

# Planiranje zaliha primjenom više-ešalonske metode

---

**Bašić, Tea**

**Undergraduate thesis / Završni 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:119:919058>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-03**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tea Bašić

PLANIRANJE ZALIHA PRIMJENOM  
VIŠE-EŠALONSKE METODE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 3. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Upravljanje zalihama**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4685**

Pristupnik: **Tea Bašić (0135239273)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Planiranje zaliha primjenom više-ešalonske metode**

### Opis zadatka:

U radu je potrebno detaljno objasniti i analizirati primjenu više-ešalonske metode kod upravljanja zalihama. Treba prikazati primjer pri kojem se uz pomoć navedene metode postižu poboljšanja za kontrolu te optimiranje zaliha.

Mentor:



---

prof. dr. sc. Mario Šafran

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**PLANIRANJE ZALIHA PRIMJENOM  
VIŠE-EŠALOSNKE METODE**

**MULTI-ECHELON INVENTORY PLANNING**

Mentor :prof. dr. sc. Mario Šafran

Student: Tea Bašić  
JMBAG: 0135239273

Zagreb, rujan 2018

## SAŽETAK

U završnome radu analizirana je više- ešalnska metoda pomoću koje se planira stanje zaliha. Zalihe su sredstva koje se drže radi prodaje u redovnom poslovanju, u procesu proizvodnje nakon kojeg se prodaju ili u obliku osnovnog i pomoćnog materijala koji se troši u proizvodnom procesu ili prilikom pružanja usluga. Problem kod zaliha jest njihovo skladištenje. Optimizacija prostora pomoću više-ešalonske metode razmatra razine zaliha na cijelom lancu opskrbe, uzimajući u obzir utjecaj zaliha na bilo kojoj razini. Primjerice ako je proizvod koji se prodaje u trgovini prodavača primio jedan od njegovih distribucijskim centara, distribucijski centar predstavlja jedan odjeljak opskrbnog lanca. Cilj optimizacije zaliha pomoću više-ešalnske metode je kontinuirano ažuriranje i optimiziranje razine zaliha u svim tim područjima.

**KLJUČNE RIJEČI:** zalihe, više-ešalnska metoda, modeli planiranja

## SUMMARY

In the final word have been analyzed multi-echalon method by which the inventory is planned. Inventories are assets held for sale in the ordinary course of business, in the production process after which they are sold or in the form of basic and auxiliary materials that are consumed in the production process or in the provision of services. Stock problem is their storage. Space optimization using multiple-echalon methods considers inventory levels across the supply chain, taking into account the impact of inventories at any level. For example, if a product sold in a retailer's store received one of its distribution centers, the distribution center represents one supply chain section. The goal of stock optimization using multiple-echalon is to continuously update and optimize stock levels in all these areas.

**KEY WORDS:** inventory, multiple-echalon methods, inventory models

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pojam i kontrola zaliha.....	2
2.1 Pojam zaliha .....	2
2.2 Vrste zaliha.....	6
2.2.1. Minimalne zalihe .....	6
2.2.3 Optimalne zalihe.....	7
2.2.4 Prosječne zalihe .....	8
2.2.5. Sigurnosne zalihe.....	8
2.1.6. Špekulativne zalihe.....	9
2.2.7. Sezonske zalihe .....	9
2.2.8. Nekurentne zalihe .....	9
3. Postupci planiranja zaliha.....	10
3.1 Tradicionalni model.....	11
3.1.1. Model ekonomske količine nabave - EOQ.....	12
3.1.2. Model ekonomske količine proizvodnje - EPQ.....	13
3.1.3 Točka ponovnog naručivanja - R .....	14
3.1.4. Sustav periodičnog naručivanja.....	14
3.1.5. Model špekulativne kupnje.....	15
3.2. Suvremeni modeli planiranja zaliha .....	16
3.2.1. Planiranje potreba za materijalom - MRP I.....	16
3.2.2. Model planiranja materijalnih resursa - MRP II.....	18
3.2.3. Planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije - DRP.....	18
3.2.4. Planiranje resursa poduzeća - ERP.....	20
3.2.5. Upravo na vrijeme - JIT .....	21
4. Primjena više-ešalonske metode .....	22
5. Studija slučaja .....	25
5.1. Podaci i parametri.....	25
5.2. Eksperimentiranje sa predloženim sustavom bez troškovnih ograničenja .....	26
5.3. Eksperimentiranje sa predloženim sustavom sa transportnim ograničenjima... ..	28
5.4. Sažetak i usporedba rezultata .....	30

6. Zaključak.....	32
Literatura .....	33
Popis slika .....	35
Popis tablica .....	36
Popis kratica .....	37

# 1.Uvod

Tema ovog završnog rada je više-ešalonska metoda optimizacije inventara koja količinu stabilizacijske pričuve prilagođava cijelim opskrbnim lancem, pritom uvažavajući međuzavisnost faza i varijabli koja uzrokuje prekoračenje zaliha.

Osnovna zadaća logistike jest upravljati aktivnostima gospodarskog subjekta. Jedno od područja unutar kojih se odvijaju logističke aktivnosti su zalihe. Kako je upravljanje zalihama jedno od najvažnijih zadaća logističkog menadžmenta, njihovo planiranje omogućuje optimalnu razinu gotovo svih proizvoda koja zadovoljava potražnju i razinu usluge krajnjih potrošača.

U prvom dijelu završnog rada opisan je pojam, uloga i definicija zaliha. U ovom poglavlju upoznaje se sam pojam zaliha te njihove funkcije potrebne za funkcioniranje opskrbnog lanca. U nadolazećem poglavlju definirane su vrste zaliha uz podjelu zaliha prema vrsti robe koja se skladišti. U trećem dijelu prikazani su postupci planiranja zaliha koji se sastoje od tradicionalnih i suvremenih modela. U krajnjem dijelu rada objašnjena je više-ešalonska metoda, te njene prednosti i nedostaci. Naveden je primjer korištenja više-ešalonske metode u kojoj je analizirana industrija potrošačkih proizvoda.



## 2. Pojam i kontrola zaliha

### 2.1 Pojam zaliha

Zalihe su količina neke robe (materijal, vlastiti proizvodi, poluproizvodi i gotovi proizvodi), koja je akumulirana radi trajnog opskrbljivanja vremenski i prostorno bliže ili daljnje proizvodne ili osobne potrošnje.[1]

Upravljanje zalihama logističkih poduzeća jedna je od najvažnijih zadaća logističkog menadžmenta. Temeljna je misija upravljanja zalihama; da one budu što manje, ali uvijek dovoljne za podmirenje potreba kupaca, potrošača, korisnika. Prevelike količine zaliha uvjetuju neopravdano visoke troškove držanja zaliha, a premalena količina zaliha implicira brojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini i distribuciji.

Količinu i obujam zaliha određuju veličina raspoloživog skladišnog prostora, tehnička i tehnološka opremljenost skladišta, broj osposobljenih radnika u skladištu i 'politika zaliha' koju provodi tvrtka. Zalihe ublažavaju i sinkroniziraju nastali nesklad između unutarnjeg prijevoza, proizvodnje, vanjskog prijevoza i prodaje proizvoda.[3]

Planiranjem zaliha omogućuje se optimalna razina i lokacija gotovih proizvoda koja zadovoljava potražnju i razinu usluge krajnjim potrošačima. U načelu, planiranjem zaliha se izračunava optimalna razina sigurnosnih zaliha na svakoj lokaciji.[3]

O zalihama na skladištima, odnosno u distribucijskim centrima vodi se posebna politika: utvrđuje se maksimum zaliha preko kojih se roba više ne nabavlja jer je preveliko financijsko opterećenje zbog dužeg zadržavanja robe na skladištima, te minimum zaliha ispod kojih poduzeće ne bi mogli uredno poslovati jer ne bi moglo pravodobno zadovoljiti potrebe potrošnje. Osim maksimalnih i minimalnih zaliha utvrđuju se i optimalne zalihe. To je, zapravo količina robe koja omogućava redovitu i potpunu opskrbu proizvodnje i/ili kupaca, potrošača, korisnika, ali uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja.[4]

Upravljanje zalihama je sve o praćenju od važnih zaliha i sredstava koja se posjeduju. Uspješno upravljanje znači da se moraju naučiti neke od bitnijih uvjeta za uspjeh. Ovaj pojmovnik za upravljanje zalihama sadrži 15 najvažnijih uvjeta koje trebate znati.[6]

**3PL** - logistika treće strane je pružatelj vanjske logistike. To uključuje skladištenje, ispunjenje usluge, utovar, ili bilo koje druge usluge vezane za logistička posla.

**Buffer Stock** - ( poznati kao i sigurnosna zaliha ) je zaliha koja se drži u rezervi kako bi se zaštitilo od nestašice: možda kupci odjednom ne mogu dobiti dovoljno ili možda postoji kašnjenje s dobavljačem. U svakom slučaju sigurnosna zaliha drži sve to pokrivenim.

**Composite Variants** - kompozitne varijante su paketi proizvoda koji se prodaju kao zaseban proizvod u sebi. Primjer je prodaja kamera, objektiva i torbi za kameru sve zajedno kao jedan proizvod.

**Cost of Goods Sold** - COGS su izravni troškovi povezani s proizvodnjom dobara i nose troškove povezane s tim proizvodima.

**CSV file** - " zarez odvojene vrijednosti datoteke " Ova datoteka, obično se nalazi u Excelu, omogućuje vrijednosti da se spremaju u formatu tablice, čuvajući odvojene stupce za različite informacije.

**Dead Stock** - zaliha koja nije nikad bila prodana ili bila korištena od strane kupaca, a obično se održava u skladištima za buduće prodaje.

**Economic Order Quantity - EOQ** - ekonomska količina narudžbe je jednadžba koja se koristi za mjerenje nečeg jednostavnog. Koliko bi trebalo toga unaprijed naručiti, uračunavajući troškove skladištenja.

**Inventory Holding Costs/Carrying Costs** - to su troškovi koji nastaju za čuvanje i držanje zaliha u skladištu do prodaje kupcu.

**Landed Costs** - trošak za transport, skladištenje, uvoz naknade, pristojbe, poreze i druge troškove povezane s transportom i kupovinom inventara.

**Purchase Order** - narudžbenica je komercijalni dokument koja je prva službena ponuda proizvoda ili usluge za kupca.

**Re-order Point** - točka na kojoj se odlučuje je li vrijeme za ponovno naručivanje uzimajući u obzir trenutne i buduće potražnje, zajedno s time koliko je vašem dobavljaču potrebno da pošalje novu narudžbu.

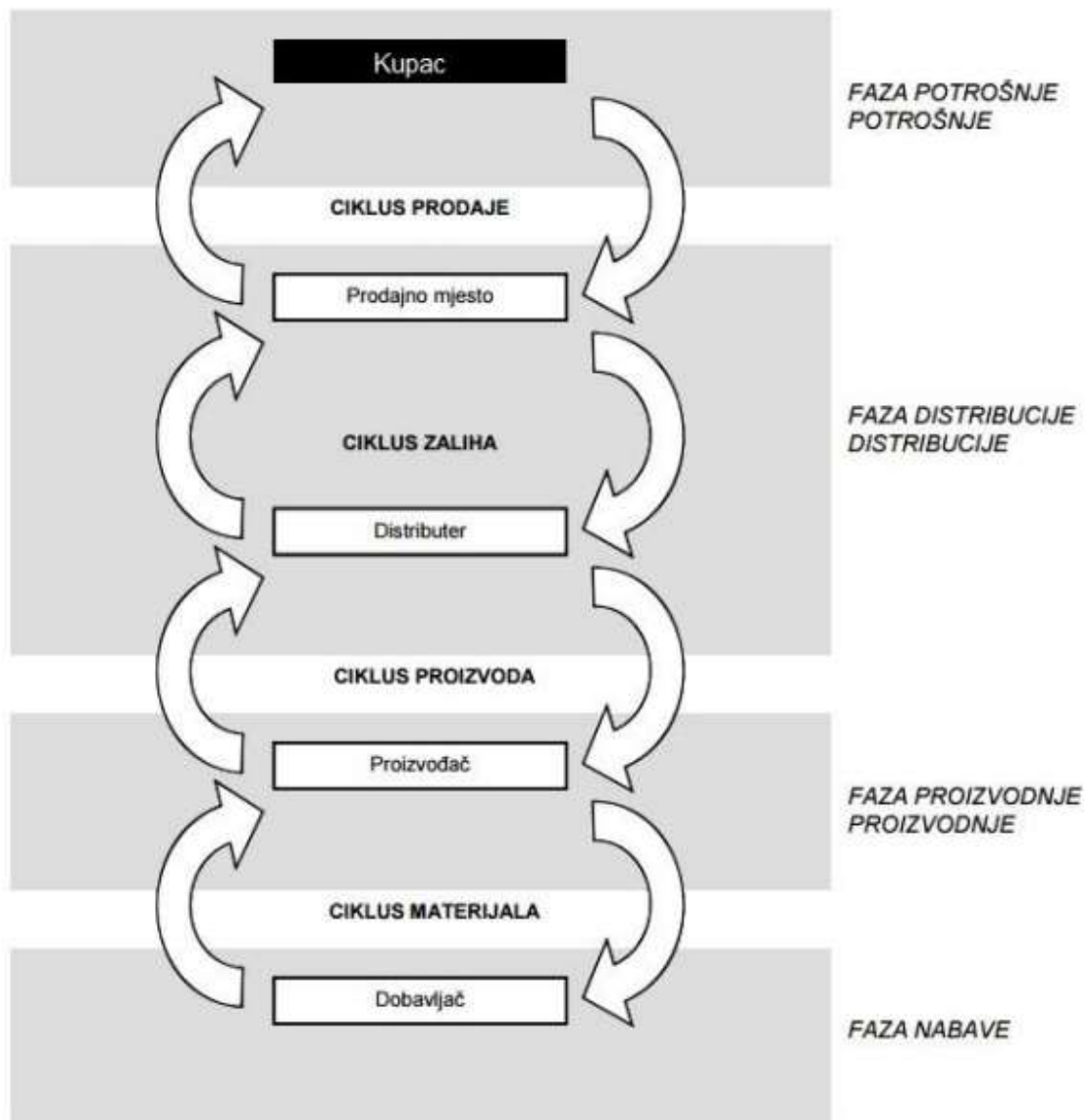
**Sales Order** - je dokument poslan kupcu nakon kupnje ali prije ispunjenja.

