

Upravljanje zalihama potrošnog materijala

Horvat, Sanja

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:678672>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Sanja Horvat

Zagreb, 2021. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Goran Đukić

Student:

Sanja Horvat

Zagreb, 2021. godina

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Goranu Đukiću, na pruženoj prilici, ustupljenoj pomoći, stručnim savjetima i smjernicama te na razumijevanju i strpljenju prilikom izrade ovog rada.

Također, zahvaljujem kolegici Nikolini Magdić na pomoći pri izradi ovog rada.

Posebnu zahvalu upućujem svojim roditeljima, Dragutinu i Nevenki, bratu Nini te cijeloj obitelji na bezuvjetnoj podršci, razumijevanju i strpljenju tijekom cijelog dosadašnjeg školovanja, kao i prijateljima koji su bili tu za mene.

Sanja Horvat



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
 inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-04/21-6/1	
Ur. broj: 15-1703-21	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: SANJA HORVAT **Mat. br.:** 0035201819

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Upravljanje zalihama potrošnog materijala

Naslov rada na engleskom jeziku: Inventory management of consumable materials

Opis zadatka:

S ciljem optimizacije troškova i usluge korisnicima logistički zadaci upravljanja zalihama moraju uključivati sve vrste materijala, pa tako i potrošnog materijala. Poglavitno je to slučaj u tvrtkama kojima je to dio njihovog osnovnog poslovanja - upravljanja imovinom klijenata.

U radu je potrebno:

- dati teorijski pregled upravljanja zalihama (vrste zaliha, sustavi kontrole zalihama, modeli zaliha)
- kratko opisati poslovanje odabrane tvrtke, s naglaskom na detaljan opis postojećeg sustava upravljanja zalihama potrošnog materijala
- temeljem pregleda dostupnih izvora dati prikaz pristupa i smjernica upravljanja zalihama potrošnog materijala
- predložiti model upravljanja zalihama potrošnog materijala u odabranoj tvrtki, uz simulacijsku analizu učinaka predloženog modela i izračun potrebnih parametara modela.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. rujna 2021.

Rok predaje rada:
2. prosinca 2021.

Predviđeni datum obrane:
13. prosinca do 17. prosinca 2021.

Zadatak zadao:
Goranić
prof. dr. sc. Goran Đukić

Predsjednica Povjerenstva:
Runje
prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS LATINIČNIH OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD	1
2. ZALIHE	2
2.1. Razlozi postojanja zaliha.....	3
2.2. Troškovi zaliha	3
2.3. Sustavi kontrole zaliha	3
2.3.1. Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha	3
2.3.2. Periodični sustav nadzora razine zaliha	5
2.4. Sigurnosne zalihe	6
3. MODELI UPRAVLJANJA ZALIHAMA	8
3.1. Modeli upravljanja zalihama s nezavisnom potražnjom	8
3.1.1. Model Ekonomične količine narudžbi	8
3.1.2. R,S model.....	11
3.2. Modeli upravljanja zalihama sa zavisnom potražnjom	12
3.2.1. Model planiranja potreba materijala - MRP.....	12
3.2.2. Model planiranja resursa za proizvodnju – MRP II	14
3.2.3. Model planiranja resursa poduzeća - ERP	14
3.2.4. Model planiranja resursa distribucije – DRP	15
3.2.5. Just-in-time modeli - JIT	15
4. PRIKAZ TVRTKE I TRENUTNOG MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA.....	18
4.1. Općenito o Tvrtki	18
4.2. Trenutni model upravljanja zalihama.....	18
4.3. Skladišni prostor.....	19
4.4. Prikaz prikupljenih podataka.....	20
4.5. Analiza prikupljenih podataka	34
5. PRIMJENA MODELA UPRAVLJANJA ZALIHA NA PRIMJERU TVRTKE.....	37
5.1. Priprema podataka.....	37

5.2. Osnovni EOQ model	39
5.3. Simulacija EOQ modela uz korištenje stvarne varijabilne potrošnje.....	43
5.4. R,S model.....	45
5.5. Prijedlog modela upravljanja zalihama za Tvrtku.....	51
5.5.1. Specifičnosti vezane za tvrtku.....	51
5.5.2. Karakteristike predloženog modela.....	52
5.5.3. Određivanje sigurnosne zalihe	52
5.5.4. Simulacija modela na primjerima promatranih artikala.....	53
5.5.5. Prednosti predloženog modela	55
5.6. Diskusija rezultata	55
6. ZAKLJUČAK	58
LITERATURA.....	60

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz kontinuiranog sustava kontrole zaliha [2].....	4
Slika 2. Prikaz periodičnog sustava kontrole zaliha [2].....	5
Slika 3. Prikaz modela upravljanja zalihama sa sigurnosnim zalihama [1].....	6
Slika 4. Graf modela ekonomične količine naručivanja [1].....	9
Slika 5. Graf R,S modela [1].....	11
Slika 6. Tlocrt prvog skladišnog prostora [16].....	19
Slika 7. Tlocrt drugog skladišnog prostora [16].....	20
Slika 8. Prikaz naručene količine sapuna po mjesecima [16]	34
Slika 9. Prikaz naručene količine vreća za smeće po mjesecima [16]	35
Slika 10. Prikaz naručene količine toaletnog papira u listićima po mjesecima [16].....	36
Slika 11. Graf dnevne potrošnje sapuna za ruke [16]	38
Slika 12. Graf dnevne potrošnje toaletnog papira [16]	38
Slika 13. Graf dnevne potrošnje vreća za smeće [16].....	39
Slika 14. Prikaz rezultata EOQ modela za sapun [16]	40
Slika 15. Prikaz rezultata EOQ modela za vreće za smeće [16]	41
Slika 16. Prikaz rezultata EOQ modela za toaletni papir u listićima [16]	42
Slika 17. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za sapun za ruke [16]	43
Slika 18. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za vreće za smeće [16]	44
Slika 19. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za toaletni papir u listićima [16]	44
Slika 20. Simulacije stanja sapuna u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 10% [16].....	46
Slika 21. Simulacije stanja vreća za smeće u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 10% [16]	47
Slika 22. Simulacije stanja vreća za toaletni papir u listićima u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 10% [16]	48

Slika 23. Simulacije stanja sapuna u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 50% [16].....	49
Slika 24. Simulacije stanja vreća za smeće u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 50% [16]	49
Slika 25. Simulacije stanja toaletnog papira u listićima u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 120% [16]	50
Slika 26. Predloženi model naručivanja sapuna [16]	54
Slika 27. Predloženi model naručivanja vreća za smeće [16]	54
Slika 28. Predloženi model naručivanja toaletnog papira u listićima [16].....	55

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis narudžbi higijenskih potrepština [16].....	21
Tablica 2. Popis narudžbi kemikalija [16]	23
Tablica 3. Popis narudžbi pribora za čišćenje i održavanje [16].....	26
Tablica 4. Popis artikala s najučestalijim narudžbama [16].....	33
Tablica 5. Iznos ciljane količine u skladištu za različite periode naručivanja uz sigurnosnu zalihi od 10% prosječne potrošnje [16].....	46
Tablica 6. Prikaz ukupnih troškova [16]	50
Tablica 7. Prikaz mjesečne potrošnje i sigurnosnih zaliha [16].....	53
Tablica 8. Usporedba ukupnih troškova [16].....	56

POPIS LATINIČNIH OZNAKA

Oznaka	Opis
L	vrijeme isporuke
T	vrijeme ciklusa
ROL	Reorder level
d	potrošnja zaliha za određeni period
LT	vrijeme isporuke (eng. <i>lead time</i>)
SS	sigurnosna zaliha (eng. <i>safety stock</i>)
EOQ	Economic Order Quantity
EPQ	Economic Production Quantity
R	ponavljajući period
S	maksimalna količina zaliha
D	godišnja potrošnja zaliha
c	cijena proizvoda
c ₀	trošak narudžbe
c _h	trošak skladištenja
Q	količina zaliha
I	trenutno stanje zaliha
MRP I	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
DRP	Distribution Resource Planning
ERP	Enterprise Resource Planning
JIT	Just in time
BOM	Bill of materials

SAŽETAK

Tema ovog rada je upravljanje zalihama potrošnog materijala u odabranoj Tvrtki. U prvom dijelu rada dati je teorijski pregled upravljanja zalihama koji se sastoji od detaljnog pojašnjenja vrsta zaliha, sustava kontrola zaliha te pojedinih modela upravljanja zalihama. Zatim slijedi opis poslovanja odabrane Tvrtke s prikazom postojećeg sustava upravljanja zalihama potrošnoga materijala. Na podacima dosadašnjih narudžbi, dobivenim iz Tvrtke, provedene su simulacije odabranih modela upravljanja zalihama na temelju kojih je razvijen vlastiti model prikladan za Tvrtku i njezino poslovanje.

Ključne riječi: zalihe, upravljanje zalihama, sustavi kontrole zaliha, EOQ model, Model R,S

SUMMARY

The subject of this thesis is the management of inventory of consumables in the selected Company. The first part of the paper gives a theoretical overview of inventory management, which consists of an explanation of inventory types, inventory control systems and certain models of inventory management. The following is a description of the business of the selected Company with an overview of the existing consumable inventory management system. Based on the data of previous orders, obtained from the Company, there were performed simulations of selected inventory management models. Based on these simulation results, a specific inventory management model was developed, suitable for the Company and its business.

