ki jih umesti v naprej določene regale. Ker podjetje uporablja strategija naključnega polnjenja in praznjenja skladišča so tudi v simulaciji regali v katerih so uskladiščeni izdelki, izbrani naključno in tako predstavljajo enega izmed možnih načinov uskladiščenja, kot ga lahko najdemo v preučevanem skladišču. Omenjen način prikazuje slika (Slika 17).



Slika 17: Model obstoječega sistema (Avtor naloge).

Kot sem zapisal v poglavju "Izbrani komision" je za potrebe simulacije izbranih pet različnih izdelkov, ki imajo visok koeficient obračanja. Različni izdelki so predstavljeni z različnimi barvami (modra, rumen, rdeča, oranžna in zelena) in so uskladiščeni, kot prikazuje slika (Slika 17). Kot rezultat simulacije nas zanima skupni čas, ki ga komisionar porabi za en komision.

Začetek merjenja časa v simulaciji sproži naključno izbran izdelek, ki se kot prvi pojavi na poljubno izbranem regalnem mestu. Merjenje traja tako dolgo, dokler komisionar ne odloži izbranega komisiona na mestu odpreme.

Kljub natančno določenim pogojem premikanja po skladišču se v realnosti lahko pojavi dogodek, ki ga ni mogoče predvideti in lahko negativno vpliva na končne rezultate. Procesor izdelke, na regale postavlja naključno, kar pomeni, da komisionar do izdelka, ki se nahaja na nasprotnem koncu prevozi večjo razdaljo, kot do izdelka, ki je postavljen bližje komisionarju. V ta namen sem simulacijo ponovil 20 krat. Končni rezultat je tako povprečna vrednost 20 meritev, v katerih je komisionar prevozil 20 različnih poti. Rezultate simulacij prikazuje tabela Tabela 1).

*Tabela 1: Rezultati simulacije obstoječega sistema.*

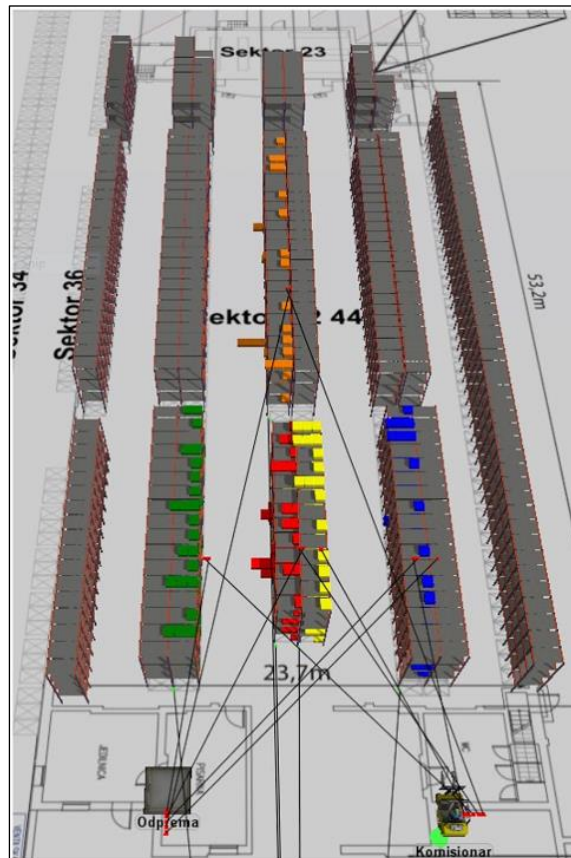
<b>Meritve / povprečje / stdandardni odklon</b>	<b>Obtoje sistem [s]</b>
<b>1</b>	954,3
<b>2</b>	965,5
<b>3</b>	921,5
<b>4</b>	898,2
<b>5</b>	869,5
<b>6</b>	964,1
<b>7</b>	976,5
<b>8</b>	921,6
<b>9</b>	915,5
<b>10</b>	975,1
<b>11</b>	878,5
<b>12</b>	897,6
<b>13</b>	915,4
<b>14</b>	932,5
<b>15</b>	928,7
<b>16</b>	935,4
<b>17</b>	931,5
<b>18</b>	965,4
<b>19</b>	954,1
<b>20</b>	894,4
<b>Povprečje</b>	929,8
<b>Std. odklon</b>	31,1

Kot je razvidno iz zgornje tabele so časi komisioniranja posameznega komisona porazdeljeni med 869,5 in 976,5 sekund. Variabilnost ni velika, saj znaša standardni odklon le 3,3% povprečne vrednosti.