**SKU** - jedinice za držanje zaliha su jedinstveni brojevi ili slova za praćenje koji se dodjeljuju svakom proizvodu, što ukazuje na stil, veličinu, boju i druge osobine.

**Variants** - varijanta proizvoda je drugačija varijanta istog proizvoda, primjerice drugačija boja.

**Unit of Measure** - koje god jedinice se koriste za mjerenje zaliha. Može biti komad, kilogram, paketi i sl.

Zalihe čine određena količina spremljenih sredstava, materijala i proizvoda koja se nalazi na jednom mjestu kako bi se nesmetano odvijali procesi unutar opskrbnog lanca. Zalihe se nalaze u svim fazama opskrbnog lanca te ovisno u kojoj se fazi opskrbnog lanca nalaze zalihe imaju i drugačiju funkciju. Primjerice faze distribucije uključuje maloprodajne trgovce i veleprodajne trgovce te prijevoznike i druge subjekte koji čine distribucijsku mrežu.



Slika 1. Struktura opskrbnog lanca, [2]

Ciklus prodaje predstavlja sučelje faze potrošnje i faze distribucije i odvija se na relaciji prodajno mjesto - potrošač (kupac). Proces koji se događaju unutar ciklusa prodaje su povezani s primanjem i ispunjavanjem zahtjeva kupaca, te samim dolaskom na prodajno mjesto ili slanjem upita kupac inicijalizira ovaj ciklus.

Ciklus zaliha odvija se unutar faze distribucije i predstavlja interakcije između prodajnog mjesta i distributera. Ovaj ciklus inicijalizira prodajno mjesto u cilju zadovoljenja očekivane buduće potražnje, kada mu stanje zaliha padne do određene minimalne količine. Ciklus završava kada prodajno mjesto preuzme robu od distributera. Ciklus zaliha obuhvaća procese koji su izravno povezani s nadopunjavanjem zaliha prodajnog mjesta.

Ciklus proizvoda predstavlja sučelje faze distribucije i faze proizvodnje, a odvija se na relaciji distributer - proizvođač, odnosno prodajno mjesto - proizvođač ako se radi o proizvodu čiji opskrbni lanac ne uključuje distributera. Ovaj ciklus neposredno inicijalizira distributer ali može biti inicijaliziran i od samog proizvođača, u očekivanju narudžbi ili kada

zaliha njegovog skladišta gotovih proizvoda padne ispod određene zalihe. Ciklus završava kada distributer preuzme predmet narudžbe.

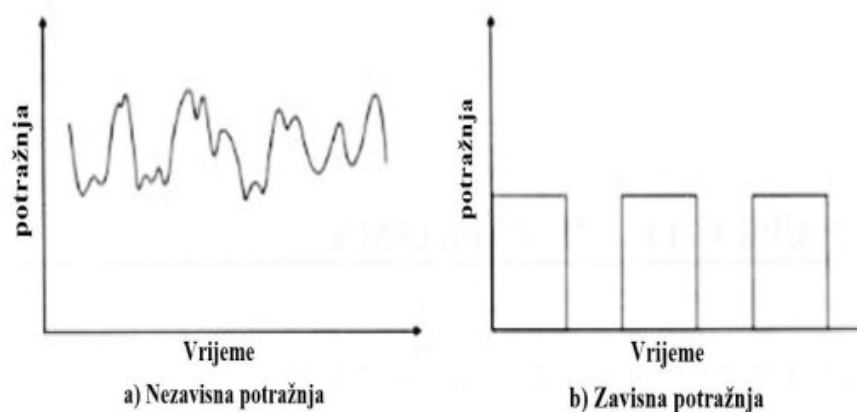
Ciklus materijala predstavlja sučelje faze proizvodnje i faze nabave. Uključuje sve procese koji se odvijaju na relaciji proizvođač - dobavljač radi opskrbe proizvodnih pogona neophodnih sirovinama i repromaterijalom. Ciklus započinje kada proizvođač pošalje svoju narudžbu dobavljaču ili kad dobavljačeva zaliha gotove robe padne ispod određene minimalne razine, a završava kada proizvođač preuzme naručenu robu.[7]

Nabava formira bitnu poveznicu između organizacija unutar opskrbnog lanca i mehanizam je za koordinaciju protoka materijala između kupca i dobavljača. Na svakoj točki opskrbnog lanca nabava šalje informacije o željama kupaca i s druge strane informacije što je kod dobavljača dostupno. Nakon čega usklađuje uvjete pri kupnji i uvjete dostave. Nabava je ključna funkcija unutar svake organizacije te svaka organizacije mora imati siguran materijal. Ukoliko je nabava loše organizirana može se dogoditi da materijal ne dolazi, dolazi kriva narudžba, krive količine, u krivo vrijeme itd.

Optimalno upravljanje poslovnim procesom zahtjeva usklađivanje svih nabavnih i distribucijskih aktivnosti unutar jednog logističkog lanca. Najvažniji razlozi koji uvjetuju potrebu držanja zaliha su slijedeći:

1. Da poduzeće osigura dostupnost robe u slučaju neplaniranih zahtjeva kupaca ili naglog nestanka artikala. Neplanirani nedostatak materijala može dovesti do gubitaka kupaca te pada profita.
2. Nepouzdana dobava i isporuka robe. Ovdje su uključena moguća kašnjenja ili nedostatak robe kod dobavljača, odnosno njena nestalna kvaliteta i cijena.
3. Povoljnije cijene transporta za veće količine robe (jasno je da to za posljedicu ima porast zaliha ).

Iz gornjeg proizlazi zaključak, da je procjena potražnje za određenom robom ključni faktor u politici određivanja zaliha i formiranja narudžbi. U osnovi razlikuju se dva modela potražnje: nezavisni i zavisni model potražnje.



Slika 2. Modeli potražnje, [2]

Poduzeća moraju prognozirati potražnju kako bi lakše odredila potrebnu vrstu i količinu zaliha.

## 2.2 Vrste zaliha

S obzirom na planirani normativ, stanje, motiv i potrebu za kontinuiranim odvijanjem procesa proizvodnje, odnosno prodaje, zalihe se mogu podijeliti na: [8]

- Minimalne
- Maksimalne
- Optimalne
- Prosječne
- Sigurnosne
- Špekulativne
- Sezonske
- Nekurentne zalihe.

### 2.2.1. Minimalne zalihe

Minimalna zaliha je najmanja količina robe potrebna za pravovremeno zadovoljenje obveze poduzeća po količini i asortimanu. Manjak robe u skladištu predstavlja rizik i opasnost za proces proizvodnje, odnosno cjelovitu opskrbu kupaca. Za utvrđivanje minimalne količine zaliha potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe (ovisno o tome radi li se o proizvodnji ili distribuciji) i rokove nabave. Izračunavanje minimalnih zaliha temelji se na prosječnoj dnevnoj potrošnji ili prodaji robe. Stoga držanje minimalnih zaliha ima smisla kad je riječ o proizvodnom ili trgovačkom poduzeću, koje u poslovanju nema sezonskih oscilacija.

Isto tako je važno osigurati pouzdane dobavljače, na koje se uvijek može računati po pitanju sigurnosti isporuke naručene robe. Prema formuli računa se količina minimalnih zaliha:[9]

$Q_{dn}$  - dnevna (prosječna) potrošnja

$V_{nab}$  - godišnja (prosječna) potrošnja

$Q_{god}$  - vrijeme nabave

$D$  - broj radnih dana u godini

$$Z_{min} = Q_{dn} * V_{nab} \text{ ili } Z = (Q_{god} * V_{nab}) / D \quad (1)$$

### 2.2.2 Maksimalne zalihe

Maksimalna zaliha definira se kao gornja granica količine robe u skladištu iznad koje nije dopušteno u određenom razdoblju nabavljati robu. Poslovanje uz maksimalne zalihe nije neopravdano kada proizvodnja ili narudžbe kupaca osciliraju tijekom godine pa se poduzeće držanjem maksimalnih zaliha osigurava od nestašice robe. Previsokim zalihama smanjuje se ekonomičnost poslovanja jer rastu troškovi skladištenja i držanja zaliha. Također, postoji opasnost od zastarijevanja, kvarenja ili gubitka materijala na zalihama. Takvo poslovanje vrlo lako može za posljedicu imati osnovni problem prilikom skladištenja zaliha, a to je pojava nekonkurentnih, preko normnih i nedostatnih zaliha. Vrijednost maksimalnih zaliha računa se prema formuli:[9]

$$Z_{max} = (\text{Vrijednost najveće planirane prodaje} * \text{norma dani}) / \text{broj dana razdoblja za koje se traži max zaliha} \quad (2)$$

### 2.2.3 Optimalne zalihe

Svakoј strategiji upravljanja zalihama odgovaraju određeni troškovi, pri čemu optimalna strategija osigurava minimum određenih troškova. Pojam optimalna označava razinu zalihe koja omogućuje nesmetano odvijanje poslovanja uz najniže troškove. Pri računanju optimalnih količina zaliha u obzir se uzimaju troškovi nabave, troškovi dopreme, troškovi skladištenja i troškovi zaliha. Troškovi nabave uključuju troškove kupnje, troškove konverzije i druge troškove nastale u procesu dovođenja zaliha u prezentirano stanje i na trenutnu lokaciju. Troškovi kupnje obuhvaćaju kupovnu cijenu, carinu, porez, troškove prijevoza, troškove čuvanja i rukovanja i sve druge troškove koji se mogu dodati troškovima nabave umanjene za diskonte, rabate i subvencije. Troškovi konverzije obuhvaćaju troškove kupnje i troškove koji nastaju zbog dovođenja zaliha na sadašnju lokaciju i u sadašnje stanje. Da bi se pronašla optimalna narudžba potrebno je proučiti nivo zaliha u funkciji vremena. Preduvjet za optimiranje zaliha je klasifikacija robe, odnosno određivanje one koja stvara najniže troškove. Vrijednost optimalne zalihe računamo prema formuli:[2]

$Z_{opt}$  - optimalna zaliha

P - dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda izražena u količini i vrijednosti

R1 - rezerva kojom se na temelju procjene povećava dnevna ili mjesečna planska prodaja