Key words: inventories, inventory management, inventory control systems, EOQ model, Model R, S

1. UVOD

Upravljanje zalihama jedna je od najvažnijih zadaća logističkog menadžmenta. Količine zaliha u poduzećima ovise o brojnim čimbenicima, kao što su uvjeti skladištenja i transporta, karakteristike uskladištene robe, uvjeti tržišta i mnogi drugi. Držanje tih zaliha uzrokuje troškove od čak 20 do 40% godišnje, u odnosu na vrijednost materijala te je zbog toga vrlo bitno odabrati optimalan model upravljanja zalihama kako bi se minimizirali ukupni troškovi i zadovoljili zahtjevi korisnika.

Tema ovog rada je upravljanje zalihama potrošnog materijala u Tvrtki. U prvom dijelu rada detaljnije su objašnjeni osnovni pojmovi vezani uz zalihe, zatim općenito o modelima upravljanja zalihama, odnosno što je uopće upravljanje zalihama, koji modeli postoje i zašto su toliko važni. U nastavku rada će se opisati prikaz tvrtke, tj. njihovog dosadašnjeg modela upravljanja zalihama te analiza dosadašnjih narudžbi potrebnog potrošnog materijala za održavanje. Temeljem analize prikazanih podataka iz Tvrtke, tj. njihovog dosadašnjeg modela upravljanja zalihama, u zadnjem dijelu rada predlaže se najprikladniji model upravljanja zalihama.

2. ZALIHE

Zalihe su sve količine materijala koje se nalaze unutar poduzeća, u određenom vremenskom intervalu, u stanju mirovanja, odnosno svi materijali koji se u nekom trenutku nalaze unutar lanca opskrbe.

Osnovna podjela zaliha prema stupnju obrade je na sirovine, poluproizvode i gotove proizvode, no neki materijali ne spadaju u navedene kategorije, a također se vrlo često nalaze u poduzećima, pa se mogu navesti još i dodatne kategorije, doknadni dijelovi i potrošni materijal. Također, zalihe se mogu podijeliti i prema kriteriju primjene u poduzeću na direktni, pomoćni, materijal za održavanje, investicijski materijal i administrativni materijal. [1]

Zalihe se mogu definirati i ovisno o stvarnim i planiranim količinama zaliha:

- Minimalne zalihe - minimalne količine određenih proizvoda, tj. zaliha da se pravovremeno zadovolji potražnja,
- Maksimalne zalihe – količina određenih proizvoda, tj. gornja granica zaliha koja se ne smije prelaziti,
- Optimalne zalihe – količina zaliha koja istovremeno osigurava potrebnu opskrbu kupaca ili proizvodnog sustava, a pritom su troškovi skladištenja i naručivanja robe minimalni,
- Prosječne zalihe – količina prosječnih zaliha proizvoda tijekom promatranog vremenskog perioda,
- Sigurnosne zalihe – količina proizvoda, odnosno zaliha, koja se drži zbog sigurnosti kako bi se tvrtka osigurala od nepredvidivih promjena u ponudi ili potražnji,
- Špekulativne zalihe – količina proizvoda koja je na zalihi s ciljem da se proda kada se cijene znatno povećaju,
- Sezonske zalihe – količina proizvoda koja se sakuplja tokom godine kako bi se zadovoljila povećana potražnja u sezoni,
- Promocijske zalihe - zalihe robe nabavljene zbog predviđanja povećanja prodaje uslijed promocija,
- Nekurentne zalihe – proizvodi u skladištu koji se zbog određenih nedostataka, zastarjelosti, gubitka svojstava i sl. ne može iskoristiti, tj. prodati ili je prodaja moguća ali uz sniženje cijene. [1]

2.1. Razlozi postojanja zaliha

Držanje zaliha ima vrlo važnu ulogu u poduzeću, iako uzrokuje razne troškove i neki to smatraju nepotrebnim, odnosno gubitkom. Brojni su razlozi za postojanje zaliha, a jedan od najvažnijih je kako bi se smanjio rizik od pogrešne procjene ponude i potražnje, budući da su ponuda i potražnja vrlo varijabilne i neizvjesne. Time se povećava usluga korisniku, a isto tako moguće je i smanjenje ukupnih troškova. Također, može se reći da se zalihama poduzeće može zaštititi od neizvjesnosti i nepredvidivih događaja te indirektno smanjiti operativne troškove drugih aktivnosti i time pokriti povećane troškove držanja zaliha.

2.2. Troškovi zaliha

Primjenom adekvatnog upravljanja sustavima zaliha, naprednim tehnologijama automatizacije, informatizacije i komunikacije, primjenom koncepta *just-in-time* proizvodnje i nabave i dr. s godinama se smanjuju zalihe i taj trend se i nastavlja. No, usprkos tome još uvijek su u lancima opskrbe prisutne velike količine zaliha, a time i pripadajući troškovi. [1]

Ukupni troškovi zaliha imaju nekoliko osnovnih komponenti, a to su:

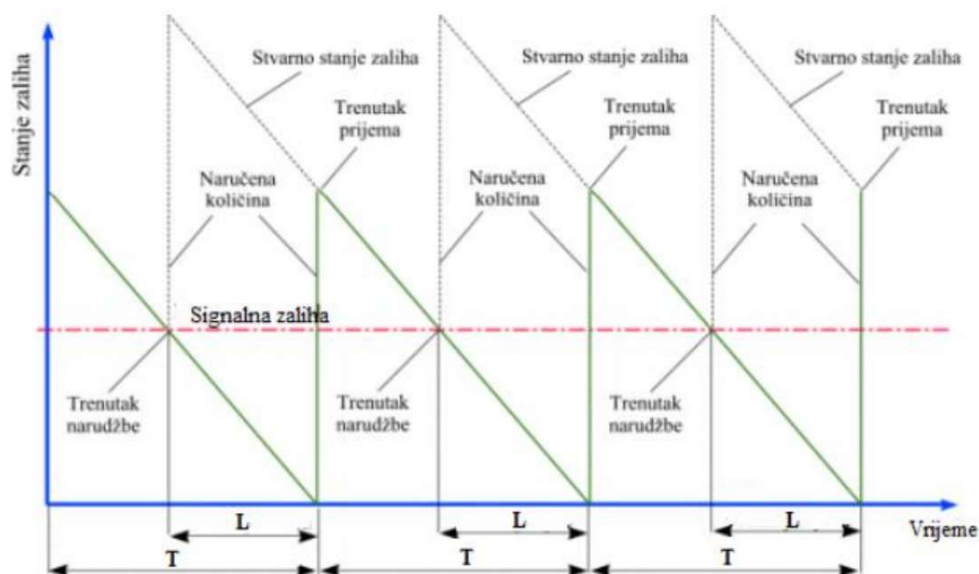
- trošak materijala, odnosno jedinični trošak nabave ili trošak proizvodnje,
- troškovi naručivanja izraženi kao novčana vrijednost po narudžbi,
- troškovi držanja zaliha, odnosno troškovi čuvanja, izraženi kao novčana vrijednost po jedinici proizvoda na zalihama godišnje,
- troškovi nastali uslijed nedostatka zaliha. [1]

2.3. Sustavi kontrole zaliha

Razlikujemo dva sustava kontrole zaliha, odnosno sustava nabavljanja, a to su kontinuirani i periodički.

2.3.1. Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha

U kontinuiranom sustavu kontrole zaliha (eng. *continuous inventory system*) stanje zaliha stalno se prati te se naručuje konstantna količina svaki puta kada nivo zaliha padne na određenu razinu, odnosno na razinu točke naručivanja. Točka ponove narudžbe uvijek je određena količina proizvoda, tj. zaliha na stanju. Varijable koje su odlučujuće u ovakvom sustavu su točka ponovne nabave i količina nabave. Primjer takvog sustava kontrole prikazan je na slici 1. [2]



Slika 1. Prikaz kontinuiranog sustava kontrole zaliha [2]

Iz grafikona na slici 1 je vidljivo kako potražnja za proizvodom ostaje konstantna, odnosno vrijeme potrebno za isporuku je konstantno te cijena proizvoda nepromjenjiva. Oznakom L je označeno vrijeme potrebno za dostavu, odnosno isporuku proizvoda, a T označava period, tj. vrijeme između dvije narudžbe. [2]

Prema tome točka naručivanja (eng. *Reorder level – ROL*), odnosno signalna zaliha, može se odrediti kao (1) :

$$ROL = L \cdot d \quad (1)$$

gdje je:

L – vrijeme isporuke,

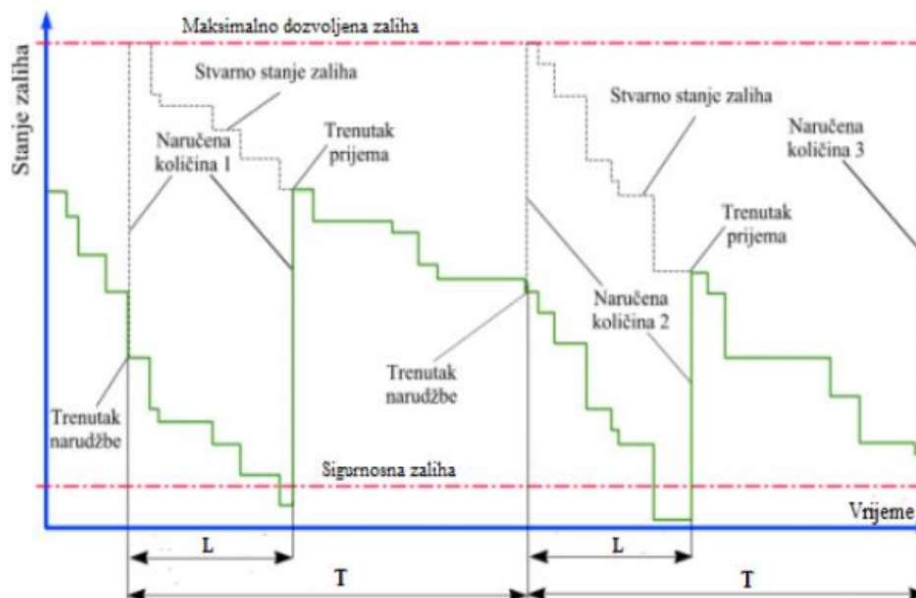
d – iznos potrošnje (eng. *demand rate*) u istim vremenskim jedinicama kao i vrijeme naručivanja. [1]

Kada razina zaliha padne do razine signalnih zaliha, odnosno ROL , naručuje se određena količina zaliha Q . [2]

Kako je u ovom dijagramu potrošnja kontinuirana i nevarijabilna, tako nema sigurnosnih zaliha. U slučaju varijabilne potrošnje ili varijabilnog vremena dobave potrebno je računati i sa sigurnosnim zalihama.