Ko kritično preučimo situacijo, ki smo jo dobili v zgornjem primeru, vidimo, da je ena izmed mogočih izboljša ta, da bi bili izdelki, ki jih komisioniramo bližje izhodišču. Tako bi moral komisionar z viličarjem opraviti krajšo pot do vsakega regala in nazaj. S tem bi se lahko občutno zmanjšal porabljeni čas in s tem stroški.

## 5.2 Simulacij izboljšanega sistema (sistem uporabe skladiščnih con XYZ)

Kot sem omenil v poglavju "Izbrani komisijon" sem za potrebe simulacije izbral pet različnih izdelkov, ki imajo visok koeficient obračanja. Uskladiščeno blago mora biti venomer na razpolago, da zadosti povpraševanju naročnikov. Zato je smiselno, da so izdelki z velikim povpraševanjem uskladiščeni blizu vhoda oz. izhoda skladišča. Izdelki, ki ustrezajo skupini X, naj bi bili tako uskladiščeni, kot to prikazuje slika (Slika 18).



Slika 18: Postavitev izdelkov v izboljšanem sistemu (Avtor naloge).

Tudi v tem primeru sem simulacijo ponovil 20 krat. Rezultate simulacij prikazuje tabela (Tabela 2).

Tabela 2: Rezultati meritev izboljšane sistema.

<i>Meritve / povprečje / standardni odklon</i>	<i>Izboljšan sistem [s]</i>
1	754,35
2	802,68
3	778,9
4	795,2
5	791,7
6	768,6
7	810,3
8	757,3
9	802,3
10	799,9
11	792,4
12	803,2
13	822,7
14	848,0
15	820,8
16	823,0
17	838,2
18	837,1
19	843,5
20	789,3
<i>Povprečje</i>	804,0
<i>Std. odklon</i>	27,1

Kot je razvidno iz zgornje tabele so časi komisioniranja posameznega komisiona pri tej simulaciji porazdeljeni med 754,4 in 848,0 sekund. Variabilnost ni velika, saj znaša standardni odklon le 3,7 % povprečne vrednosti.

## 6. ANALIZA REZULTATOV IN RAZPRAVA

Simulacijo ob spremenjenem sistemu komisioniranj sem naredil ob predpostavki, da bi spremenjen sistem uskladiščenja in bolj primerna lokacija uskladiščenih izdelkov lahko učinkovito vplivala na delo komisionarja, ki bi zaradi omenjene spremembe prevozil krajšo razdaljo in tako skrajšal čas komisioniranja.

Če primerjamo rezultate obeh serij simulacij, ki jih prikazuje tabela (Tabela 3), vidimo, da je prihranek časa občuten. Zmanjšanje časa se giblje v interval med 9,1 in 21 odstotki. Povprečno zmanjšanje znaša 13,4 odstotka.

Tabela 3: Primerjava rezultatov obeh serij simulacij

<i>Meritve / povprečje / standardni odklon</i>	<i>Obtoječ sistem [s]</i>	<i>Izboljšan sistem [s]</i>	<i>Izboljšanje [%]</i>
1	954,3	754,4	21,0
2	965,5	802,7	16,9
3	921,5	778,9	15,5
4	898,2	795,2	11,5
5	869,5	791,7	8,9
6	964,1	768,6	20,3
7	976,5	810,3	17,0
8	921,6	757,3	17,8
9	915,5	802,3	12,4
10	975,1	799,9	18,0
11	878,5	792,4	9,8
12	897,6	803,2	10,5
13	915,4	822,7	10,1
14	932,5	848,0	9,1
15	928,7	820,8	11,6
16	935,4	823,0	12,0
17	931,5	838,2	10,0
18	965,4	837,1	13,3
19	954,1	843,5	11,6
20	894,4	789,3	11,7
<i>Povprečje</i>	929,8	804,0	13,4
<i>Std. odklon</i>	31,1	26,4	3,7