V - normirani broj dana ili mjeseci između vremena naručivanja i isporuke

R2 - rezerva kojom se, na temelju procjene, povećava normirani broj dana ili mjeseci zbog teškoća u isporuci

$$Z_{opt} = (P + R1) * (V + R2) \quad (3)$$

### 2.2.4 Prosječne zalihe

Količina prosječnih zaliha najčešće se računa za vremensko razdoblje od godinu dana. Kao što joj ime govori, prosječna zaliha je prosječna količina zaliha koju poduzeće drži i kojom raspolaže u određenom vremenskom razdoblju. Vrijednost prosječne zalihe računamo prema formuli: [9]

$$Z_{prosj} = (\text{početno stanje} + \text{konačno stanje}) / 2 \quad (4)$$

### 2.2.5. Sigurnosne zalihe

Sigurnosna zaliha može biti definirana kao određena količina robe na zalihama za udovoljavanje potreba u slučaju povećane potražnje, u slučajevima kašnjenja isporuka ili neispravnih isporuka te ako je zbog gubitaka i krađa stvarna zaliha manja nego što je pokazuju podaci u evidenciji. Sigurnosna zaliha služi za zaštitu poslovanja od rizika. Uz nepostojanje iste često dolazi do 5 smetnji ili zastoja u odvijanju procesa reprodukcije. Optimalno rješenje kod količine sigurnosne zalihe je izjednačenje troškova skladištenja i zaliha s troškovima nedostatne zalihe. Pokretanje narudžbe slijedi u onom trenutku kada razina zaliha dostigne točku ponovne nabave. Ukoliko se potražnja ne poveća za vrijeme isporuke, neće biti potrebno koristiti sigurnosnu zalihu. Međutim, ako bi se potražnja ipak povećala, tada bi došlo do potrošnje sigurnosne zalihe, sukladno čemu bi sljedeća narudžba trebala biti veća. Veličina sigurnosne zalihe ovisi o razini usluge koja želi biti održavana. Vrijednost sigurnosne zalihe računamo prema formuli: [10]

$S_s$  - sigurnosna zaliha

z - faktor sigurnosti ili razina u %

$\sigma$  - standardna devijacija

L - vrijeme isporuke

$$S_s = z * \sigma * \sqrt{L} \quad (5)$$

### **2.1.6. Špekulativne zalihe**

Na tržištu se događaju promjene u cijenama proizvoda ovisno promjene u njihovoj potražnji ili dostupnosti. Cijene proizvoda često rastu u slučaju nestašice ili povećane sezonske potražnje tog proizvoda. Nakon što poduzeća prognoziraju potencijalni porast cijena nekog proizvoda odlučuju se držati veću količinu zaliha tog proizvoda kako bi ostvarili povećan profit. Takve zalihe zovu se špekulativne zalihe. Veće količine zaliha znače i veće troškove držanja zaliha. Zato, kada poduzeće planira držati špekulativne zalihe ono očekuje da će dodatan profit ostvaren prodajom tih proizvoda biti veći od povećanih troškova držanja veće količine špekulativnih zaliha.

### **2.2.7. Sezonske zalihe**

Sezonske zalihe su određena količina zaliha koja se prikuplja u sadašnjosti zbog prodaje u budućem periodu (u sezoni) u kojemu će potražnja za određenom robom ili proizvodom biti povećana. Sezonske zalihe su oblik špekulativnih zaliha zbog čega jednako kao i kod špekulativnih zaliha točnost predviđanja potražnje mora biti vrlo visoka kako poduzeće ne bi ostvarilo gubitke zbog visokih troškova držanja velikih količina zaliha. Primjer sezonskih zaliha su primjerice zalihe sladoleda zbog pretpostavke da će potražnja za sladoledom u periodu između lipnja i rujna biti povećana.

### **2.2.8. Nekurentne zalihe**

Roba koja iz određenih razloga nije prodana u planiranom razdoblju te za njom više nema potreba na tržištu tretira se kao nekurentna roba. Ti razlozi mogu biti loše predviđanje potražnje, prevelika narudžba zbog jeftine cijene, loša procjena tržišta itd. Takvu robu je potrebno negdje skladištiti, što generira troškove. Roba samim stajanjem gubi na vrijednosti. Nakon određenog vremena vrijednost robe manja je od ukupnih troškova nastalih pri manipuliranju istom, te se sukladno tome svrstava u grupu nekurentnih ili mrtvih zaliha.



### 3. Postupci planiranja zaliha

Svaka organizacija, koja se bavi proizvodnjom, prodajom i prometom proizvoda, mora imati veliku hrpu zaliha. Na primjer, organizacije koje se bave proizvodnjom mogu držati zalihe sirovina, rezervnih dijelova i gotovih proizvoda. Trgovačka društva, s druge strane mogu imati zalihe gotovih proizvoda u odnosu na model koji posao preuzima. Očito svi sektori u organizaciji trebaju imati svoje aplikacije inventara koja se odnose na proizvode koji se proizvode, prodaju ili čak i kupuju. Planiranje zaliha odnosi se na proces koji svaka organizacija usvaja za određivanje optimalne količine, kao i vremena, s jedinim ciljem usklađivanja planova s kapacitetom organizacije za proizvodnju i ostvarivanja prodaje. Planiranje zaliha obično utječe na tvrtku u više načina. Na primjer, to izravno određuje novčani tok svake organizacije i njenih profita s obzirom na one koji imaju više od oslanjanja na brzim prometa materijala i robe. Očito, planiranje zaliha je važan aspekt za bilo koji poslovni uspjeh. Poslovni vlasnici i menadžeri uzimaju u obzir planiranje zaliha, jer stvaraju poslovne prognoze koje osiguravaju koliko treba proizvoda isporučiti, te opskrbu kupaca kako bi se zadovoljila potražnja na tržištu. Funkcija upravljanja zalihama jest podrška poslovnim aktivnostima te ima tri cilja. Prvi cilj jest usluga korisniku koja se može promatrati ovisno o vrsti potražnje. Roba može biti dostupna na polici, a može postojati i očekivano i zahtijevano vrijeme isporuke. Drugi cilj je trošak zaliha koji traži minimalnu količinu novca potrošenog na zalihe, dok je treći cilj operativni trošak kojeg je potrebno što je moguće više smanjiti. Navedeni su ciljevi fokus u upravljanju zalihama u kojemu je potrebno optimizirati ravnotežu upravo između ta tri cilja, gdje će, ako je ta ravnoteža bolja, profit za poduzeće biti veći.[11]

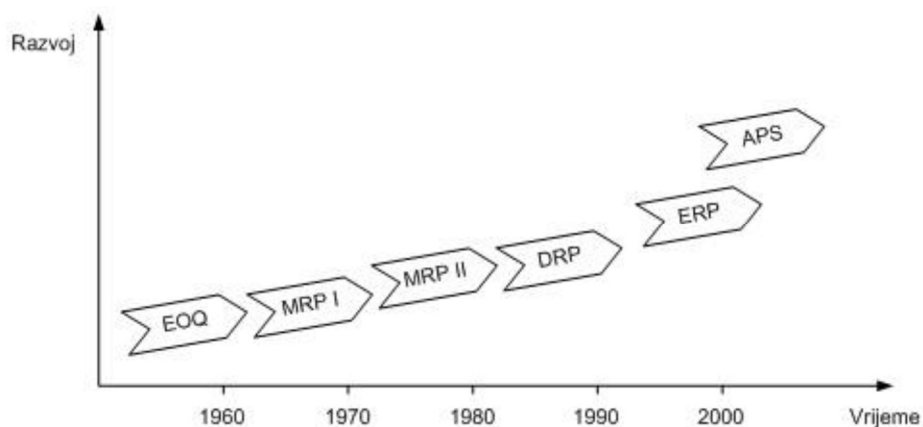
Osnovna zadaća logistike jest upravljati aktivnostima gospodarskog subjekta. Jedno od područja unutar kojih se odvijaju logističke aktivnosti su zalihe. U slučaju promjenjive potražnje držanje visokih razina zaliha osigurava pravovremeno ispunjavanje obaveza prema kupcima. Međutim, veća količina zaliha znači i veći trošak, a kako bi se uspješno održao visok stupanj efikasnosti, trošak zaliha trebao bi biti što manji. [4] Veliki distributeri planiraju nabavu sofisticiranim programima za planiranje prodaje, dok mala poduzeća rijetko planiraju prodaju. Ravnoteža prodaje i zaliha može bitno utjecati na poslovanje poduzeća. Ukoliko se zalihe nagomilavaju, postoji mogućnost da će roba propasti ili možda više nije aktualna i teško će biti prodana. Dobar balans količine zaliha i prodaje omogućuje poduzeću manji rizik gubitka vrijednosti. Procesi planiranja najčešće su podijeljeni u tri razine:

1. Strateško ili planiranje na visokoj razini
  - Planiranje najčešće na godišnjoj razini
2. Taktično (provedbeno) ili planiranje na srednjoj razini
  - Mjesečno ili kvartalno planiranje
3. Operativno ili planiranje na najnižoj razini

- Najčešće uključuje izradu rasporeda, preraspodjelu ili samo izvršavanje
- Izrađuje se dnevno, tjedno ili u svakoj smjeni

Optimizacija planiranjem može dovesti do velikih promjena u poduzeću kao što su smanjenje zaliha, kvalitetnije korisničke usluge, povećanje iskorisćenosti imovine, povećan profit poduzeća. Pravilno planiranje optimizira cjelokupni distributivno lanac.[10]

Razvoj logistike i upravljanja zalihama bio je neophodan za poduzeća koja su shvatila koliko gube kada imaju prevelike ili premale zalihe, tj. kada nemaju optimizirane zalihe. Za primjer, prema nekim od istraživanja maloprodavatelji gube deset do dvadeset i pet posto dobiti upravo zbog lošeg upravljanja zalihama. Razvojem logistike, s vremenom su razvijeni i različiti modeli planiranja odnosno upravljanja zalihama. Zalihe se mogu planirati različitim modelima koji se najčešće dijele u dvije skupine. To su tradicionalni modeli planiranja ili upravljanja zalihama i suvremeni modeli planiranja ili upravljanja zalihama



Slika 3. Razvoj modela planiranja zaliha, [2]

Slika 3. prikazuje kako su se tijekom godina razvijali modeli za planiranje i upravljanje zalihama. Pojedini modeli biti će objašnjeni u nastavku rada.

### 3.1 Tradicionalni model

Prvi model za utvrđivanje optimalne količine narudžbe postavljen je još 1915. godine.[13]. Postavio ga je F. Harris, rješavajući optimalnu količinu narudžbe. Model je statičan i vrlo jednostavan. Temelji se na pretpostavkama da je potražnja za robom ravnomjerna i unaprijed poznata, da se roba naručuje po isteku zaliha, stiže na vrijeme i naručuje se u jednakim vremenskim razdobljima te da se ne uzimaju u obzir nikakva ograničenja kao što su primjerice veličina skladišta, raspoloživi financijski resursi i slično. F. Harris je napravio najstariji i relativno jednostavan model nakon kojeg se razvio veliki broj novih modela za planiranje zaliha. Zbog razvoja logistike i same teorije zaliha, broj modela za

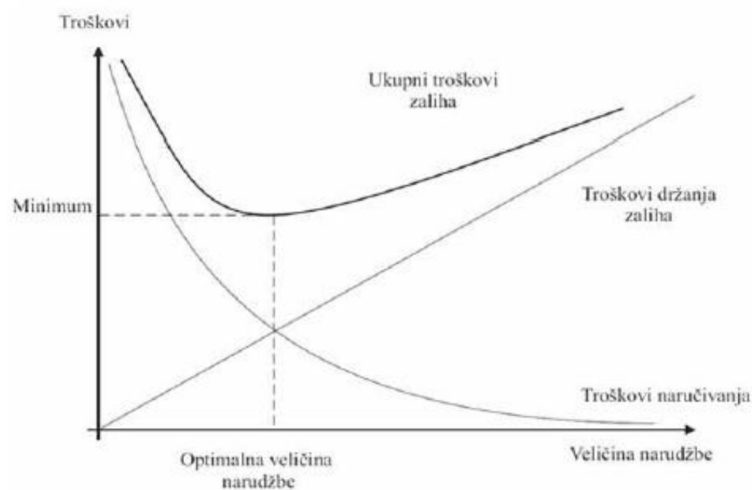
planiranje zaliha danas je toliko velik da je teško odrediti njihovu jedinstvenu klasifikaciju. Tradicionalni sustav planiranja i kontrole zaliha zasniva se na ekonomičnoj količini narudžbe koja se realizira odjednom kako bi se troškovi zaliha sveli na minimum.