2.3.2. Periodični sustav nadzora razine zaliha

Drugi sustav kontrole zaliha je periodični sustav (eng. *periodic inventory control*). Slika 2 grafički prikazuje takav sustav.



Slika 2. Prikaz periodičnog sustava kontrole zaliha [2]

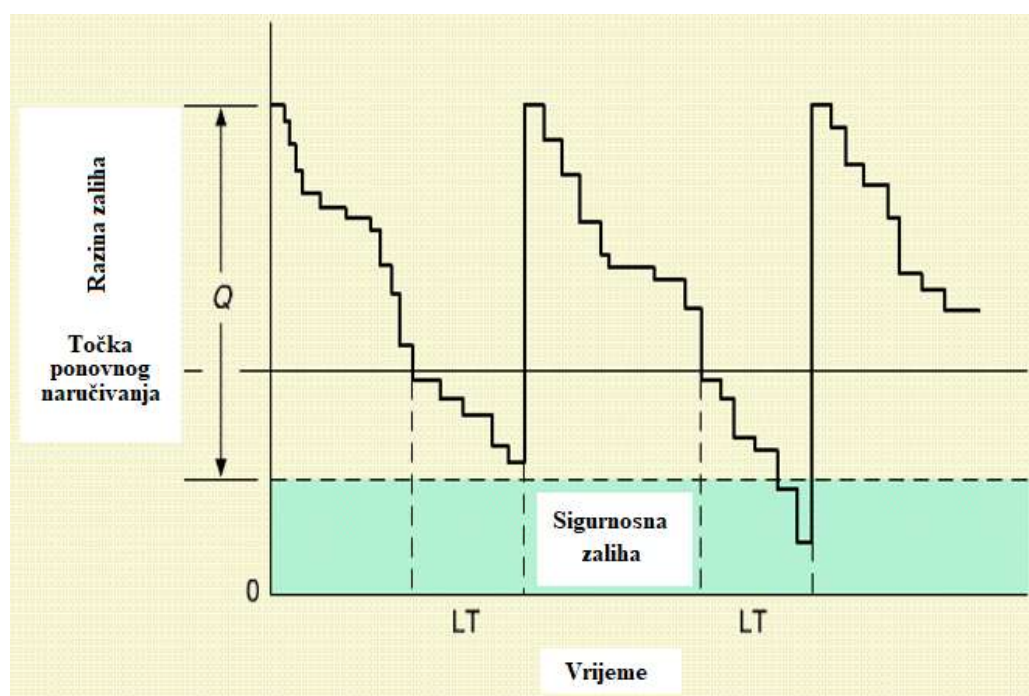
U tom sustavu kontrole zalihe se naručuju u određenim vremenskim intervalima, T . Kada prođe određeni vremenski period, odnosno definirani vremenski interval T , zalihe se prebrojavaju te se naruči količina proizvoda koja je potrebna kako bi se skladište napunilo do ciljne razine, a količina koja se naručuje može biti različita. Ciljna razina predstavlja maksimalnu zalihu potrebnih proizvoda, odnosno količinu proizvoda koji su potrebni kako bi se pokrila potražnja i osigurala odgovarajuća rezerva do kraja određenog vremenskog intervala, tj. do trenutka sljedeće narudžbe. Može se zaključiti kako je takav sustav nadzora zaliha jednostavniji naspram periodičnog, najviše zbog toga što nema potrebe dnevno prebrojavati stanje zaliha te nema vođenja evidencije svaki put kada se nešto uzme iz skladišta. Prebrojavanje se vrši tek na kraju definiranog perioda, odnosno kada prođe određeni vremenski period i prema tome se onda radi nova narudžba. [3]

Na slici 2 vidljivo je kako se zalihe smanjuju kroz vrijeme. Kad prođe određeno vrijeme, odnosno period T , prebroji se stanje zaliha te se naruči količina koja nedostaje do ciljne količine zaliha, a naručena količina uvijek može biti različita. [2]

Također, na slici 2 je vidljivo kako je prikazani realniji slučaj s varijabilnom potrošnjom te iz tog razloga prikaz sugerira postojanje i sigurnosnih zaliha.

2.4. Sigurnosne zalihe

Sigurnosne zalihe (eng. *safety stock*) predstavljaju onu razinu zaliha koja osigurava poduzeće da ne dođe do nedostatka potrebnih proizvoda, odnosno zaliha, uslijed neočekivanih promjena u ponudi i potražnji. Točka ponovnog naručivanja (*ROL*) može se odrediti putem potražnje u vremenu dobivanja novih zaliha, no ukoliko je ta potražnja varijabilna i nekontinuirana ili moguće je da je i vrijeme dobave varijabilno, može vrlo lako doći do nedostatka zaliha. Upravo zbog takvih neželjenih situacija određuju se sigurnosne zalihe. [1]



Slika 3. Prikaz modela upravljanja zalihama sa sigurnosnim zalihama [1]

Na slici 3 prikazan je graf modela upravljanja zalihama koji uzima u obzir i sigurnosne zalihe. Vidljivo je kako je potražnja nekontinuirana i varijabilna. U ovom slučaju sustav nadzora zaliha je kontinuirani te kada zalihe dođu na razinu točke ponovnog naručivanja radi se narudžba. Oznaka *LT* (eng. *lead time*) na grafu označava vrijeme dobave (u nekim literaturama označeno je samo s *L*), odnosno vrijeme dostave naručenih proizvoda, a oznaka *Q* označava količinu narudžbe. Kako je potražnja varijabilna i nekontinuirana, u ovom modelu određene su sigurnosne zalihe kako ne bi došlo do nedostatka zaliha. Točka ponovnog naručivanja u ovom slučaju izračunava se kao zbroj potražnje za vrijeme dobave i sigurnosnih zaliha.

Postoje dva osnovna načina za određivanje sigurnosnih zaliha, a to su:

- određivanje putem iskustva, odnosno nekakvom grubom procjenom ili primjerice jednostavnom tehnikom poput 10-20% od količine zaliha jednog ciklusa naručivanja,
- matematičkim formulama kako bi se odredilo optimalno rješenje između potražnje kupaca i troškova zaliha. [1]

U nastavku slijedi opis nekoliko važnijih metoda izračunavanja sigurnosnih zaliha.

- Prva i najjednostavnija metoda je osnovna formula za izračunavanje sigurnosnih zaliha, a ona glasi:

$$\text{Sigurnosna zaliha (SS)} = \text{prosječna potražnja} \cdot \text{broj sigurnosnih dana}$$

Iz formule je vidljivo kako se količina sigurnosnih zaliha može dobiti umnoškom prosječne potražnje i brojem dana koji se uzimaju kao određena sigurnost. [1]

- Sljedeće metoda isto je jednostavna, a temelji se na izračunavanju maksimalnog mogućeg odstupanja od prosječne potrošnje u prosječnom vremenu dobave. [1]

Sigurnosna zaliha

$$= (\text{maks. potrošnja} \cdot \text{maks. vrijeme dobave})$$

$$- (\text{prosječna potrošnja} \cdot \text{prosječno vrijeme dobave})$$

Ovu metodu ograničava to što kod ekstremnih kašnjenja ili ekstremne potražnje dolazi do velikog utjecaja na sigurnosnu zalihu. [1]

- Izračunavanje sigurnosne zalihe uz varijabilnost potražnje je metoda određivanja sigurnosnih zaliha koja se može primijeniti samo ukoliko postoji varijabilnost potražnje. U tom slučaju sigurnosne zalihe jednake su standardnoj devijaciji potražnje u periodu naručivanja pomnoženu sa Z faktorom koji označava željenu razinu usluge. [1]
- Također, sigurnosne zalihe mogu se izračunati i ukoliko postoji samo varijabilnost vremena naručivanja, tada su one jednake broju standardnih devijacija potražnje u vremenu naručivanja koja je produkt potražnje i standardne devijacije vremena naručivanja. [1]
- Nadalje, najrealniji slučaj je kada se pojavljuje varijabilnost potražnje i varijabilnost vremena naručivanja, odnosno dobave. Ovakav slučaj, samo ako su varijabilnosti nezavisne, računa se kao broj standardnih devijacija potražnje u vremenu naručivanja (koje ovisi o varijabilnosti oba parametra). [1]

3. MODELI UPRAVLJANJA ZALIHAMA

Upravljanje zalihama odnosi se na kontrolu zaliha kako bi se smanjili svi troškovi, osigurala neprekinuta proizvodnja te kako bi kupci imali pouzdanu uslugu u pravo vrijeme. Kada su količine zaliha prevelike počinju se stvarati visoki troškovi držanja zaliha, a s druge strane kada je količina proizvoda, tj. zaliha, premala dolazi do brojnih problema i poteškoća, štetnih posljedica u proizvodnji, distribuciji proizvoda i trgovini. Upravo zbog toga se u skladištima vodi posebna pažnja, tj. određuje se optimalna količina zaliha kako bi se zadovoljila potražnja, a istovremeno da ne dolazi do prevelikog financijskog opterećenja zbog predugog zadržavanja proizvoda na zalihama. [4]

Najvažniji čimbenik kod određivanja zaliha i sastavljanja narudžbi je procjena ili određivanje potražnje. Razlikujemo dvije vrste potražnje, a to su zavisna i nezavisna.