Zmanjšanje porabljenega časa za povprečno 13,4 odstotka je odličen rezultat. Pri tem je potrebno upoštevati, da se komisijoni, kot je bil naš eksperimentalni komisijon, v skladišču, ki smo ga preučevali, dogajajo skozi vse leto 24/7. Tako na letni ravni lahko prihranimo čas, ki se meri v dnevih in ne v sekundah kot pri enem komisijonu.



## 6.1 Preverjanje hipotez

V poglavju 1.3 sem napovedal, da bom potrdil ali ovrgel zastavljene hipoteze.

- **Hipoteza 1:** Z metodo simulacije diskretnih dogodkov je mogoče smiselno modelirati skladišče in simulirati njegovo poslovanje. Hipoteza 1 je **potrjena**.

S simulacijskim orodjem FlexSim sem uspešno ustvaril popolnoma delujoč model realnega skladišča. Prav tako sem uspešno simuliral skladiščno poslovanje, nastala simulacija pa brez več odstopanj prikazuje poslovanje realnega skladišča.

- **Hipoteza 2:** Z izvedbo večih simulacij ob spremenjenih skladiščnih strategijah je mogoče analizirati učinkovitost posameznih strategij v izbranem skladišču. Hipoteza 2 je **potrjena**.

S primerjavo dveh serij 20 simulacij sem analiziral različna načina uskladiščenja blaga (skladiščna strategija). Rezultati simulacij so mi omogočili primerjavo različnih skladiščnih sistemov.

- **Hipoteza 3:** Z izbiro primerne skladiščne strategije je mogoče skrajšati čas komisioniranja in s tem zmanjšati stroške. Tudi Hipoteza 3 je **potrjena**.

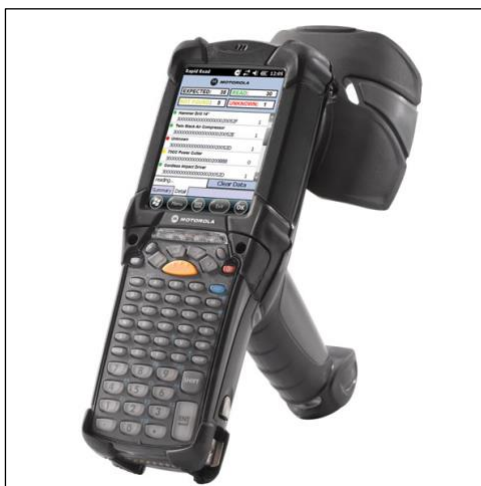
Ugotovil sem, da lahko s spremembo skladiščne strategije, učinkovito vplivamo na čas komisioniranja. Gleda na rezultate simulacij komisioniranja pri različnih strategijah sem izbral bolj učinkovito strategijo. Ugotovil sem, da lahko v realnem skladišču zmanjšamo skupni čas komisioniranja ter tako posledično zmanjšamo stroške skladiščnega poslovanja.

## 6.2 Alternativni načini optimizacije komisioniranja

Med pisanjem naloge sem naletel še na nekatere druge pristope in načine optimizacije komisioniranja, ki temeljijo na spremenjenem načinu dela komisionarjev. V nadaljevanju bom opisal dva predloga, s katerim bi lahko učinkovito vplivali na proces komisioniranja. Prvi predlagani način je povezan z uporabo tehnologije za identifikacijo črtnih kod, drugi pa s sistemsko spremembo znotraj procesa izhodnega toka.

### 6.2.1 Uporabo naprednejše tehnologije za identifikacijo črtnih kod

V preučevanem skladišču uporabljajo za potrebe ročnega obvladovanja pretoka blaga prenosne terminale, ki so opremljeni s čitalniki črtnih kod. Kadar je komisionar postavljen pred veliko količino izdelkov, lahko skeniranje črtnih kod posameznih izdelkov hitro postane zamudno in neobvladljivo delo.