### 3.1.1. Model ekonomske količine nabave - EOQ

Model ekonomske količine nabave jednostavan je za primjenu i temelji se na sljedećim pretpostavkama:

1. Potražnja je poznata, konstantna i neovisna
2. Vrijeme isporuke (vrijeme koje prođe od narudžbe do primitka robe) je poznato i konstantno
3. Prijem zaliha je trenutni i sveukupan
4. Količinski popusti nisu mogući
5. Jedine dvije vrste troškova u modelu su troškovi nabave i troškovi držanja zaliha
6. Nedostatak zaliha može biti u cijelosti izbjegnuto ako se narudžba izvrši u pravo vrijeme.[12]

Potrebno je optimirati narudžbe, tako da ukupni troškovi sastavljeni od troškova realizacije narudžbi i troškovi čuvanja zaliha budu najmanji, a da se ni u jednom trenutku ne pojavi manjak robe. Ovo je krajnje pojednostavljena verzija stvarnog stanja. Međutim, zaključci koji proizlaze iz analize ovakvog modela pomažu u ostvarenju djelotvorne politike zaliha složenih, realnih problema. Budući da se narudžba realizira trenutno, lako je primijetiti kako optimirana politika zaliha ovakvog modela pretpostavlja nalog za novom narudžbom tek u trenutku kada zalihe padnu na nulu. Ovim se postiže smanjenje troškova skladištenja. Da bi se pronašla optimalna narudžba, treba promotriti nivo zaliha u funkciji vremena. EOQ model planiranja zaliha definiran je kao optimalna količina nabave kojom se minimiziraju ukupni varijabilni troškovi u nabavi i držanju zaliha te on pokazuje odnose između cijena nabavljanja (narudžbe) i čuvanja robe. Dakle, cilj ovog modela je svesti troškove nabave, dopreme, skladištenja i zaliha na minimum.[2]



Slika 4. Kretanje troškova zaliha robe u jedinici vremena, [2]

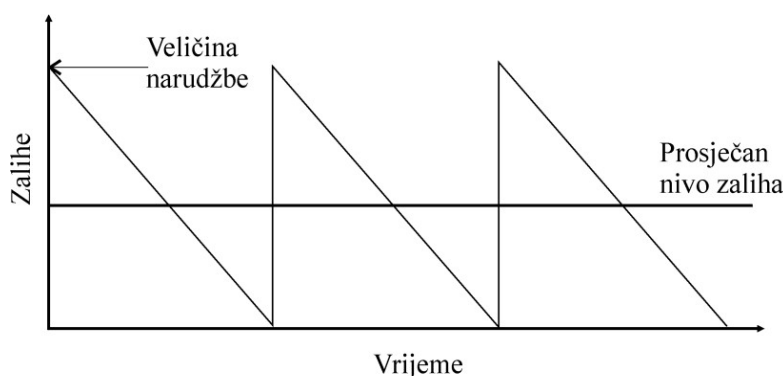
Iz slike 4. vidljivo je kako troškovi naručivanja padaju s količinom naručene robe. Što je veća količina naručene robe manju su troškovi naručivanja. Suprotno troškovima naručivanja troškovi držanja zaliha rastu sukladno porastu količine robe koja se skladišti.[14]

Matematički obrazac za ekonomičnu količinu nabave:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{Ch}} \quad (6)$$

Gdje je D potražnja u određenom vremenu,  $C_o$  jedinični trošak nabave, a  $Ch$  trošak držanja zaliha. Trošak držanja zaliha je umnožak godišnje stope troška držanja zaliha  $H$  i jediničnog troška robe na zalihama odnosno jedinične cijene artikla  $C$ .

Potrebno je optimizirati narudžbe, tako da ukupni troškovi sastavljeni od troškova nabave i troškova držanja zaliha budu minimalni, a da se u niti jednom trenutku ne pojavi manjak robe. Ako se naruči više nego je potrebno pojavit će se nepotrebni troškovi držanja zaliha, a ako se naruči manje od potrebnog dolazi do problema u poslovanju odnosno do nedostatka zaliha. Stoga je potrebno pronaći optimalnu narudžbu. Tradicionalni sustav je prikladan kad je potražnja konstantna tijekom godine, tj. kad nema sezonskih oscilacija.



Slika 5. Kretanje zaliha s vremenom, [5]

Vrijeme između dviju obnova zaliha naziva se nabavnim ciklusom. Ako vrijeme ciklusa jednako  $T$ , tada su troškovi zaliha unutar jednog ciklusa:

$$\text{Troškovi ciklusa} = K + \frac{h \cdot T \cdot Q}{2} \quad (7)$$

U jednadžbi prvi član  $K$  predstavlja fiksne troškove realizacije jedne narudžbe, a drugi član je produkt jedinične dnevne cijene skladištenja  $h$ , prosječne razine zaliha  $Q/2$  i vremena ciklusa  $T$ , koji predstavlja trošak čuvanja zaliha u toku jednog ciklusa. Budući se nivo zaliha mijenja od  $Q$  na početku ciklusa do 0 na njegovom kraju, a potražnja je konstanta i iznosi  $D$  po jedinici vremena, mora biti  $Q = T \cdot D$ .

### 3.1.2. Model ekonomske količine proizvodnje - EPQ

Za razliku od ekonomične količine naručivanja pri kojoj količina robe stiže odjednom u jednoj pošiljci, u modelu ekonomične količine proizvodnje (EPQ) zalihe se pune određenom

brzinom. Primjenjuje se u ponajviše u proizvodnim djelatnostima. EPQ model podrazumijeva da poduzeće samo proizvodi gotove proizvode za koje naručuje materijal ili na pola gotove proizvode. Poduzeće zatim gotove proizvode distribuira te istovremeno može zaprimati nove narudžbe dok je proizvod u procesu proizvodnje. Ako je kapacitet opreme „p“ veći od brzine kojom se proizvod dalje distribuira, u nekom trenutku će trebati prestati s proizvodnjom jer bi se u protivnom zalihe gomilale. No, i to uključivanje i isključivanje strojeva ima svoju cijenu. Ekonomična količina proizvodnje  $Q^*$  minimizira sumu troškova pokretanja strojeva i troškova držanja zaliha po periodu. [15]

### 3.1.3 Točka ponovnog naručivanja - R

Pomoću EOQ i EPQ modela dolazi se do saznanja kolika je optimalna količina koju je potrebno naručiti u nekom proizvodnom procesu, međutim potrebno je znati i kada naručiti tu količinu robe. Roba se naručuje kada količina trenutnih zaliha padne na razinu  $R$ , odnosno kada padne na točku ponovnog naručivanja. Određivanje točke ponovnog naručivanja ( $R$ ) zasnovano je na procjeni one količine zaliha koja će biti utrošena od trenutka puštanja narudžbe do trenutka u kojemu isporučena količina stigne u skladište (odnosno, na zalihe). Procjena obuhvaća dva važna faktora, [14]. Prvi faktor je vrijeme koje je potrebno za izvršenje narudžbe, a zatim je važan i utrošak dane pozicije zaliha u tom vremenskom intervalu. Točka ponovne nabave( $R$ ) je pozicija odnosno razina zaliha pri kojoj se radi nova narudžba, a računa se kao umnožak vremena isporuke  $L$  i potražnje  $D$ , ako se računa bez sigurnosnih zaliha:

$$R = L \cdot D \quad (8)$$

### 3.1.4. Sustav periodičnog naručivanja

U periodičnom sustavu nadgledanja ili POQ modelu vrijedi drugi princip. Tu se zalihe ne nadgledaju svaki dan nego periodično. Na kraju svakoga perioda  $P$  pregledaju se i prebroje zalihe i naruči ona količina koja je potrebna da se napuni skladište, odnosno da se skladište napuni do ciljane razine zaliha. Model fiksnog perioda ili POQ model ima neke druge pretpostavke, tj. kod njega ne postoji kompromisna odluka i pretpostavlja se da su ukupni troškovi samo troškovi držanja zaliha (trošak narudžbe  $S$  je zanemariv). Kao i kod EOQ modela pretpostavlja se da se može računati na vrijeme dostave, tj. daje ono poznato i konstantno.

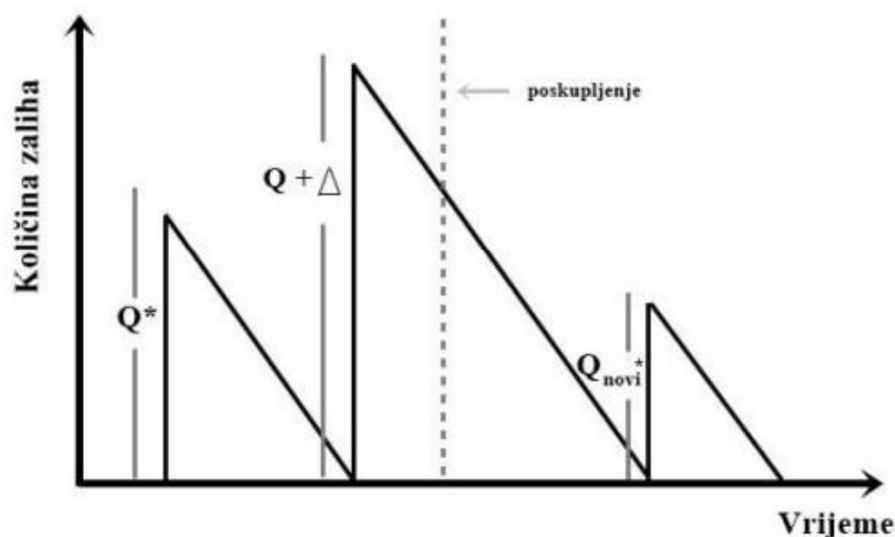
Prednost tog modela je što nije potrebno dnevno nadgledati zalihe, ne mora se voditi evidencija o zalihama svaki put kad se nešto uzme sa skladišta. Stanje zaliha utvrdit će se kada dođe trenutak  $P$ , prebroji se stanje na skladištu, te naruči količina koja nedostaje do punog skladišta.

Taj se model obično primjenjuje kada nema zaposlenika koji je zadužen samo za nadzor zaliha nego je to zaposlenikov dodatni posao. Taj je sustav upravljanja zalihama jednostavniji, ali primjenjiv za jeftinije proizvode jer se kod skupih proizvoda ne želi izgubiti

podatak o stanju zaliha. Problem kod periodičnog modela je što nema signala, kao što je R (točka ponovnog naručivanja kao u EOQ i EPQ modelu), pa se može dogoditi da unutar perioda P netko povuče veću količinu sa skladišta i dođe do nestašica. Zbog toga se u tom modelu obično drže veće sigurnosne zalihe, koje si poduzeće može dopustiti samo ako se radi o jeftinijim proizvodima. Vrlo često se ciljne zalihe postavljaju u skladu s ograničenim skladišnim prostorom kojim se raspolaže. Ali preporučuje se, ako je moguće, da se proračunaju Q i T iz EOQ modela i prema njima odredi ciljna zaliha i period P kad se narudžbe plasiraju.[15]

### **3.1.5. Model špekulativne kupnje**

Promjene cijena su učestale pa se i taj slučaj treba razmotriti. Analiza koja je rađena pri popustu na količinu svodi se na pitanje je li cjenovna razlika koja se ostvaruje veća od transakcijskih troškova i troškova držanja zaliha. Slično se događa ako se unaprijed zna da će se cijena povisiti. Pitanje je koliko više naručiti prije nego što cijena poraste, uzimajući u obzir da će pri tome porasti troškovi držanja zaliha. Jedna jedinica više naručena (ili obratno, jedna jedinica manje u slučaju sniženja cijene) smatra se spekulativnim zalihama, jednom od vrsta zaliha koja je spomenuta u početku ovog poglavlja. Pri normalnim uvjetima naručila bi se optimalna količinu  $Q^*$ , međutim kad se plasira narudžba neposredno prije poskupljenja, potrebno je proračunati koliko više naručiti kako bi se uštedjelo što više novca. Pronalazak pristupa koji daje odgovor na to nije nešto novo ako se uzmu u obzir prethodni primjeri. Zna se daje korisno dodati još koju jedinicu u zadnju narudžbu prije nego što se cijena povisi, ako trošak te dodatne jedinice nije veći od prosječnih troškova pod tom cjenovnom strukturom. Jednako tako, može se procijeniti prosječne troškove pomoću nove strukture cijena (analiza optimalne količine s cjenovnim razredima pokazala je kako se određuje optimalna količina u ovisnosti o troškovima). Treba naći jednadžbu koja će prikazivati cijenu te dodatne jedinice prije nego što cijena poraste.[16]



Slika 6. Profil ekonomične količine naručivanja kod poskupljenja robe,[14]

Na slici 5. prvo je prikazana ekonomska količina proizvoda u slučaju predviđanja potencijalnog poskupljenja cijene tog proizvoda. Kada se nakon špekulativne kupnje formira nova narudžba ona će biti količinski manja zbog poskupljenja cijene proizvoda.