3.1. Modeli upravljanja zalihama s nezavisnom potražnjom

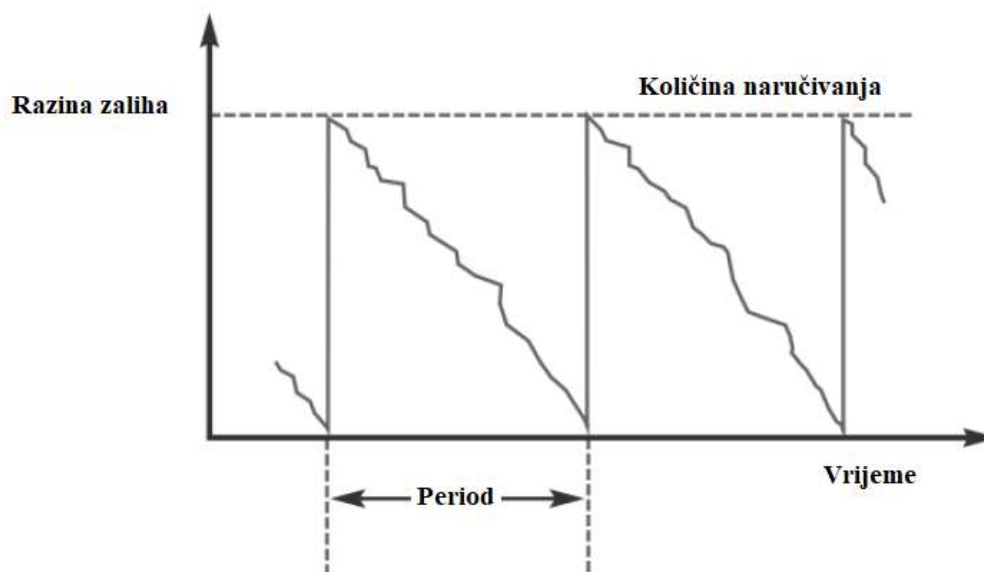
Kod nezavisne potražnje zalihe se određuju prema potrebama tržišta, tj. potražnja se formira izvan proizvodnog procesa. Najvažniji čimbenici koji utječu na ovu vrstu potražnje su cijena proizvoda i dohodak potrošača. Najčešće su to zalihe gotovih proizvoda, zatim zalihe rezervnih dijelova namijenjenih za zamjenu neispravnih dijelova nekog proizvoda, a određivanje potražnje temelji se na metodama predviđanja (eng. *Forecasting*). Upravljanje zalihama u sustavu nezavisne potražnje može se predočiti pomoću tri glavna pitanja, a to su koje materijale (proizvode) naručiti, te kada i koliko naručiti. Može se reći kako je za nezavisnu potražnju svojstvena filozofija nadopunjavanja što podrazumijeva nadopunjavanje zaliha nakon njihovog smanjenja u cilju da roba uvijek bude spremna za korisnike. Najpoznatiji model koji se koristi za upravljanje zalihama kod nezavisne potražnje je model Ekonomične količine narudžbi, tj. EOQ model (eng. *Economic Order Quantity*), no tu spadaju i model Ekonomične količine proizvodnje (eng. *Economic Production Quantity – EPQ*), Model ekonomične količine s diskontima na količinu, R,S model te mnogi drugi. [1]

3.1.1. Model Ekonomične količine narudžbi

Model ekonomične količine narudžbi (EOQ model) prvi puta pojavljuje se početkom 20. stoljeća kao prvi i osnovni model. Taj model odnosi se na idealnu količinu narudžbe koju bi tvrtka trebala naručiti kako bi minimizirala svoje troškove zaliha poput troškova održavanja, troškova nedostatka proizvoda i troškova narudžbe. EOQ nužno se koristi u upravljanju zalihama što podrazumijeva nadzor nad naručivanjem, skladištenjem i samo korištenje zaliha.

Može se reći kako je ekonomična količina naručivanja neka optimalna količina koja minimizira ukupne troškove zaliha. Model nastoji osigurati da se prava količina zaliha naruči po seriji tako da tvrtka ne mora često naručivati potrebne proizvode, a istovremeno da nema viška tih proizvoda jer to stvara nepotrebni trošak. [5]

Kada zalihe padnu na određenu razinu, tj. na točku naručivanja ili signalnu zalihu, naručuje se fiksna količina, a trošak narudžbe je fiksni i ne ovisi o količini narudžbe. Graf stanja zaliha poprima oblik zuba pile, s ciklusima zaliha kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Graf modela ekonomične količine naručivanja [1]

Osnovni EOQ model prikladan je kod primjene analize zaliha kada su ispunjenje sljedeće pretpostavke:

- zalihe se troše konstantnim iznosom u vremenu (D jedinica u godini),
- trošak narudžbe c_0 je fiksni,
- vrijeme između narudžbe i dobave proizvoda je 0 (eng. *Lead time*) $L = 0$,
- varijabilni troškovi držanja zaliha c_h po jedinici proizvoda u godini. [1]

Matematički izraz za izračunavanje ekonomične količine nabave glasi (2):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot c_0 \cdot D}{c_h}} \quad (2)$$

Troškovi nabave podrazumijevaju sve troškove vezane sa stvarnom narudžbom zaliha poput troškova pakiranja, transporta i rukovanja. Ukupna potražnja je količina proizvoda koju tvrtka naručuje u razdoblju od godinu dana, dok se troškovi držanja zaliha odnose na sve troškove vezane uz držanje dodatnih količina proizvoda na zalihama, uključujući troškove skladištenja i logistike, troškove osiguranja, troškove rukovanja proizvodima i amortizaciju.

Ukoliko je naručeno više proizvoda nego što je potrebno, utoliko će se pojaviti nepotrebni troškovi držanja zaliha. S druge strane, ako se naruči manja količina proizvoda od potrebnog dolazi do manjka, odnosno nedostatka zaliha, što stvara negativne posljedice, odnosno probleme u poslovanju. Upravo zbog toga je potrebno pronaći optimalnu količinu narudžbi.

EOQ model upotrebljava se gotovo cijelo stoljeće i još uvijek je baza za većinu modela sa nezavisnom potražnjom u sustavu upravljanja zalihama. Razlog tomu su brojne prednosti:

- model je jednostavan za razumijevanje i upotrebu,
- daje dobre smjernice za količinu narudžbe,
- pronalazi vrijednosti drugih varijabli kao što su troškovi i duljina ciklusa,
- lako se implementira i automatizira,
- potiče stabilnost u sustavu zaliha,
- lako se proširi sa različitim dodatnim uvjetima. [1]

S druge strane ima i nekoliko nedostataka:

- ima pojednostavljen prikaz sustava upravljanja zalihama,
- pretpostavlja poznatu i konstantnu potražnju,
- pretpostavlja da su svi troškovi poznati i fiksni,
- pretpostavlja konstantno vrijeme isporuke te nema nesigurnosti u vremenu isporuke,
- pretpostavlja da je svaka stavka neovisna jedna o drugoj,
- ne potiče poboljšanje sustava. [1]

Kako bi mogli pravilno upravljati zalihama, također je vrlo bitan i sustav nadzora zaliha, a razlikujemo kontinuirani i periodični sustav nadzora razine zaliha, no za EOQ model karakterističan je kontinuirani sustav nadzora zaliha koji je detaljnije objašnjen u prethodnom poglavlju.

3.1.2. R,S model

R,S model je model upravljanja zaliha s nezavisnom potražnjom i ponavljajućim periodičkim sustavom nadzora količine zaliha. U tom modelu R označava ponavljajući period (u pojedinim izvorima period je označen oznakom T , primjerice slika 2) nakon kojeg se zalihe kontroliraju i naručuje se dodatna količina do željene količine S . Prema tome količina naručivanja, označena s Q , može se izračunati sljedećim izrazom (3):

$$Q = S - I \quad (3)$$

gdje je:

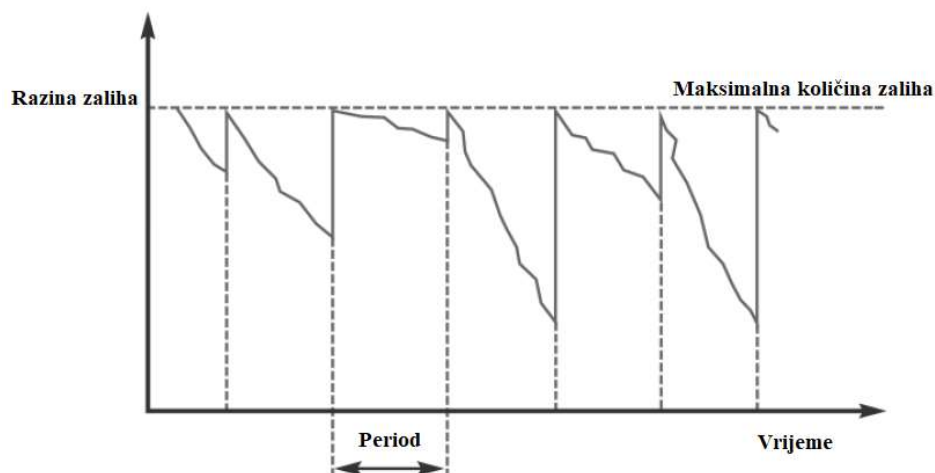
Q – razlika između trenutne i željene količine zaliha,

S – maksimalna količina zaliha,

I – trenutno stanje zaliha prilikom kontrole. [6]

Nadalje, maksimalnu količinu zaliha S potrebno je odrediti tako da se pokrije potrošnja materijala do sljedećeg perioda naručivanja, tj. dostave. Zbog moguće varijabilnosti u potrošnji potrebno je dodati sigurnosnu zalihu prema nekom od modela spomenutih u potpoglavlju 2.4. Prema tome maksimalna količina zaliha S može se izračunati kao količina potrošnje u periodu $(R+L)$ uvećana za sigurnosnu zalihu. Pri tome je oznaka R ponavljajući period, a oznaka L vrijeme dobave (eng. *lead time*).