Slika 19: Ročni terminal  
(<https://goo.gl/tUfQnU>).

## 6.2.2 Strategija glasovno vodenega komisioniranja in strategija uporabe barvnih lučk

Primer sistema z uporabo naprednejše tehnologije sta strategija glasovno vodenega komisioniranja (ang. pick by voice) in strategija uporabe barvnih lučk (ang. pick to light)



Slika 20: Strategija glasovno vodenega komisioniranja  
(<https://goo.gl/MnmTey>).

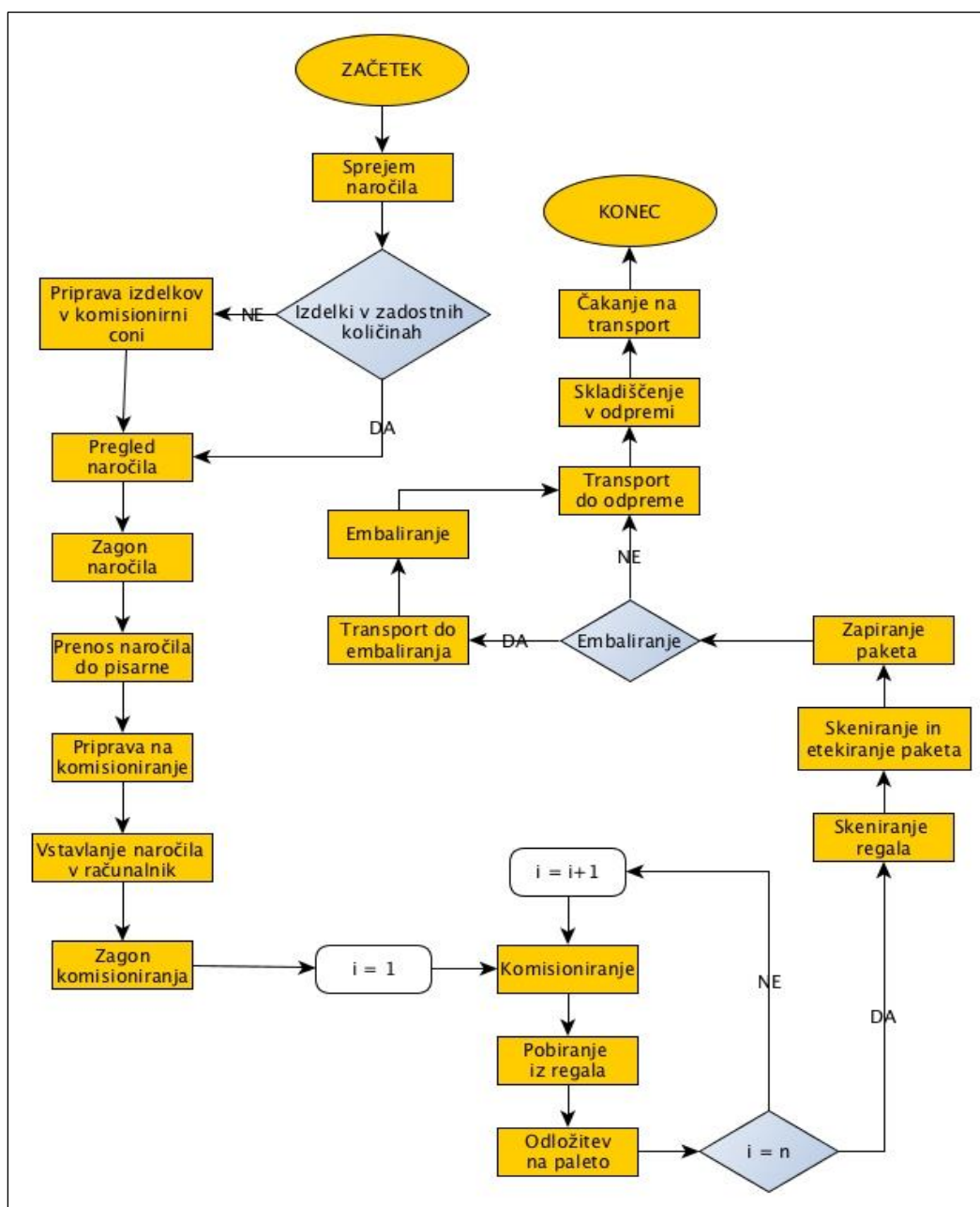


Slika 21: Strategija uporabe barvnih lučk  
(<https://goo.gl/xqNB1T>).