Prije poskupljenja cijene proizvoda naručeno je  $\Delta$  više jedinica, pa će te zalihe trajati:  $(Q+\Delta)/D$ , [14]. Trošak držanja zalihe dodatne jedinice prije poskupljenja  $C_h$  je kao i kod EOQ modela suma troška držanja zaliha  $H$  i nabavne odnosno jedinične cijene artikla  $C$ .

### 3.2. Suvremeni modeli planiranja zaliha

Što se tiče suvremenih modela upravljanja zalihama unaprijed je poznat plan proizvodnje, odnosno prodaje, određeni su normativi utroška materijala za svaki proizvod. Oni su zapravo nadogradnja tradicionalnih modela. Danas postoji mnogo takvih sustava i razvijaju se na dnevnoj razini. Uvode se u sve veći broj tvrtki zbog lakšeg i efikasnijeg poslovanja. Najpoznatiji modeli upravljanja zalihama su model planiranja materijalnih potreba ili MRP I (Material Requirement Planning), planiranje materijalnih resursa ili MRP II (Manufacturing resource planning), planiranje resursa distribucije ili DRP (Distribution Resource Planning), planiranje resursa poduzeća ili ERP (Enterprise Resource Planning) i sustav „točno na vrijeme“ ili JIT (Just in time).

#### 3.2.1. Planiranje potreba za materijalom - MRP I

MRP I ili model planiranja materijalnih potreba nastao je u SAD-u šezdesetih godina prošlog stoljeća s ciljem uspješnijeg upravljanja nabavom materijala potrebnog za proizvodnju.

MRP počinje određivanjem količine proizvoda koje kupci potražuju i kada žele da im budu isporučeni. Zatim se određuje vremenski plan izrade i potrebna količina sirovina za proizvodnju traženih proizvoda.

Glavni nedostatak je usmjerenost na materijal uz zanemarivanje ostalih resursa proizvodnje. Stavlja se naglasak na kapacitet. Međutim, kada se unutar poduzeća usvoji ovaj model, tada se podaci nadopunjavaju potrebnim brojem sati rada, troškovima materijala, troškovima kapaciteta i drugim resursima. Kada se MRP model koristi na ovaj način tada se govori o modelu MRP II.

MRP I ima tri temeljna cilja: osigurati dostupnost materijala, dijelova, poluproizvoda, gotovih proizvoda za proizvodnju i isporuku kupcima; uspostavu najmanje moguće razine zaliha te izradu plana proizvodnih aktivnosti, rasporeda isporuka i nabavnih aktivnosti. Dakle, MRP I model ne zasniva se nužno na upravljanju i optimizaciji zaliha materijala već se zasniva optimalnom protoku postojećih materijala i potrebnih materijala koji se tek trebaju naručiti.[14]

MRP sustav sastoji se od nekoliko podsustava, a najvažniji za temu koja se izlaže u radu su:

1. Sastavnica – daje odgovor od čega se sastoji gotov proizvod, izrađuje se hijerarhijski od zadnjeg roka gotovosti finalnog proizvoda (iz glavnog plana proizvodnje).
2. Skladišna evidencija – podaci o zalihama pojedinih materijala ili proizvoda. Ona pored šifre materijala sadrži i ostale informacije o zalihama poput vrijeme nabave, ulaz i izlaz materijala, količinu materijala na skladištu, količinu koja je naručena, nabavnu cijenu.
3. Plan proizvodnje – plan proizvodnje služi da odredimo gotove proizvode, sirovine i materijale prema vrsti, količini i vremenu kada se trebaju proizvesti da bi se na vrijeme po količini i kvaliteti isporučili kupcu.
4. Planiranje kapaciteta – da bi MRP sustav bio pod kontrolom, podsustav planiranja kapaciteta mora se držati pod kontrolom. Na temelju njega kontrolira se točnost i usklađenost plana s mogućnostima.
5. Nabavljanje – tu se vidi važnost MRP sustava. Na temelju podataka koji proizlaze iz sustava, dolazi se do stvarnih količina materijala koji su potrebni proizvodnji u određenom vremenu.
6. Izdavanje naloga – cilj ovog podsustava je da izdaje naloge u proizvodnju i da upravlja tim nalogima kroz tvornicu kako bi se izvršili na vrijeme.

Model planiranja materijalnih potreba ima tri temeljna cilja:

- Osigurati dostupnost materijala, dijelova, poluproizvoda, gotovih proizvoda za proizvodnju i isporuku kupcima,



- Uspostavu najmanje moguće razine zaliha,
- Izradu plana proizvodnih aktivnosti, rasporeda isporuka i nabavnih aktivnosti.

Osnovna je funkcija MRP-a garantiranje dostupnosti potrebnog materijala MRP se koristi da bi se planirala nabava ili potrebne količine repromaterijala na vrijeme za internu upotrebu, ugradnju, proizvodnju ili distribuciju. Taj proces uključuje praćenje stanja zaliha i automatsko kreiranje narudžbenica za kupnju repromaterijala, proizvodnju određenog poluproizvoda ili njegova dijela. Funkcionirajući na taj način MRP pokušava postići ravnotežu.[14]

### **3.2.2. Model planiranja materijalnih resursa - MRP II**

MRP I model se ne zasniva nužno na planiranju držanja zaliha materijala niti troškovima njihovog držanja nego se zasniva na optimalnom protoku postojećih materijala i materijala koji se tek trebaju naručiti. Međutim, podaci o materijalima i zalihama se mogu nadopuniti podacima o potrebnim resursima. To mogu biti podaci o troškovima držanja materijala/zaliha te podaci o trošku radne snage ili izrade određenog proizvoda. Kada se MRP model koristi na ovaj način tada se govori o modelu MRP II (eng. Manufacturing Resource Planning) planiranja resursa proizvodnje. Poduzeća MRP II modelom mogu integrirati financijske i operativno logističke planove. Na temelju proizvodnog programa MRP II izračunava unatrag od datuma isporuke kako bi odredio koji je kapacitet potreban u kojoj količini i kojem trenutku kako bi poduzeće moglo isporučiti narudžbe na vrijeme tj. u roku.[2]

Koristi koje donosi MRP II su:

- Poboljšana usluga: kraće vrijeme isporuke, mogućnost točnijeg predviđanja vremena isporuke,
- Manja ulaganja u zalihe,
- Eliminiranje kašnjenja nabave i rizika nedostatka zaliha,
- Pouzdano vremensko planiranje,
- Veća efikasnost ukupnog sustava proizvodnje.

Problemi koji se mogu pojaviti prilikom korištenja MRP II sustava su: [15]

- Smanjena točnost, preciznost i ažurnost
- Visoka početna ulaganja.

### **3.2.3. Planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije - DRP**

Počeli su se razvijati sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Osamdesetih su postali standardni model u planiranju i kontroli distribucije.

Temelje se na prognoziranju potražnje stoga se najčešće koristi metoda pomičnog prosjeka koja se temelji na prosječnoj potrošnji ili prodaju u nekoliko vremenskih intervala, pa se taj prosjek uzima u prognoziranju potražnje. DRP modeli omogućavaju da se poboljša servis isporuke, smanjuju troškovi transporta i poboljšaju operacije u distribucijskim centrima.

DRP modeli razvijaju projekciju za svaki proizvod na zalihama i temelje se na: 1) predviđanju potražnje za svakim proizvodom pojedinačno, 2) trenutnoj razini zaliha svakog proizvoda, 3) ciljanim sigurnosnim zalihama, 4) preporučenoj količini popunjavanja, 5) vremenu isporuke. Ove informacije predstavljaju temelj za određivanje zahtjeva za popunjavanjem. Da bi sustav bio efikasan nužno je razviti DRP tablice, koje se sastoje od različitih elemenata uključujući određeni proizvod, predviđanja potražnje, početnih zaliha, plana primitaka, plana narudžbi i sl.[15] DRP modeli se često koriste u kombinaciji s MRP modelima koja rezultira efikasnom integracijom cijelog sustava, nižim troškovima, itd

Tablica 1. DRP tablica za određeni proizvod regionalnog skladišta 1:  $Q=50$ ,  $SS=15$ ,  $LT=1$ ,[14]

	Trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
Očekivana potražnja		25	25	25	25	25	25	25	25
Ukupni zahtjevi		40	40	40	40	40	40	40	40
Početne zalihe		50	25	50	25	50	25	50	25
Raspored primitka		0	0	0	0	0	0	0	0
Neto zahtjevi		0	15	0	15	0	15		15
Plan primitka		0	50	0	50	0	50	0	50
Završne zalihe	50	25	50	25	50	25	50	25	50
Planirane nabavke		50	0	50	0	50	0	50	

Tablica 1. prikazuje kako DRP procedura započinje predviđanjem potražnje na razini malo prodavatelja. Podaci na svim drugim razinama izračunavaju se svaki za sebe. Tablica na razini regionalnog skladišta popunjava se tako da se najprije u nju unesu podaci o završnim zalihama te podaci prikupljeni od malo prodavatelja o predviđenoj potražnji za određeno vremensko razdoblje. Ukupni zahtjevi izračunavaju se kao zbroj očekivane potražnje i sigurnosnih zaliha. Početne zalihe su iste završnim zalihama s kraja prethodnog razdoblja. Neto zahtjevi predstavljaju razliku između ukupnih zahtjeva i početnih zaliha. Završne zalihe izračunavaju se tako da se zbroje početne zalihe i pristigle isporuke (plan primitka) te da se od njih oduzme očekivana potražnja. Vrijeme planiranih nabavki određuje se temeljem vremena isporuke i sigurnosnih zaliha. Planirane nabavke postaju ukupni zahtjevi na sljedećoj razini mreže. [14]

### 3.2.4. Planiranje resursa poduzeća - ERP

ERP model je novi koncept upravljanja zalihama koji se temelji na istoj logici kao i MRP I i MRP II. Razlika je u tome da je kod ERP modela uvedena informacijska i komunikacijska tehnologija. ERP model sadrži skupinu povezanih računalnih softvera koji povezuju sve funkcije poduzeća u jednu veliku integralnu cjelinu.

Cilj ERP sustava je osiguranje pravovremenih informacija o dobavi, proizvodnji, troškovima i isporukama proizvoda. ERP sustavi pružaju podršku kupcu, proizvodnji, smanjenju troškova, kontroli zaliha itd. te koordiniraju planove i termine procesa poslovnog sustava kako bi se na vrijeme mogli rasporediti resursi materijala/sirovina, zaposlenika, proizvodnih kapaciteta, financija. Razvojem interneta došlo je do mogućnosti trenutnog pristupa informacijama i razmjene podataka preko interneta zbog čega je ERP sustav dobio još više na važnosti i djelotvornosti. Došlo je do mogućnosti kontinuirane i nesmetane proizvodnje, lakše nabave sirovina u potrebnom trenutku, lakše optimizacije zaliha kao i olakšavanja svih ostalih procesa unutar poslovnog sustava jednog poduzeća. Uz ove prednosti ERP modela spadaju i brži obrtaji proizvodne imovine jer su uz pomoć ERP sustava procesi planiranja proizvodnje i nabave automatizirani pa se troškovi zaliha smanjuju do 40 posto. Također, u prednosti spada i povećanje zadovoljstva kupaca jer pružajući pravodobne informacije ERP sustav omogućuje povećanje ispunjenja narudžbi što rezultira zadovoljstvom kupaca, te spada i veća preciznost zaliha jer ERP modeli omogućuju točnost zaliha veću od 98 posto. Prednost ERP modela je i ušteda vremena kao i povećana kvaliteta proizvoda i pravovremena naplata jer ERP sustav može ispisivati listu dugovanja te blokirati isporuke proizvoda do podmirenja dugovanja, [14].



Slika 6. Prikaz modela planiranja resursa poduzeća, [14]

### 3.2.5. Upravo na vrijeme - JIT

Just in time“ model razvila je kompanija Toyota u Japanu u svrhu zadovoljenja potreba potrošača sa što manjim kašnjenjem. JIT model zapravo predstavlja američku verziju Kanban sustava. Na japanskom to znači "vremenski dobro planirano".