U nastavku na slici 5 slijedi pojednostavljeni (bez vremena dobave) grafički prikaz prikaz modela.



Slika 5. Graf R,S modela [1]

Slika 5 prikazuje graf R,S modela iz kojeg je vidljivo da se nakon isteka određenog vremenskog naruči dodatna količina artikala do one maksimalne. Također, bitno je napomenuti kako je ovo pojednostavljeni prikaz sustava u kojem nema vremena dobave L .

3.2. Modeli upravljanja zalihama sa zavisnom potražnjom

S druge strane, zavisna potražnja nekog proizvoda, tj. određenog dijela ili komponente, ovisi o potražnji nekog drugog gotovog proizvoda. Određivanje takve potražnje temeljeno je na planu proizvodnje i sastavnim dijelovima proizvoda. Dakle, može se reći da je za zavisnu potražnju karakteristična filozofija potreba, tj. veličina narudžbe temelji se na određivanju stvarne potrebe u danom trenutku. Za tu vrstu potražnje razvijeni su različiti modeli, a najpoznatiji su **Model planiranja potreba materijala** (eng. *Material Requirements Planning* – MRP) i **Model planiranja resursa za proizvodnju** (eng. *Manufacturing Resource Planning* – MRP II). Također, tu spadaju i Model planiranja resursa distribucije (eng. *Distribution Resource Planning* – DRP), zatim Model planiranja resursa poduzeća (eng. *Enterprise Resource Planning* – ERP) te *Just in time* model (JIT). U nastavku slijedi detaljniji opis pojedinih modela.

Modeli upravljanja zalihama sa zavisnom potražnjom nisu karakteristični za upravljanje zalihama potrošnog materijala, što je tema ovog rada, već za razne proizvodne sustave. Međutim, radi boljeg pregleda postojećih modela upravljanja ovdje su ukratko objašnjeni.

3.2.1. Model planiranja potreba materijala - MRP

Model planiranja materijalnih potreba MRP (eng. *Material Requirements Planning*) osmišljen je u Sjedinjenim Američkim Državama 60-ih godina 20. stoljeća. Kako su računala počela biti sve više u uporabi, tako je dolazilo i do šire primjene MRP modela.

MRP sustav temeljen je na 3 glavna cilja:

1. Pružanje dostupnosti materijala, gotovih proizvoda, poluproizvoda te raznih dijelova za isporuku korisnicima.
2. Formirati najmanju moguću razinu zaliha.
3. Sastaviti plan proizvodnje, tj. svih aktivnosti vezanih uz proizvodnju, primjerice raspored isporuka, zatim nabavne aktivnosti i sl. [2]

MRP kreće od plana proizvodnje te taj plan pretvara u popis zahtjeva za pojedine sastavne dijelove i sirovine, potrebne za proizvodnju konačnog proizvoda unutar određenog rasporeda, odnosno može se reći kako je taj model sustav za pronalaženje materijala i komponenata za

proizvodnju određenog proizvoda. Također, pomaže proizvođačima da shvate zahtjeve za zalihama dok uravnotežuju ponudu i potražnju.

Razlikujemo četiri glavna koraka MRP modela:

1. početni korak modela je određivanje potražnje kupca, zatim koristeći popis materijala, odnosno popis sirovina, sklopova i komponenti potrebnih za proizvodnju gotovog proizvoda napraviti popis potrebnih zaliha,
2. drugi korak je provjera potražnje u odnosu na ono što se već nalazi na zalihama, zatim se prema tome raspoređuju zalihe,
3. treći korak je planiranje proizvodnje, odnosno izračunavanje količine vremena i rada potrebnih za dovršetak proizvodnje, uključujući i krajnji rok izvedbe,
4. zadnji korak je praćenje procesa proizvodnje, odnosno nadzor kako bi se spriječili mogući problemi ili riješile neke nepredviđene situacije. [8]

Dakle, ključna stavka za model planiranja potreba materijala je popis materijala (eng. *bill of materials* – BOM), odnosno opsežan popis sirovina, komponenti i sklopova potrebnih za proizvodnju ili popravak usluge. BOM specificira odnos između krajnjeg proizvoda (nezavisna potražnja) i komponenti (zavisna potražnja). Nezavisna potražnja dolazi izvan proizvodnog sustava, dok zavisna dolazi unutar proizvodnog sustava.

MRP model ima nekoliko prednosti, ali isto tako i nedostataka.

Prednosti:

- sigurnost da će materijali i komponente biti dostupni kada je to potrebno,
- minimizirane razine zaliha i uz to povezani troškovi,
- optimizirano upravljanje zalihama,
- smanjeno vrijeme isporuke proizvoda kupcima,
- povećana učinkovitost proizvodnje,
- manji troškovi proizvodnje zbog veće učinkovitosti. [2]

Nedostaci:

- nepovezanost podataka (prilikom pogreške u modulu jednog skupa podataka ne ispravljaju se u drugom koji je vezan uz njega),
- MRP sustavi često mogu biti zahtjevni i skupi za implementaciju,
- nedostatak fleksibilnosti kad je u pitanju raspored proizvodnje,
- nepovezanost financijskih pokazatelja sa proizvodnjom. [2]

3.2.2. Model planiranja resursa za proizvodnju – MRP II

Model planiranja resursa za proizvodnju (eng. *Manufacturing Resource Planning – MRP II*) je integrirani informacijski sustav koji se primjenjuje u tvrtkama koje se bave različitim djelatnostima. Mnogi proizvođači su 80-ih godina 20. stoljeća shvatili kako trebaju softver koji bi se mogao spojiti s njihovim računovodstvom i predvidjeti zahtjeve za zalihama. Tako je model MRP II nastao iz modela MRP I uz nadogradnju dodatnih podataka, koji su nedostajali kod MRP I modela, primjerice potrebe zaposlenika i financijske potrebe.

Taj sustav osmišljen je kako bi centralizirao, integrirao i obradio informacije koje su vrlo korisne za učinkovitije donošenje odluka u planiranju, projektiranju, upravljanju zalihama i kontroli troškova u proizvodnji. [2]

Informacijski sustav MRP II modela obuhvaća različite funkcije, primjerice:

- planiranje poslovnih sustava,
- planiranje i nadgledanje prodaje,
- raspored proizvodnje,
- određivanje potrebnih materijala te dijelova,
- planiranje skladišnih kapaciteta. [2]

MRP II model, odnosno sustav, može kreirati detaljne rasporede proizvodnje prilikom čega koristi podatke u stvarnom vremenu kako bi uskladio dolazak potrebnih materijala i dostupnost strojeva sa radnom snagom. Također, koristi se i kao modul nekih opsežnijih sustava za planiranje resursa tvrtke (primjerice ERP-a).

3.2.3. Model planiranja resursa poduzeća - ERP

Model planiranja resursa poduzeća (eng. *Enterprise Resource Planning – ERP*) omogućuje protok informacija kroz sve funkcije u poduzeća što uključuje proizvodnju, logističke aktivnosti, financije poduzeća te ljudske resurse. Može se reći kako je ERP zapravo informacijski sustav koji je nasljednik MRP II softvera. Baza podataka cijelog poduzeća funkcionira s implementiranim aplikacijama na zajedničkoj platformi te omogućuje sve poslovne aktivnosti na jednom računalu. [2]

Takav sustav omogućuje svim odjelima unutar tvrtke da lakše komuniciraju i dijele informacije s ostatkom tvrtke. Također, prikuplja informacije o aktivnostima i stanju različitih odjela te se takve informacije mogu produktivno iskoristiti. Cijeli taj proces integrira obveze prema dobavljačima, sustave kontrola zaliha, sustave za praćenje narudžbi i baze podataka kupaca u jedan sustav. Time se povećava zadovoljstvo krajnjeg korisnika, odnosno kupaca, ali

i zaposlenika. Iako je sama implementacija vrlo skupa i komplicirana, tvrtke povećanjem same učinkovitosti smanjuju i povezane troškove. [10]

Svaki ERP model treba imati sljedeće karakteristike:

- fleksibilnost – ukoliko dođe do bilo kakve promjene, utoliko sustav mora biti u mogućnosti dati učinkovito rješenje,
- neovisnost – sustav ne smije biti ovisan o bilo kojem drugom operativnom sustavu,
- sveobuhvatnost – mora podržavati svaku poslovnu funkciju i organizaciju bilo koje djelatnosti,
- modularnost – sustav se mora sastojati od podsustava i modula te mora biti u mogućnosti dodavati i uklanjati bilo koji modul podsustava
- otvorenost – sustav mora podržavati razne hardverske platforme jer organizacije posjeduju različite sustave, a time bi se osigurala veza s aplikacijama razvijenih od strane drugih proizvođača. [11]

3.2.4. Model planiranja resursa distribucije – DRP

Model planiranja resursa distribucije (eng. *Distribution Resource Planning* – DRP) je vrsta sustavnog procesa koji omogućava kako bi se proizvodi učinkovitije isporučili, u željenim količinama i na dogovorenoj lokaciji čime bi se zadovoljila potražnja.