V primeru glasovno vodene strategije je komisionar v stalni zvezi z operativo, ki ga usmerja po skladišču. Komisionar za potrditev naročila le izreče dogovorjene besede. Pri strategiji barvnih lučk, komisionarja vodi sistem barvnih lučk, ki se na primer ob izbranem regalnem mestu obarvajo zeleno. Prednosti takšnih sistemov je več: sočasna komunikacija s skladiščnim osebjem, brezpapirna organizacija dela, visoka zanesljivost sistema in 10 % - 30 % višja produktivnost (Potrč, 2017).

### 6.3 Sprememba postopkov znotraj procesa izhodnega toka

Optimizacija komisioriranja temelji na sistemski spremembi izhodnega toka, ki sem ga opisal v poglavju 3.2.2. Kor rešitev predlagam uvedbo sistema, ki bi ob prihodu naročila v sistem, zaznal primanjkljaj izdelkov v komisiorirni coni. Sistem bi nato poslal enega izmed prostih komisiorarjev pripraviti komisiorirno mesto. Takšen sistem bi lahko učinkovito vplival na skupni čas komisioriranja, saj komisiorarju ne bi bilo več treba iskati dodatnih izdelkov, ki so zaradi strategije naključnega polnjenja lahko uskladiščeni kjer koli v skladiščnem prostoru.



Slika 22: Sistemska sprememba procesa izhodnega toka (Avtor naloge)

## 7. SKLEP

Z metodo simulacije diskretnih dogodkov sem smiselno modeliral skladišče, simuliral logistične procese v skladišču in poskušal optimizirati skladiščno delovanje.

S simulacijo procesa komisioniranja preučevanega skladišča sem želel optimizirati omenjen proces in zmanjšati končne stroške skladiščnega poslovanja. V uvodu raziskovalne naloge sem zapisal 3 hipoteze s pomočjo katerih sem nato poskušal rešiti zastavljen raziskovalni problem. Preučil sem različne metode dela in jih zapisal, hkrati sem ugotavljal kakšne možnosti mi ponuja računalniška simulacija.

Drugi del naloge je sestavljalo zbiranje podatkov iz različnih znanstvenih virov in oblikovanje verodostojnih povzetkov, ki pripomorejo k lažjemu razumevanju osnov skladiščnega poslovanja in programskega orodja FlexSim.

Glavna naloga osrednjega dela je bila postavitve modela skladišča v realno okolje. Opisal sem izbrano skladišče, ki ga zaradi anonimnosti podjetja ne smem izdati in oblikoval procesno karto opisanih skladiščnih procesov. Opredelil sem tudi v nalogi uporabljen komisijon. Naslednja naloga je bila modeliranje skladišča oz. izgradnja modela z uporabo programskega orodja FlexSim. Izdelava simulacij je bila ključna prelomnica raziskovalnega dela, saj sem v nadaljnjem koraku simuliral obstoječe stanje in nato poskušal obstoječe stanje optimizirati z uporabo skladiščnih con XYZ.

V predzadnjem poglavju sem analiziral s simulacijo pridobljene rezultate (tabele s časi) in jih umestil v razumljiv kontekst, pri čemer sem zapisal rešitev, ki se nadvse približa optimalni rešitvi (komisioniranja). Ugotovil sem, da lahko z uporabo metode računalniške simulacije in spremembo strategije uskladiščenja učinkovito zmanjšamo skupen čas komisioniranja in tako posledično zmanjšamo nastale stroške. Če želimo namen naloge posplošiti uporabimo le nekaj osnov induktivnega posploševanja in besedo "zmanjšamo" nadomestimo z besedo "spremenimo". Sedaj sklep velja za vse skladiščne sisteme, saj že samo en konkretni primer (raziskovalna naloga) sklep potrди, pri čemer lahko uporaba spremenjene skladiščne strategije prinaša tudi negativne rezultate. Poleg podrobno opisane predlagane rešitve, sem dopisal še nekatere sistemske in tehnološke izboljšave. Prav tako sem potrdil vse tri zastavljene hipoteze.