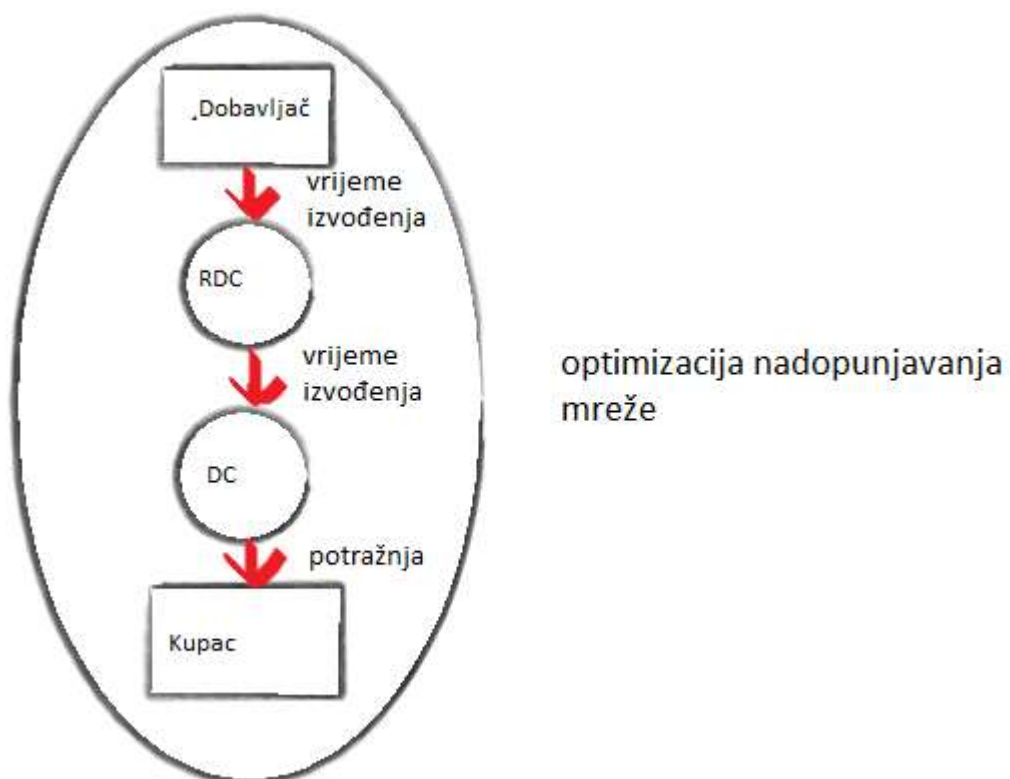
JIT model bazira se na držanju minimalnih količina zaliha te proizvodnje isključivo kada dođe do potražnje. Nužna je koordinacija i usklađenost svih subjekata unutar sustava. Zalihe trebaju biti dostupne poduzeću kad su potrebne, ništa prije, ništa kasnije. Ispravno korištenje JIT modela proizvodnje donosi povećanje kvalitete, efikasnosti, produktivnost i najvažnije smanjenju troškova.

JIT model funkcionira na način da proizvodi točno onoliko proizvoda koliko je potrebno, odnosno onoliko koliko tržište zahtjeva. Nema stvaranja zaliha i viška u proizvodnji. Skraćuje se vrijeme od narudžbe proizvoda do krajnje isporuke istog, a time se optimiziraju zalihe u cijelom opskrbnom sustavu. Skraćivanjem vremena proizvodnje smanjuju se sigurnosne, maksimalne i ostale zalihe što povećava poslovni prihod.[15]

## 4. Primjena više-ešalonske metode

Kako smanjiti količinu zaliha i do 20% unutar razdjelne mreže te istovremeno osigurati visoku uporabljivost koristeći više-ešalonsku metodu. Budući da je velika količina novca uložena u uskladištene zalihe, trošak se može pokušati srozati smanjivanjem količine zaliha, no to nije optimalno rješenje uzevši u obzir mogućnost neraspoloživosti određenih zaliha. Optimiziranjem inventara koristeći specijalizirani software sistem moguće ga je smanjiti i zadovoljiti zahtjeve kupaca. Kako bi se optimizacija pospješila kroz cijelu mrežu primjenjuje se više-ešalonska metoda; primjer kontrole zaliha i raspoređivanja narudžbi u sustavu s više trgovina, odnosno jedinica.[18]

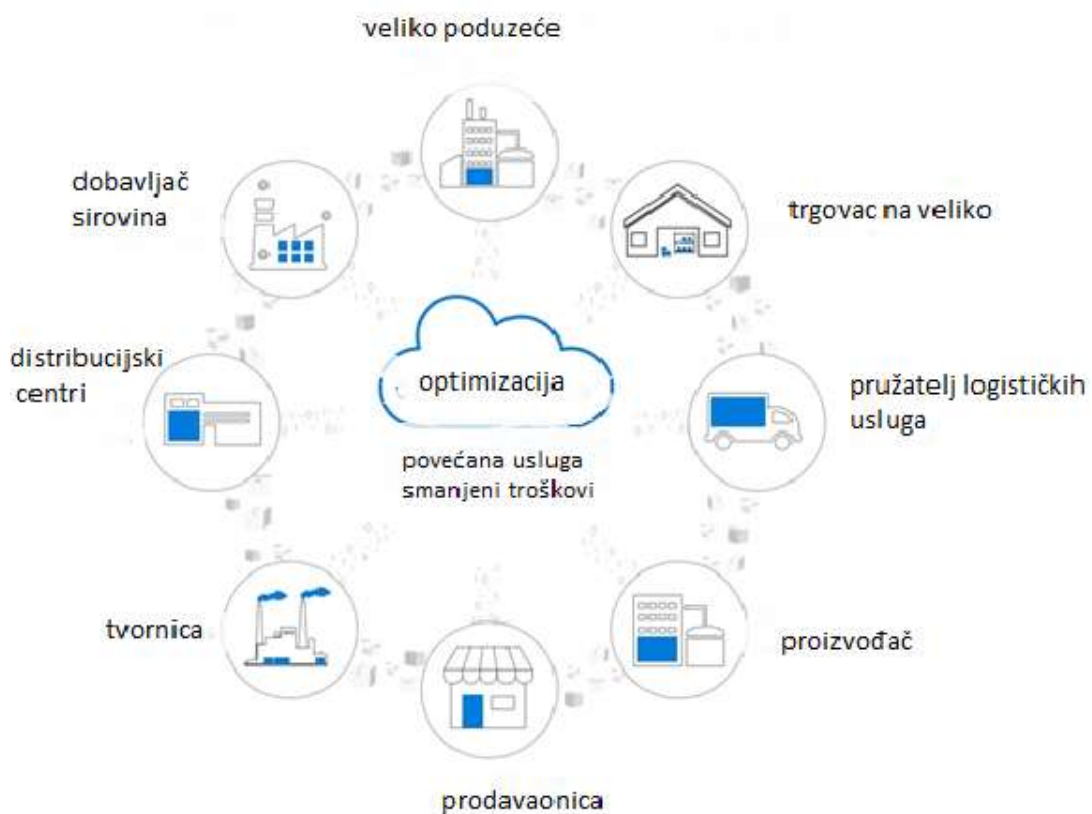
Više-ešalonska optimizacija zaliha prilagođava količinu stabilizacijske pričuve diljem cijelog opskrbnog lanca uzimajući u obzir složenu međuzavisnost faza i varijabli koja uzrokuje značajno prekoračenje zaliha. Prisutan je velik broj modela takve optimizacije upravo zbog zadanih ciljeva, različitih problema i tehnika. Za velika poduzeća upravljanje zalihama od tisuća proizvoda na tisućama lokacijama diljem svijeta može biti težak zadatak. Izazov raste ako su lokacije smještene na drugačijim područjima ili razinama u organizacijskom sistemu podjele dobara.



Slika 7. Više-ešalnoski pristup zalihama [17]

Slika 7 pokazuje kako su pogonske jedinice obaju ešalona čimbenici DC (single DistributionCenter) i RDC (regionalDistributionCenter) nadopunjavanja kojim se pospješuje optimizacija inventara.

Svrha više-ešalonskog rukovođenja inventara jest dostaviti krajnjim korisnicima željeno uz minimalno inventara razdijeljenog na različite ešalone. S fokusom usmjerenim primarno na inventar, transport i troškovi skladišnih operacija također su podmireni budući da su faktori njihovih troškova također dijelovi čitave optimizacije. Ovim pristupom, odluke glede pogonskih jedinica inventara donesene su na razini poduzeća unutar jedne provedbe optimizacije umjesto kroz slijed polu-primjena svake ešalone zasebno. Pogonske jedinice čine strategija naručivanja zaliha, učestalost preispitivanja nadopune između distributivnog i regionalnog distributivnog centra, te ciljna razina usluge. [19]



Slika 8. primjer optimizacije pomoću više-ešalonske metode [17]

Više-ešalonska metoda optimizacije inventara svojim metodama odvodi optimizaciju inventara korak dalje za proizvođače složenijih nabavnih lanaca kao u gornjem primjeru nalažući točno određene razine zaliha inventara u svakom stadiju nabavnog lanca dok istovremeno optimizira uravnoteženost inventara preko više-ešalona i lokacija.

Međutim, pri rukovođenju inventara više-ešalonskom metodom, neki od problema koji mogu nastupiti su: procjena potražnje regionalnog distributivnog centra, mjerenje odstupanja u potražnji, kako veće narudžbe od regionalnog distributivnog centra do nabavljača utječu na strategiju opskrbe za RDC SKU (StockKeepingUnits), koja je optimalna ciljna razina usluge

između regionalnog distributivnog centra i kupca koji je u ovom slučaju DC, kako raspodijeliti individualne DC inventarne pozicije unutar RDC nadopunjavajućeg koncepta, kako pogonske jedinice regionalnog distributivnog centra utječu na inventar i razine usluga na nivou DC-a, te primjerice, kako pri limitiranom iznosu zaliha unutar RDC-a raspodijeliti proizvod na više DC-a.

Budući da regionalni distributivni centar inventar puni preko SKU, odluke o nadopunjavanju svakog distributivnog centra moraju biti popraćene novim pitanjima zbog svojeg odnosa s internim dobavljačima, od kojih su neka; kako će ograničenost narudžbi nametnuta od strane regionalnog distributivnog centra utjecati na strategije za sigurnost opskrbe DC-a, kako koristiti regionalni distributivni centar za ubrzani postupak narudžbe, igra li vremensko ograničenje vanjskog dobavljača i dalje ulogu u strategiji nadopunjavanja distributivnih centara te kako će ta nadopunjavanja uz alternativne strategije naručivanja robe utjecati na regionalne distributivne centre. Bi li DC trebao imati istu razinu usluge dok je regionalni distributivni centar dostupan kao rezervni izvor za krajnje kupce kako bi se postigla ciljna razina uslužnosti s tim krajnjim kupcima.[19]

## 5. Studija slučaja

U ovom poglavlju prikazana je studija slučaja u kojoj se eksperimentira s predloženim sustavom distribucije zaliha. Kako bi se ocijenila i istražila performansa predloženog sustava, napravljena je simulacija s retrospektivnim podacima. U ovom poglavlju glavni problem fokusiran je na unaprijeđenju sustava raspodjele zaliha tvrtki i provjera prednosti mijenjanja jedno-ešalonske mrežne strukture na više-ešalonsku strukturu, zajedno s novom raspodjelom zaliha u sustavu upravljanja.

Usporedba performansi trenutnog i predloženog sustava je vrlo bitna u ovom radu. Stoga, umjesto korištenja generiranih podataka ili konstruiranja nekih alternativnih primjera, retrospektivni podaci se koriste za simulaciju. Na taj način, postojeći sustav i predloženi sustav se mogu usporediti u smislu mjera izvedbe sustava za distribuciju zaliha.

Problem koji se javlja jest utvrđivanje parametara upravljanja zalihama u sustavu i njihovo djelotvorno nadopunjavanje na regionalnoj razini skladišta pod ograničenjem prijevoza.

### 5.1. Podaci i parametri

Glavni problem u bilo kojem sustavu distribucije zaliha jest balansiranje između ukupnog iznosa troška sustava i razine usluge za krajnje kupce. Ukupni trošak za ovakav sustav se sastoji od troškova održavanja zaliha, troškova prijevoza i operativnog troška skladišta, dok se razina usluge može mjeriti u smislu količine ispunjene narudžbe od strane kupca i vremena odaziva prilikom isporuke naloga kupca.[20] Vrijeme odaziva je vrijeme koje prolazi između vremena obavljanja narudžbe od strane kupca do isporuke te narudžbe u skladište kupca.

Postoje i neke mjere izvedbe koje su specifične za problem koji se ovdje analizira: korištenje transportnih vozila, učinak prijevoza povezan s ograničenjima popunjavanja zaliha i odstupanje proizvodne narudžbe iz narudžbi kupaca, što rezultira pogrešnom smjesom količine robe na zalihima, su mjere izvedbe specifične za problem analiziran u studiji.