DRP djeluje na principu metode guranja (*push*) ili na principu metode povlačenja (*pull*). Metoda povlačenja odnosi se proizvode koji se kreću kroz mrežu, čime se ispunjavaju narudžbe kupaca, dok s druge strane *push* metoda distribuira proizvode kroz mrežu. [2]

Cilj tog sustava je praćenje i zapis toka proizvoda te mogućnost dobivanja informacija poput gdje su zalihe, koji proizvodi su u tranzitu te kako se zalihe kreću. Također, DRP omogućuje koordinaciju raznih odluka donešenim u raznim fazama distribucije. [13]

3.2.5. Just-in-time modeli - JIT

Sustav zaliha *Just-in-time*, odnosno točno na vrijeme, metoda je upravljanja koja usklađuje narudžbe raznih sirovina od dobavljača direktno s planovima proizvodnje. Tvrtke koriste ovaj model zaliha kako bi se povećala učinkovitost i smanjio otpad primajući samo proizvode koji su im potrebni za daljnji proizvodni proces. Time dolazi do znatnog smanjenja troškova zaliha. Ovakav model zahtijeva vrlo preciznu prognozu potražnje kako bi se pravovremeno mogle isporučiti potrebne zalihe. JIT proizvodni sustavi mogu značajno smanjiti troškove zaliha zbog toga što proizvođači dobivaju materijale i dijelove prema potrebi za

proizvodnju, a samim time nema troškova skladištenja. Vrlo je važno napomenuti kako tvrtke, da bi implementirale JIT sustav, trebaju osigurati stalnu proizvodnju, zatim visokokvalitetnu izradu, pogonske strojeve bez kvarova i pouzdane dobavljače. [2]

Ovaj model poznat je i pod nazivom *Toyota Production System* (TPS) jer je upravo Toyotin proizvodni sustav prvi usvojio ovakav model te ga uveo u proizvodnju 70-ih godina 20. stoljeća. Primjerice, ako tvornica za sklapanje automobila treba ugraditi zračne jastuke, ona ne drži zalihe tih zračnih jastuka u skladištu, već ih prima kada ti automobili dođu na montažnu traku. [14]

Glavna prednost ovog sustava je minimizacija potreba tvrtke za pohranjivanjem velikih količina zaliha, čime se poboljšava učinkovitost i osiguravaju se značajne uštede troškova. S druge strane, ovakav model može biti i vrlo rizičan ako dođe do nagle ponude ili potražnje jer može doći do zastoja proizvodnje, a samim time i isporuke krajnjim korisnicima. Najaktualniji primjer ovakve situacije je početak pandemije uzrokovane virusom COVID - 19 kada je došlo do naglog porasta potražnje respiratora, kirurških maski, sredstava za dezinfekciju i ostalih potrepština te proizvođači nisu mogli isporučiti potrebne količine proizvoda upravo zbog nedostatka potrebnih materijala za proizvodnju.

Postoje dva oblika *Just-in-time* sustava:

- Sinkronizirana proizvodnja – temelji se na tome da se isporuka materijala vrši točno na vrijeme te u proizvodnji nema skladišta. U tom sustavu biti će potrebna međuskladišta jer se potražnja specifičnih proizvoda ne može točno odrediti. Upravo zbog toga dnevni proizvodni program potrebno je uskladiti prema godišnjem, odnosno polugodišnjem planu proizvodnje. [15]
- Kanban sustav – u ovom sustavu koriste se kartice koje služe kako bi se naznačila potreba određenog proizvoda, sirovine, poluproizvoda umjesto korištenja cijelog papira. Postoji nekoliko varijanti kanban kartica:
 1. Vizualni kanban (prazan prostor na podu/polici, svjetlosni signal) – može se koristiti ukoliko postoji direktna vizualna između pojedinih stadija,
 2. Kanban spremnici (prazni spremnici koje je potrebno nadopuniti kada putuju kroz sustav)
 3. Kanban kartice (za složenije sustave s više proizvoda) – jedna kanban kartica povezana je sa jednim spremnikom. [15]

Prema [16] Kanban se može izračunati pomoću formule (4):

$$K = \frac{DL(1+S)}{C} \quad (4)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

K – broj setova kanban kartica,

D – očekivana potražnja jedinica tijekom ciklusa,

L – vrijeme kašnjenja za izradu narudžbe,

S – sigurnosne zalihe izražene u postocima potražnje u vremenu kašnjenja,

C – veličina spremnika. [15]

4. PRIKAZ TVRTKE I TRENUTNOG MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA

4.1. Općenito o Tvrtki

Tvrtka se bavi održavanjem objekata, odnosno higijenskim i tehničkim održavanjem velikih trgovačkih centara. Budući da se radi o velikim objektima s brojnim posjetiteljima, potrebno je imati optimalne zalihe potrošnog materijala na skladištu, kako ne bi došlo do ugrožavanja poslovanja Tvrtke. Isto tako, nužno je definirati model upravljanja zalihama higijensko potrošnog materijala, kako bi se optimizirali troškovi zaliha i smanjio udio pogreške djelatnika prilikom naručivanja dodatnih količina materijala.

Kako se Tvrtka bavi održavanjem više trgovačkih centara tako je preuzimanjem novog centra već mogla približno proračunati troškove higijensko-potrošnog materijala. Međutim, troškovi materijala ovise o broju posjetitelja, a posjećenost određenog centra ovisi o lokaciji i okolnim sadržajima te se brojke mogu razlikovati. Zbog toga je potrebno pratiti potrošnju kroz ciklus od minimalno godine dana kako bi se budžet mogao prilagoditi realnom stanju. Unutar godine dana se razlikuje potrošnja zbog sezonskih popusta i akcija unutar trgovačkog centra. Osim događaja unutar centra, posjećenost ovisi i o vremenskim uvjetima, sadržajima u blizini i slično. Primjerice, ako je kišan dan, više ljudi će se odlučiti provesti dan u trgovačkom centru, umjesto vani u prirodi. Svrha definiranja modela upravljanja zalihama pridonijet će boljem planiranju troškova cjelokupnog projekta. Revizijom budžeta određeni iznos može se preusmjeriti na ostala poboljšanja, kako bi se zadržala konkurentnost Tvrtke.

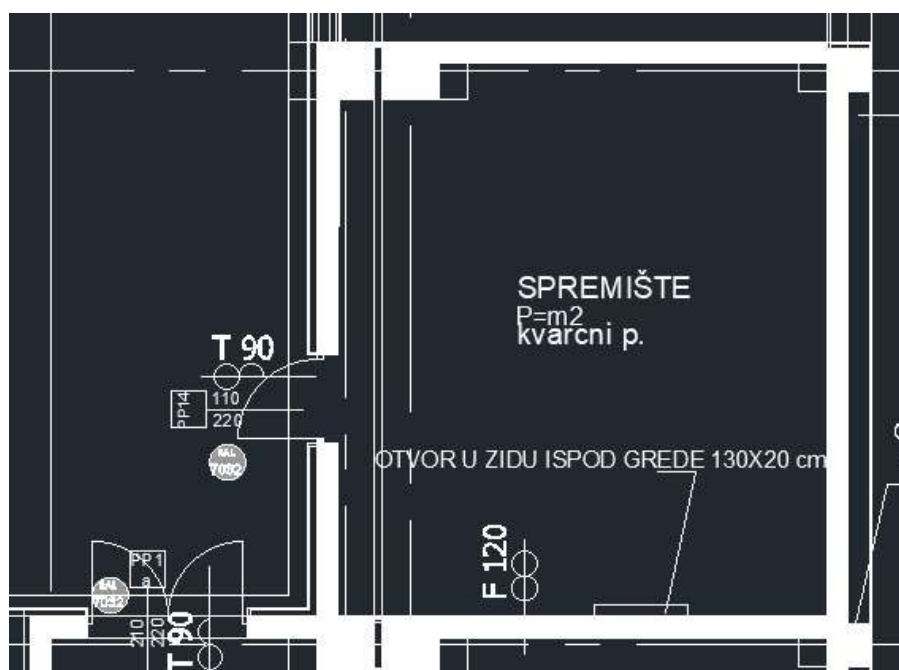
4.2. Trenutni model upravljanja zalihama

Tvrtka se bavi održavanjem objekta godinu dana i trenutno je princip rada takav da se pregledom utvrdi koje količine materijala su na skladištu te se po procjeni naruči nova količina. To često dovodi do situacije da materijal ne stigne na vrijeme na objekt jer je vrijeme dostave predugo ili da se naruči kriva količina materijala, što uzrokuje veće troškova jer neki artikli stoje na skladištu duže vremena, dok drugih nedostaje. Idealno bi bilo kada bi dobavljač materijala imao već unaprijed određene količine materijala, koje mora dopremiti do određenog datuma na objekt. Time bi se smanjio broj pogrešaka, kao i novac utrošen na nabavu materijala. Naime, trenutno količine koje se naručuju ovise o procjeni djelatnika, koji uz praćenje količina materijala ima i brojne druge zadatke. Točnim definiranjem modela bi se olakšao posao tom djelatniku tako da npr. dobije već unaprijed određene količine koje se naručuju određeni dan i da samo u određenim periodima mora napraviti inventuru materijala koja je na skladištu.