Končni del raziskovalne naloge sestavljata sklep raziskovalnega dela in družbena odgovornost, v kateri opisujem vzor, ki ga naloga predstavlja optimizaciji drugih skladiščnih in ostalih logističnih sistemov.

## 7.1 Družbena odgovornost

Evropska komisija je pred časom oblikovala strategijo za enotni digitalni trg, s katero med drugim spodbuja uporabo Inteligentnih Transportnih Sistemov (ITS), z namenom učinkovitejšega menedžmenta transportnih mrež, tako za potnike, kot za tovor. Z integracijo obstoječih rešitev in z razvojem novih inteligentnih transportnih rešitev ter uporabo informacijsko komunikacijskih tehnologij spodbuja razvoj inovativnih storitev, ki bodo prispevale k bolj »pametnim« mestom in skupnostim (Commission, 2018).

Ena izmed rešitev, ki so v skladu s tako imenovano Slovensko strategijo pametne specializacije - S4 (Slovenian Smart Specialisation Strategy), so pametna skladišča. To so avtomatizirana skladišča, ki z uporabo IKT tehnologij komunicirajo tako s tovorom, kot uporabniki (Commission, 2018).

Prva stopnja na prehodu v tako imenovana pametna skladišča je podrobno poznavanje skladiščnih procesov, možnost predvidevanja dogodkov v kritičnih situacijah in izbira ustrezne znanstvene metode. Dokazal sem, da lahko z uporabo simulacije uspešno optimiziramo skladiščne sisteme. Optimizacija, predstavljena v raziskovalni nalogi prinaša koristi na dveh pomembnih področjih: stroški in produktivnost. Optimizacija produktivnosti se kaže v optimalnem delovanju sistema, hitrejših in kvalitetnejših analizah, prihrani se tudi energija, čas in denar. Minimiranje stroškov in maksimiranje produktivnosti skladišča postopoma vodi do uporabe novih skladiščnih tehnologij, večje kredibilnosti vodenja in avtomatizacije skladišč. Slednje spremembe dolgoročno prispevajo k bolj pametnim mestom in višjemu življenjskemu standardu.

## 8. VIRI IN LITERATURA

Commission, E. (24. Januar 2018). *Mobility and transport*. Pridobljeno iz European Commission: [https://ec.europa.eu/transport/themes/its\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en)

Žlaus, P. (2015). *Upravljanje zalog s pomočjo ABC in XYZ analize*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Mikec, M. (2012). *Strategija pobiranja izdelkov po skladiščih*. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko.

Potrč, I. (januar 2017). *Skladiščno poslovanje E gradivo*. Celje.

Toplak, D. (2015). *Simulacija v podjetju kovinoplastika Zdravko Šahr, s.p, s programom FlexSim*. Celje: Fakulteta za logistiko.

## 9. PRILOGE

Priloga 1: Primer naročilnice/dobavnice (Avtor naloge).

<b>PODJETJE XZ</b> MATIČNA ŠTEVILKA: 1566298_2552, E-pošta: Miran.drzen@podjetje.com			
<b>DOBAVITELJ AB</b> Ulica svetega Jerneja 7, Maribor			
<b>NAROČILNICA</b> Številka: 1-20175 Kraj izdaje: Maribor Čas izdaje: 2.1.2017			
ARTIKEL	ŠIFRA	KOLIČINA/KOS	TEŽA/Kg
1.	134872600	2160	496,8
2.	423237800	5952	1071,36
3.	544272900	3800	608
4.	635262900	3850	42,350
5.	112332180	6420	378,780
		<b>20182</b>	<b>1633,066</b>



Priloga 2: Shema skladiščnega prostora (Avtor naloge)