Kako je već ranije spomenuto, eksperimentiranje se vrši s retrospektivnim podacima. Podaci koji su korišteni su ostvareni prema dnevnim narudžbama distributera koje su vršene u periodu od početka 2002. godine do rujna 2005. godine. Narudžbe kupaca određene su u paketnim jedinicama, a podaci o potražnji se konsolidiraju prema zahtjevima kupoprodajnog skladišta sklopljenih u Buluru i Çölovu (2004) koji predstavljaju narudžbe distributera i lančanih tržišta kojima se služi isto regionalno skladište.

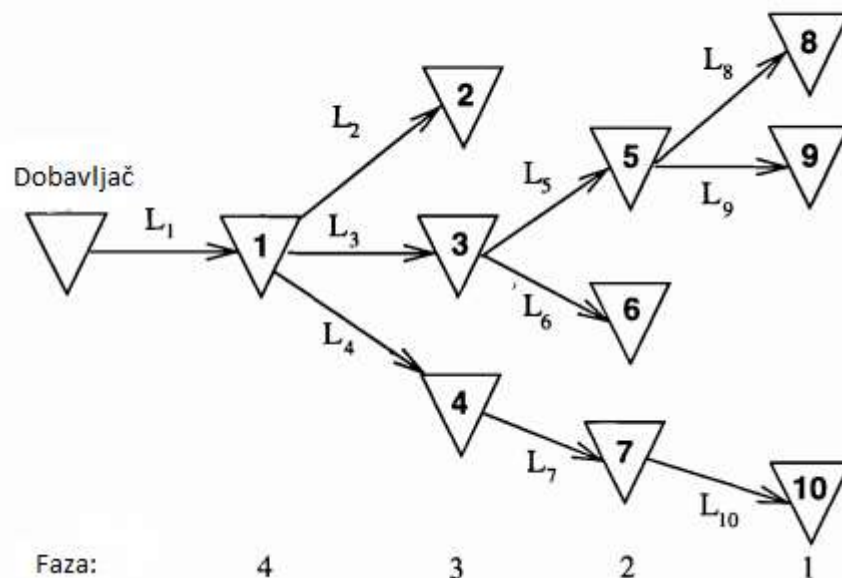
Zalihe se skladište na paleti u tvornici i regionalnim skladištima i prenose se iz običnih skladišta u regionalna skladišta. Jedinica koja se koristi u inventarnom popunjavanju je paleta, tako da matrica prikazuje broj paketa koji se nalazi na paleti za svaku zalihu. Međutim,



pošiljke koje idu od regionalnih skladišta do kupaca se izrađuju u paketima, kao što je i potražnja kupca izvršena u paketima. Kada se isporuka vrši u paketima, veoma je važan volumen tih paketa u kamionu, a ne njihov broj te se iz toga razloga dobiva volumen paketa svake zalihe. Kamioni s velikim kapacitetom koriste se za transport zaliha između skladišta i regionalnih skladišta te svaki ima kapacitet punjenja od 48 paleta, a regionalni kamioni koji se koriste za odlazni transport (pošiljke iz regionalnih skladišta do kupaca) imaju kapacitet od 36 paleta. Kamioni su plaćeni na temelju udaljenosti, te se oni sa velikim kapacitetom plaćaju 1,10 EUR/km, a redoviti 0,80 EUR/km. Za usporedbu prosječnog inventara, količina inventara bi trebala biti izražena u paletama, dok matrica prikazuje masu paketa svake zalihe. [20]

## 5.2. Eksperimentiranje sa predloženim sustavom bez troškovnih ograničenja

U jednokratnom diskretnom vremenu više-ešalonske inventure sustava gdje je svakoj skladišnoj jedinici dopušteno držati zalihi. Sustav ima strukturu u kojoj svako mjesto ima jedinstvenog dobavljača. To se odnosi na ove vrste sustava kao divergentni više-ešalonski sustav. Možete primijetiti da divergentni više-ešalonski sustav može biti opisan pomoću usmjerenog grafikona (vidi na primjer sliku 9). Glavno mjesto koje drži zalihe može vršiti naloge na vanjskom dobavljaču koji ima beskonačni kapacitet, što znači da je to dobavljač uvijek može zadovoljiti potražnju.



Slika 9. Shematski prikaz više-ešalonskog sustava zaliha, [20]

Zaliha u ovom više-ešalonskom sustavu kontrolira se periodičnim preglednim politikama. Prvo mjesto držanja zaliha daje nalog za nadopunjavanjem za  $R$  razdoblja. Redosljed nadopunjavanja stiže nakon  $L_i$  razdoblja, gdje  $L_i$  je fiksni, ne-negativni cijeli broj.

Tada je fizička zaliha na prvoj razini i odmah se dodjeljuje svojim sljedbenicima. Postoje dvije mogućnosti:

(I). Fizička zaliha dovoljna je za podizanje ešalonskog inventara za svakog sljedbenika. Tada se traženi iznosi šalju sljedbenicima i višak zaliha se čuva u spremištu  $i$  koji će biti dodijeljeni sljedeći put.

(II). Fizička zaliha nije dovoljna za postizanje redoslijeda. Zatim je potrebna racionalizacija materijala koju treba raspodijeliti na raspoloživu fizičku zalihu nad svojim nasljednicima na odgovarajući način. Za ovu svrhu uvodimo funkcije racioniranja u sljedećem odjeljku. Bez gubitka općenitosti pretpostavljamo da se samo krajnja zaliha suočava s vanjskim zahtjevima kupca

Sustav se pokreće zajedno sa svim pozicijama regionalnih skladišta za svaku zalihu jednako na razini određenoj za taj mjesec siječanj. Razdoblje preispitivanja traje sedam dana. ( $R = 7$  dana). Vremensko ograničenje za nadopunjavanje centralnih skladišta postojećih zaliha također je sedam dana ( $L_0=7$  dana) dok je vremenski rok za nadopunjavanje iz centralnih u regionalna skladišta jedan dan ( $L_i=1$  dan). Duljina vremenskog ograničenja i perioda preispitivanja jednaka je za sve SKU. Stopa punjenja u postojećim sustavima je 90 % za posljednjih dvanaest mjeseci. Da bi izvedba postavki parametara bila praćena sustav se simulira kroz vremenski period od početka 2003 do rujna 2005 bez ikakvih transportnih ograničenja. Simulacija sustava bez ikakvih ograničenja provodi se na idući način: Sustav započinje tako što su pozicije svakog regionalnog skladišta svakog SKU jednake graničnim razinama određenim za mjesec siječanj. Fizičke zalihe centralnog skladišta za svaki SKU postavljene su do maksimalne dostupnosti za taj SKU. To se postiže inicijalizacijom sustava. Sustav je postavljen prema sljedećim kriterijima:

Za svaku zalihu vrše se sljedeće radnje:

- Na početku svakog tjedna ( $R=7$ ) provjerava se datum i potpis parametara za kontrolu koji su postavljeni za skupinu u kojoj mjesec pripada. Provjerava se ešalonski inventar u centralnom skladištu. Centralno skladište daje nalog za povećanje svojih pozicija ešalonskog inventara do narudžbe razina  $S_{0j}$ . Taj nalog dolazi početkom nadolazećeg tjedna.
- Na kraju svakog dana pojavljuje se narudžba za svako regionalno skladište. Mreža zaliha regionalnih skladišta je obnovljena i stopa za taj dan je kalkulirana ako mreža zaliha postane negativna to znači da su negativne količine zaliha za nadolazeći dan.
- Na kraju svakog tjedna kalkulira se i evidentira prosječna stopa napunjenosti
- Mreže zaliha regionalnih i centralnih skladišta su ispitane i evidentirane nakon raspodjele zaliha centralnih skladišta na regionalna. Prosječan inventar u sustavu je ukupan iznos inventara u svim skladištima netom nakon raspodjele

- Na kraju retrospektivne simulacije kalkulira se usporedba postojeće i ciljane stope popunjenosti. Kako bi se održao prosjek inventara, mreža zaliha oba skladišta množi masom paketa.

Retrospektivna simulacija sustava je započeta s početnim uvjetom da sva skladišta moraju imati pozicije oglasnog prostora koje su jednake razini narudžbe koju mogu prihvatiti. Veličina skladišnog prostora iznosi 3 200 paletnih mjesta za sva regionalna skladišta. Ako je ukupni distribucijski kapacitet mreže (zbroy pojedinačnih kapaciteta skladišta) veći ili jednak ukupnoj potražnji tržišta. Potražnja u svakom skladištu mora biti zadovoljena, a količina robe koja se distribuira iz centralnog skladišta ograničena je veličinom regionalnih skladišta.

OD / DO	Jedinični transportni trošak ( EUR/paleta)				
	Regionalno skladište 1	Regionalno skladište 2	Regionalno skladište 3	Regionalno skladište 4	Regionalno skladište 5
Centralno skladište	35	38	45	53	27
Potražnja paleta	2850	2852	2851	2850	2859
Broj kamiona	84	84	84	84	85
Kapacitet	3200	3200	3200	3200	3200

Slika 10. Transportni trošak između centralnog i regionalog skladišta

Na slici 2. prikazan je jedinični transportni trošak. Trošak prijevoza između centralnog skladišta i regionalnih skladišta ovisi o udaljenosti između istih skladišta. Kao što je ranije spomenuto kapacitet svih regionalnih skladišta iznosi 3 200 paletnih mjesta, a u ovom slučaju popunjenost svakog skladišta iznosi 90 %. Vrijednost prosječnog inventara dobivenog predloženim sustavom iznosi 16 600 EUR. Ova vrijednost dobivena je sumom umnoška broja kamiona s troškom transporta. Prosjek srednje stvarne stope punjena skladišta dobivenih ovim primjerom za 2 850 paleta iznosi 89.07 %. Ova stvarna stopa punjenja nešto je manja od ciljane stope popunjavanja skladišta. Prosječan inventar u postojećem sustavu je 2850 paleta tjedno u posljednjih 12 mjeseci i prosječna stopa punjenja skladišta iznosi 90 %.

### 5.3. Eksperimentiranje sa predloženim sustavom sa transportnim ograničenjima

Predloženi sustav daje zadovoljavajuće rezultate kada nema transportnih ograničenja, međutim, ovaj sustav će se koristiti i u okruženjima u kojem ograničenja postoje. Dakle, isti sustav će se analizirati sa istim podacima samo uz transportna ograničenja. Cilj je vidjeti kakav utjecaj ograničenja imaju na izvedbene mjere sustava. Sustav raspodjele zaliha se sastoji od tri modela koji se koriste u ovoj procjeni.

Prvi model pristupa je model za postavljanje parametara upravljanja zalihama, te on ne razlikuje jesu li transportna ograničenja uključena u sustav ili ne, tako da za taj modul već

imamo dobivene podatke u prethodnom poglavlju u eksperimentu bez transportnih ograničenja. Sljedeći model koji jest model koji predstavlja proračun za potrebe kamiona i grupiranje zaliha, [20]. Model se izvodi tako da se zalihe smjeste u 6 različitih skupina. Jedinica koja se koristi za pregled razdoblja je jedan tjedan i za svaku zalihu se koristi ta jedinica kao ulaz u model. Primjerice, svaki ponedjeljak narudžbe se postavljaju prema zahtjevima na razini centralnog skladišta. Zatim se fizički raspoređuje inventar iz centralnog skladišta u regionalna skladišta prema njihovom redosljedu do razine i ograničenja prijevoza. Dodijeljeni iznos se utovaruje u kamione i regionalna skladišta primaju ove iznose u utorak. Rezultati tog modela se mogu vidjeti u sljedećoj tablici:

Tablica 2. Rezultati modela proračuna za potrebe kamiona i grupiranja zaliha, [20]

	Dan 1	Dan 2	Dan 3	Dan 4	Dan 5	Dan 6
Regionalno skladište 1	2.69	2.71	2.71	2.69	2.72	2.71
Regionalno skladište 2	1.20	1.21	1.19	1.19	1.20	1.19
Regionalno skladište 3	6.24	6.24	6.23	6.21	6.24	6.23
Regionalno skladište 4	2.79	2.79	2.79	2.77	2.79	2.79
Regionalno skladište 5	1.41	1.42	1.41	1.40	1.42	1.40
Ukupno	14.33	14.36	14.34	14.25	14.36	14.32
SKU dopuna	34	36	37	17	52	41

Kao što se može vidjeti u tablici 2, broj potrebnih kamiona koji idu u regionalno skladište se ne razlikuju puno među danima u tjednu. Točnije, kada su dnevni zahtjevi kamiona zaokružena vrijednost, onda se dobiva potpuno ista vrijednost. Time se može utvrditi da ovaj model radi prema namjeni. No, isto tako može se vidjeti da broj zaliha koji se treba nadopuniti nije ravnomjerno raspoređen među danima, a to se događa zbog razlika u potražnji za različitim zalihama. Npr., četvrtog dana je nadopunjeno samo 17 zaliha sa istim brojem kamiona kao i petog dana gdje je 52 zalihe nadopunjeno.