Budući da se radi o održavanju trgovačkog centra, potrošnja higijenskog materijala uvelike ovisi o broju posjetitelja. Zbog trenutne situacije s COVID-19 smanjen je broj posjetitelja pa se tako koristi i manje materijala. Potrebno je kroz mjesece uvidjeti promjene u potrošnji koje ovise o sezonskim sniženjima i ponudama dućana jer to diktira veću posjećenost centra. Pretpostavlja se da će se obrasci potrošnje materijala po mjesecima iz godine u godinu ponavljati. Primjerice, trgovački centri u kontinentalnom dijelu Hrvatske očekuju manju posjećenost tijekom ljetne sezone, a veću u zimskoj, dok je u primorju i ljetna sezona zbog turista povećana. Naravno da se iz godine u godinu može mijenjati broj posjetitelja u određenom razdoblju zbog novonastalih okolnosti, ali pretpostavlja se da odstupanja neće biti velika u odnosu na trenutno razdoblje od godine dana u kojemu su se pratile tendencije potrošnje. Ako i dođe do većih promjena, model se lako može prilagoditi jednom kad se djelatnicima i Tvrtki uvede rutina i točno definira model.

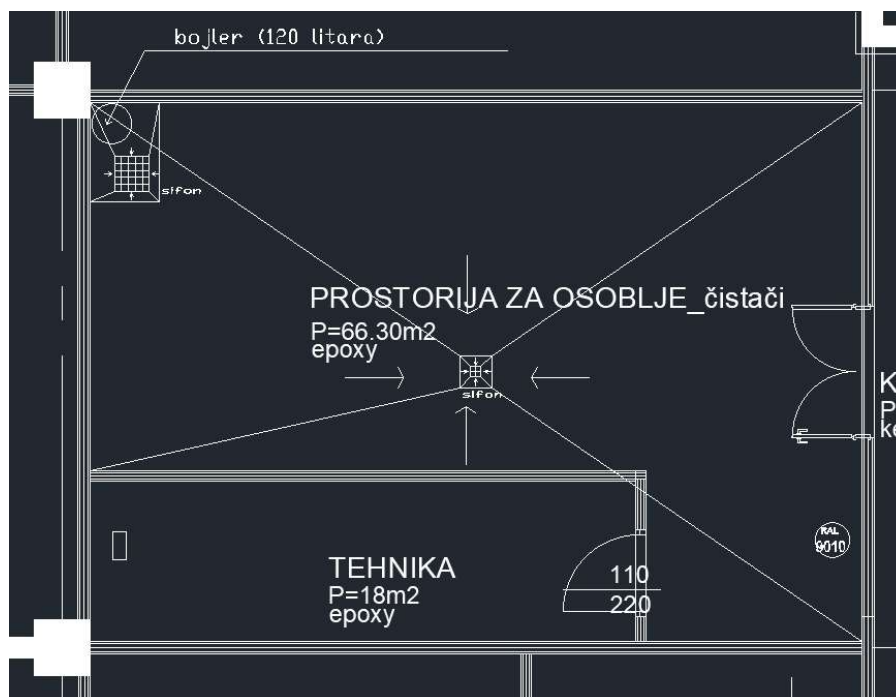
4.3. Skladišni prostor

Postoje dva skladišta higijensko-potrošnog materijala. Sav materijal se prvo skladišti u prostor od cca. 50 m², prikazano na slici 6, koje je lako dostupno dostavljaču jer može vozilom doći direkt pred ulaz u skladište. Roba se skladišti na paletama na podu.



Slika 6. Tlocrt prvog skladišnog prostora [16]

Za brže obavljanje poslova postoji i drugo skladište u sklopu prostora djelatnika koji obavljaju čišćenje i nadopunu potrošnog materijala na objektu, prikazano na slici 7. Zbog toga se određena količina materijala skladišti u manjem skladištu od cca. 18 m² u kojem postoji regal s policama za sitniji materijal, a ostatak materijala se odlaže podno. Time djelatnici Tvrtke ne troše puno vremena na odlazak do većeg skladišta, već im je sav materijal u blizini pozicije na kojoj obavljaju radne zadatke.



Slika 7. Tlocrt drugog skladišnog prostora [16]

4.4. Prikaz prikupljenih podataka

Kako je tvrtka preuzela održavanje tog objekta, odnosno trgovačkog centra, od 1.11.2020. godine, prikupljeni podaci dosadašnjih narudžbi su u razdoblju od početka preuzimanja pa do 1.11.2021. godine, dakle razdoblje od godinu dana.

Svi prikupljeni podaci raspodijeljeni su u 3 tablice, svaka tablica označava jednu kategoriju artikala. Tablica 1 označava kategoriju higijenskih potrepština u koju su svrstani artikli poput sapuna za ruke, toaletnog papira i sl. Tablica 2 prikazuje popis narudžbi iz kategorije kemikalija. U tablici 3 prikazan je popis svih narudžbi artikala iz kategorije pribora za čišćenje i održavanje, primjerice rukavice, vreće za smeće, razne boce i sl.

Tablica 1. Popis narudžbi higijenskih potrepština [16]

Higijenske potrepštine		
Artikl	Datum	Količina
Sapun za ruke 51	2.11.2020.	30
	19.11.2020.	20
	25.11.2020.	50
	12.1.2021.	15
	27.1.2021.	20
	10.2.2021.	15
	03.03.2021.	15
	17.03.2021.	10
	18.03.2021.	12
	31.03.2021.	15
	30.04.2021.	15
	14.05.2021.	15
	21.05.2021.	25
	07.06.2021.	6
	16.06.2021.	15
	6.7.2021.	10
	23.7.2021.	10
	26.7.2021.	15
	3.8.2021.	15
	4.8.2021.	15
	13.8.2021.	15
	24.8.2021.	20
	1.9.2021.	20
	10.9.2021.	25
	24.9.2021.	20
	1.10.2021.	20
7.10.2021.	10	
14.10.2021.	20	
27.10.2021.	20	
4.11.2021.	15	

Toaletni papir - listići [kut]	16.11.2020.	140
	20.11.2020.	120
	2.12.2020.	46
	3.12.2020.	46
	4.1.2021.	120
	27.1.2021.	140
	3.3.2021.	140
	7.5.2021.	150
	7.6.2021.	144
	6.8.2021.	96
	1.9.2021.	96
	7.10.2021.	40
	15.10.2021.	40
	27.10.2021.	40
Papirnati ručnici u roli 6/1	4.11.2020.	20
	25.11.2020.	20
	10.04.2021.	10
	26.04.2021.	20
	14.05.2021.	45
	28.05.2021.	10
	16.7.2021.	40
	30.7.2021.	15
	2.8.2021.	40
	18.8.2021.	40
	1.9.2021.	40
	13.9.2021.	40
	24.9.2021.	40
	7.10.2021.	40
20.10.2021.	40	
4.11.2021.	40	
Gel za dezinfekciju ruku 5l	14.1.2021.	40
Ručnici uski bijeli	20.11.2020.	2

Toaletni papir rola 12/1 [kut]	30.7.2021.	10
	6.8.2021.	10
	13.8.2021.	10
	24.8.2021.	10
	1.9.2021.	15
	14.9.2021.	20
	24.9.2021.	10
	1.10.2021.	10
	7.10.2021.	15
	14.10.2021.	10
	20.10.2021.	15
	27.10.2021.	10
	4.11.2021.	10

Tablica 2. Popis narudžbi kemikalija [16]

Kemikalije		
Artikl	Datum	Količina
Deterdžent za pranje rublja faks helizim 10 kg	2.11.2020.	2
	25.11.2020.	2
	5.1.2021.	2
	27.1.2021.	1
	10.2.2021.	1
	03.03.2021.	1
	23.03.2021.	2
	30.04.2021.	1
	14.05.2021.	1
	07.06.2021.	2
	26.7.2021.	1
	3.8.2021.	1
	10.9.2021.	2
	1.10.2021.	1
	20.10.2021.	1
4.11.2021.	1	

Taski Sani Cid 5l	25.11.2020.	4
	14.12.2020.	3
	21.12.2020.	3
	06.05.2021.	4
	21.05.2021.	1
	28.05.2021.	2
	21.7.2021.	2
	26.7.2021.	2
	3.8.2021.	2
	4.8.2021.	3
	18.8.2021.	2
	1.9.2021.	2
	10.9.2021.	2
	24.9.2021.	2
	7.10.2021.	2
27.10.2021.	2	
Osvježivač prostora	15.1.2021.	18
	9.11.2020.	18
	31.03.2021.	18
Buzilmetasoft 600ml	2.11.2020.	3
	25.11.2020.	3
	21.12.2020.	10
	31.03.2021.	6
	27.04.2021.	5
	10.9.2021.	10
Cleanclean pro wash 20l	4.11.2020.	2
	9.11.2020.	1
	13.11.2020.	3
	20.11.2020.	4
	13.8.2021.	4
	18.8.2021.	2
	24.9.2021.	2
	26.10.2021.	3

Capri alko plus 5l	11.11.2020.	6
	19.11.2020.	10
	25.11.2020.	15
	16.04.2021.	10
	4.8.2021.	10
	30.8.2021.	10
	13.9.2021.	10
	7.10.2021.	10
Dopomat xtreme 10l	17.11.2020.	1
	21.12.2020.	1
	06.05.2021.	2
	14.9.2021.	1
	27.10.2021.	1
Taski Jontec 5l	17.11.2020.	1
	25.11.2020.	4
	21.12.2020.	2
Taski Sprint 5l	25.11.2020.	4
	21.12.2020.	3
	27.10.2021.	1
Vinox - Matic 10l	17.11.2020.	1
	21.12.2020.	1
Clean San - alk 750ml	5.1.2021.	6
	11.11.2020.	12
Solna kiselina - 1l	31.03.2021.	15
	20.10.2021.	14
	21.10.2021.	38
Sanikal - 1l	06.05.2021.	2
	16.8.2021.	10
Sredstvo za čišćenje pokretnih stepenica 20l	28.12.2020.	1
Clean San HS 500 ml	11.11.2020.	12
Tablete za perilicu posuđa (60 tableta)	2.11.2020.	1