Nadalje, treći model zahtijeva da broj kamiona mora biti cijeli broj. Ukupan broj potrebnih kamiona je 15 kada se zaokruži na najbližu vrijednost. Ako zaokružimo potrebe kamiona za svako regionalno skladište dobit ćemo broj od 17 kamiona po danu. Stoga, kada se 17 kamiona koristi dnevno, potreba je smanjena. Međutim, da bi iskoristivost bila veća, u eksperimentu broj korištenih dnevnih kamiona je sveden na 15. Korištenje zadanih podataka i činjenica da kamion može ići samo u jedno regionalno skladište stvaraju ograničenja sustavu.

Prva dva modela osiguravaju ulaz i simulaciju u sustav, dok treći model ima transportna ograničenja. Raspodjelu zaliha iz središnjeg skladišta u regionalno skladište provode konsolidacija pošiljki i model raspodjele kamiona što predstavlja razliku naspram eksperimenta bez transportnih ograničenja. Sljedeća razlika koja također postoji jest pregled zaliha i nadopunjavanje dijela simulacije. Također, narudžbe u ovoj simulaciji su u jedinicama paketa, ali se popunjavanje vrši u jedinicama paleta.[20]

Dakle, mala količina zahtjeva nakon niske potražnje početkom mjeseca povećava se kao rezultat slanja manje od zahtjeva prethodnog razdoblja. Ovime, broj kamiona koji se šalje u regionalna skladišta se ravnomjerno distribuira u mjesecu. Ako nema raspoloživih kamiona, onda se šalje više kamiona na početku mjeseca nakon što je bila velika potražnja na kraju prethodnog mjeseca, tako da će manje kamiona biti poslano nakon niske potražnje na početku tog mjeseca. Upravo to rezultira niskom i različitom upotrebom kamiona. Također, prisutnost transportnih ograničenja uzrokuje varijacije prosječne stope ispunje za regionalna skladišta. Tako, može se vidjeti usporedbe sva tri modela sa transportnim ograničenjima u sljedećoj tablici:

Prosječni inventar povećava se u predloženom sustavu kada su uključena transportna ograničenja u eksperiment što i predstavlja realniji slučaj. Međutim, kod simulacije sa 90% ciljane stope punjenja, prosječni inventar je manji nego li kod postojećeg sustava sa istom stopom punjenja. Veća stopa ispunjenja sa manje zaliha pokazuje da se pravi sastav i količina zaliha drže u inventaru. Međutim, postojeći sustav i dalje je problem sa gledišta smanjenja inventara. Ako je način distribuiranja zahtjeva kupaca ravnomjeran, onda se može postići isti ciljani postotak sa puno manje inventara.

Kada se predloženi sustav procjenjuje sa svojim parametrima, može se vidjeti da je on puno povoljniji od postojećeg sustava. Smanjenje troškova dobiveno od promjene načina prijevoza uzrokuje dodatne troškove koji proizlaze iz otvaranja regionalnog skladišta. Trošak zadržavanja zaliha smanjuje se od prosječnog oglasnog prostora koji je u sustavu manji od postojećeg sustava.

#### **5.4. Sažetak i usporedba rezultata**

U sljedećim tezama može se vidjeti usporedbu i sažetak prethodno dobivenih rezultata sa i bez transportnih ograničenja:

- Kada nema transportnih ograničenja, manje su prosječne stvarne stope punjenja od ciljane stope punjenja.
- Razlog za različita odstupanja može se objasniti raspodjelom potražnje za mjesec dana. Budući da potražnja raste krajem mjeseca, veća i niža stopa se promatraju na početku i kraju mjeseca. Ako se prilagodi u koristi ravnomjerni način potražnje, može se poboljšati robusnost sustava u smislu punjenja.
- Predloženi sustav daje bolje rezultate kada je ciljana stopa veća

- Kada postoje transportna ograničenja u retrospektivnoj simulaciji, prosječna stvarna ispunja se povećava u odnosu na sustav bez transportnih ograničenja. Veća stopa punjenja dobiva se i zbog punog kamiona i paletizirane pošiljke.
- Paletizirane pošiljke i pošiljke koje imaju manje ili više zahtjeva od stvarne stope punjenja sa transportnim ograničenjima rezultiraju puno više u ovom slučaju.
- Zbog važnosti čimbenika koji se daju regionalnim skladištima, različite prosječne stvarne stope punjenja promatraju se u različitim regionalnim skladištima. Više stvarne stope punjenja dobivaju se na područjima gdje zalihe mogu biti puno više štetne za tvrtku.
- Iako se prosječni inventar u sustav povećava uz prisustvo paletiziranih pošiljki i transportnih ograničenja, i dalje se manje inventara održava nego u postojećem sustavu sa istom razinom ispunje. Za 90% ciljne stope ispunje, vrijednost prosječnog inventara u predloženom sustavu sa transportnim ograničenjima je 58 400 EUR manja od vrijednosti prosjeka inventara u postojećem sustavu.
- Vrijeme odziva klijentima smanjuje se s predloženim više-ešalonskim sustavom.

## 6. Zaključak

Zalihe su složena ekonomska kategorija koja se pojavljuje u različitim oblicima angažiranih sredstava. One predstavljaju ukupnu količinu materijala ili robe koja je u skladištu smještena do trenutka potrošnje, odnosno prodaje. Ranije je većina proizvodnih i trgovačkih poduzeća mogla ostvarivati dobit unatoč ne-efikasnoj kontroli zaliha. Danas to nije slučaj jer većina organizacija posluje sa malom stopom dobiti, koja bi lako mogla nestati, ukoliko se kontroli zaliha ne bi posvetila odgovarajuća pažnja. Loša kontrola zaliha ima za posljedicu uskraćivanje značajnog dijela dobiti. Problemu praćenja zaliha mora se posvetiti veliki značaj, obzirom da one angažiraju najveći dio obrtnih sredstava koja se mogu uložiti u neku drugu svrhu.

Logistički se sustav sastoji od nekoliko elemenata a, jedan od njih je skladištenje, koje uz sebe veže tri osnovne funkcije, a to su prijem robe, smještaj i čuvanje te izdavanje i otprema robe. Komisioniranje robe je proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju narudžbe ili zahtjeva korisnika. Ovaj proces oduzima najveći udio vremena u odnosu na ostale procese odnosno aktivnosti u skladištu, te obuhvaća najveći udio ljudskog rada u skladištu.

Nakon analize sustava distribucije u tvrtki uvodi se promjena distribucijske mreže otvaranjem novim regionalnih skladišta koja će djelovati kao distribucijski centri između tvrtke i kupaca. S novom logističkom mrežom, sistem postaje dvo-ešalonski distribucijski sustav kojemu je potrebna metoda kontrole i nadopunjavanja zaliha u sustavu. Postoje neka transportna ograničenja koja utječu na nadopunu zaliha, također postoji više stavki koje se nadopunjuju zajedno. Stoga pristup više-ešalonske metode sastoji se od tri dijela koji djeluju na hijerarhijski način, razvijeni su za raspodjelu zaliha s tim specifičnim ograničenjima prijevoza. Predloženi sustav distribucije zaliha jako je pogodan dolaskom kupaca. Robusnost sustava u smislu količine punjenja zaliha može se postići s mnogo manje zaliha, ako su dolasci kupaca ravnomjerni.

## Literatura

- [1] Ferišak V., Medvešček I.: Poslovna logistika, Sveučilišni udžbenici, Zagreb 1983
- [2] Šafran M.: Nastavni materijali iz kolegija "Upravljanje zalihama", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017 [04.06.2018.]
- [3] Ivanković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Sveučilišni udžbenici, Zagreb 2010
- [4] Zelenika, R.: Temelji logističke špedicije, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2005
- [5] Web izvor: <https://www.scribd.com/doc/245598833/Upravljanje-Zalihama> [05.07.2018]
- [6] Web izvor : <https://www.tradegecko.com/learning-center/inventory-management-glossary-of-terms> [05.06.2018]
- [7] Šafran, M.: Nastavni materijali iz kolegija "Planiranje logističkih procesa", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017. [06.06.2018]
- [8] Šamanović, J.: Prodaja, distribucija, logistika teorija i praksa, Ekonomski fakultet Split, Split 2009.
- [9] Kovač, I.; Nastavni materijali iz kolegija "Poslovna logistika", Ekonomski fakultet, Zagreb, 2016. [09.07.2018]
- [10] Božić, D.: Nastavni materijali iz kolegija "Upravljanje zalihama", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [11] Web izvor: <http://www.qstockinventory.com/blog/benefits-of-inventory-planning-basics/> [10.07.2018.].
- [12] Gorički, G.: Modeli upravljanja zalihama, Sveučilište Sjever, Varaždin 2017.
- [13] Pupovac, D.: Suvremeni pristupi upravljanju zalihama, Veleučilište u Rijeci, Rijeka 2011.
- [14] Punosevac, S.: Pregled postupaka za sustavno upravljanje zalihama, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2017.
- [15] Samolec, D.: Određivanje optimalnih količina zaliha, Sveučilište Sjever, Varaždin 2017.
- [16] Prester, J.: Upravljanje lancima dobave, Sinergija nakladništvo, Zagreb 2012.



- [17] Web izvor: <http://cmuscm.blogspot.com/2014/01/multi-echelon-inventory-optimization.html> [25.08.2018.]
- [18] Web izvor: <https://arkieva.com/software/inventory-planning/multi-echelon-inventory-optimizer/> [25.08.2018.]
- [19] Web izvor: [http://egon.cheme.cmu.edu/ewo/docs/SnyderEWO\\_081113.pdf](http://egon.cheme.cmu.edu/ewo/docs/SnyderEWO_081113.pdf) [25.08.2018.]
- [20] Web izvor :  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D9DA46A059473168CEC4692A52B160E2?doi=10.1.1.634.2259&rep=rep1&type=pdf> [22.05.2018]
- [21] Web izvor : <https://www.youtube.com/watch?v=si8Klzl80Ww> [25.08.2018.]

## Popis slika

Slika 1. Struktura opskrbnog lanca, [2].....	4
Slika 2. Modeli potražnje, [2].....	6
Slika 3. Razvoj modela planiranja zaliha, [2] .....	11
Slika 4. Kretanje troškova zaliha robe u jedinici vremena [2] .....	12
Slika 5. Kretanje zaliha s vremenom,[5] .....	13
Slika 6. Prikaz modela planiranja resursa poduzeća, [14].....	20
Slika 7. Više-ešalnoski pristup zalihama [17].....	22
Slika 8. primjer optimizacije pomoću mutli ešalonske metode [17].....	23
Slika 9. Shematski prikaz više-ešalonskog sustava zaliha .....	26
Slika 10. Transportni trošak između centralnog i regionalog skladišta .....	28

## **Popis tablica**

Tablica 1. DRP tablica za određeni proizvod regionalnog skladišta 1: $Q=50$ , $SS=15$ , $LT=1$ , [14] .....	19
Tablica 2. Rezultati modela proračuna za potrebe kamiona i grupiranja zaliha [20].....	29

## **Popis kratica**

- 3PL - treća strana logistike
- CSV - zarez odvojene vrijednosti datoteke
- EOQ - ekonomska količina nabave
- EPQ - ekonomska količina proizvodnje
- R - točka ponovnog naručivanja
- POQ - sustav periodičkog naručivanja
- MRP I - planiranja materijalnih potreba
- MRP II - planiranje materijalnih resursa
- DRP - planiranje resursa distribucije
- ERP - planiranje resursa poduzeća
- JIT - sustav točno na vrijeme
- DC - distribucijski centar
- RDC - regionalni distribucijski centar
- SKU - jedinica za čuvanje zaliha



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni 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 \_\_\_\_\_ završnog rada

pod naslovom **Planiranje zaliha pomoću više-ešalonske metode**

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 5.9.2018. \_\_\_\_\_

Student/ica:

Basić  
(potpis)