Tornado 10l	21.12.2020.	1
Hammer 10l	19.7.2021.	1
	1.9.2021.	1
	14.9.2021.	1
	29.9.2021.	1
Clean San gel za dezinfekciju ruku 5l	24.8.2021.	20
	30.9.2021.	20
Destilirana voda 5l	1.10.2021.	10

Tablica 3. Popis narudžbi pribora za čišćenje i održavanje [16]

Pribor za čišćenje i održavanje		
Artikl	Datum	Količina
Vreće za smeće 70x110 (10/1)	2.11.2020.	360
	25.11.2020.	360
	17.12.2020.	180
	12.1.2021.	360
	27.1.2021.	60
	10.2.2021.	30
	23.03.2021.	120
	27.04.2021.	120
	06.05.2021.	60
	18.05.2021.	90
	28.05.2021.	342
	3.8.2021.	120
	13.8.2021.	60
	24.8.2021.	180
	1.9.2021.	210
	24.9.2021.	120
	7.10.2021.	90
20.10.2021.	210	
27.10.2021.	60	
4.11.2021.	60	

Vreće za smeće 50x70 (20/1)	2.11.2020.	150
	25.11.2020.	150
	17.12.2020.	150
	12.1.2021.	150
	27.1.2021.	100
	10.2.2021.	50
	23.03.2021.	50
	27.04.2021.	100
	06.05.2021.	50
	21.05.2021.	100
	28.05.2021.	50
	21.7.2021.	120
	3.8.2021.	32
	4.8.2021.	84
	1.9.2021.	200
	10.9.2021.	60
	24.9.2021.	60
	7.10.2021.	60
20.10.2021.	90	
4.11.2021.	44	
Rukavice bez pudera 150/1 [kut]	6.11.2020.	10
	20.11.2020.	13
	25.11.2020.	20
	17.12.2020.	20
	12.1.2021.	4
	23.03.2021.	5
	31.03.2021.	5
	15.04.2021.	5

Rukavice nitril 100/1 M [kut]	24.11.2020.	3
	18.1.2021.	6
	27.1.2021.	3
	27.04.2021.	10
	07.05.2021.	5
	14.05.2021.	5
	18.05.2021.	5
	31.05.2021.	10
	21.7.2021.	10
	3.8.2021.	10
	18.8.2021.	10
	3.9.2021.	10
	14.9.2021.	10
	24.9.2021.	10
	15.10.2021.	10
27.10.2021.	10	
Spužve za suđe male 6/1	2.11.2020.	9
	25.11.2020.	4
	5.1.2021.	4
	27.1.2021.	3
	23.03.2021.	2
	30.04.2021.	3
	28.05.2021.	2
	26.7.2021.	3
	13.8.2021.	2
	1.9.2021.	2
	10.9.2021.	2
	7.10.2021.	2
	20.10.2021.	2
27.10.2021.	2	
Kolica za institucijsko čišćenje	3.11.2020.	2
	23.7.2021.	1
	26.10.2021.	8

Krpa micro plava 1/1	3.11.2020.	30
	17.11.2020.	2
	19.11.2020.	15
	25.11.2020.	15
	21.12.2020.	40
	07.06.2021.	10
	19.7.2021.	10
	13.8.2021.	10
	30.8.2021.	10
	14.10.2021.	10
	4.11.2021.	10
Vreće za smeće 95x110 (10/1)	2.11.2020.	250
	25.11.2020.	250
	12.1.2021.	250
	28.05.2021.	30
	07.06.2021.	150
	21.7.2021.	100
	3.8.2021.	150
	24.8.2021.	150
	1.9.2021.	75
	14.9.2021.	150
	24.9.2021.	30
	7.10.2021.	150
	20.10.2021.	150
Mrežica za pisoar	2.11.2020.	25
	25.11.2020.	25
	10.12.2020.	10
	23.03.2021.	30
	4.8.2021.	20
	24.8.2021.	10
	10.9.2021.	10
	20.10.2021.	20
	27.10.2021.	10

Krpa micro žuta 1/1	3.11.2020.	15
	19.11.2020.	10
	25.11.2020.	10
	21.12.2020.	40
Mop	3.11.2020.	90
	4.11.2020.	30
	20.11.2020.	25
	21.12.2020.	20
	19.7.2021.	10
	7.9.2021.	4
	20.10.2021.	20
	21.10.2021.	10
Lopatica za smeće i metlica	2.11.2020.	15
	12.1.2021.	8
	28.05.2021.	5
	20.10.2021.	6
Rukavice žute M/8	2.11.2020.	20
	25.11.2020.	20
	31.12.2020.	12
Krpa micro crvena 1/1	3.11.2020.	30
	21.12.2020.	40
	07.06.2021.	10
	19.7.2021.	10
	13.8.2021.	10
	30.8.2021.	10
	4.11.2021.	10
Lopatica + drška	4.11.2020.	5
	19.11.2020.	10
	28.05.2021.	6
	20.10.2021.	3
Rukavice nitril 100/1 L	18.1.2021.	9
	27.1.2021.	3
	24.11.2020.	3

Boca bez pumpice 500 ml	4.11.2020.	20
	25.11.2020.	20
	18.05.2021.	10
	7.9.2021.	10
Šprica za bocu 500ml	4.11.2020.	20
	25.11.2020.	20
	18.05.2021.	10
	7.9.2021.	10
Drška mop aluminijska	3.11.2020.	12
	17.11.2020.	1
	21.12.2020.	20
Rukavice s puderom (100/1)	12.1.2021.	16
	10.2.2021.	8
Praško metlica za prašinu sa teleskopskom drškom	4.11.2020.	10
	11.03.2021.	4
	16.8.2021.	7
	24.8.2021.	3
	10.9.2021.	8
Metla sirak 5x prošivena	4.11.2020.	3
	11.2.2021.	5
	7.9.2021.	3
	7.10.2021.	3
Rukavice žute L/9	2.11.2020.	20
	31.12.2020.	12
Teleskopski štap 4x4x3m	21.1.2021.	1
	3.11.2020.	3
Pad combi melamin ručni	17.11.2020.	2
	21.12.2020.	10
Boca s pumpicom 750 ml	11.11.2020.	10
	25.11.2020.	10
Metla	11.11.2020.	2
	19.11.2020.	10
	7.9.2021.	10

Četka za paučinu	3.11.2020.	2
	11.03.2021.	4
	16.8.2021.	2
	24.8.2021.	4
Boca sa raspršivačem sani cid 500 ml	21.12.2020.	10
Boca sa raspršivačem sprint 500 ml	21.12.2020.	10
Štap plastificirani s navojem 1,2 m	10.2.2021.	6
Žileti dugi za strugač poda 25/1	11.2.2021.	1
	24.9.2021.	10
Strugač poda sa ručkom željeznom 25cm	11.2.2021.	5
	24.9.2021.	10
Četka za ribanje bijela 22cm	2.11.2020.	5
Držać pada sa zglobovom za dršku	21.12.2020.	10
	7.9.2021.	2
	4.11.2021.	6
Runo kpl za pranje stakla 45cm	2.11.2020.	10
Brisač stakla kpl	2.11.2020.	10
Krpa micro zelena 1/1	17.11.2020.	1
Pad zeleni	21.12.2020.	10
	10.9.2021.	10
Drška drvena za metlu	19.11.2020.	10
	7.9.2021.	10
Držać drške unimove	21.12.2020.	9
Držać mopa za prašinu	21.12.2020.	10
	30.8.2021.	10
Vrtne škare	11.11.2020.	2

Grablje 16 zuba	11.11.2020.	2
Univerzalna metla	11.11.2020.	2
Metla za snijeg	11.11.2020.	2
Grablje za lišće	11.11.2020.	1
Ploča za mop	3.11.2020.	12
Ključić euromop	11.11.2020.	10
	4.8.2021.	20

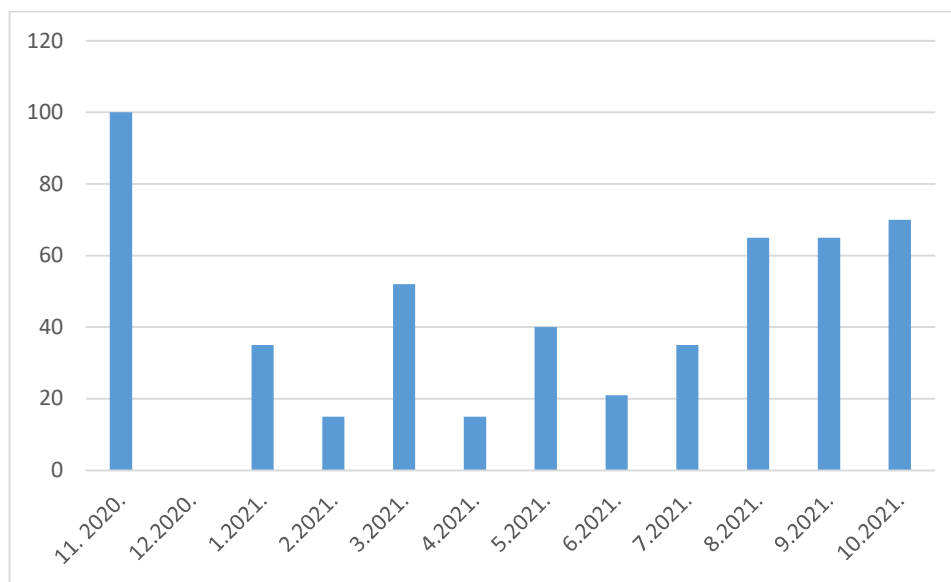
Iz prethodnih tablica vidljivo je kako se neki artikli periodično učestalo naručuju, dok su neki artikli naručeni samo jednom, najviše njih tek na početku preuzimanja objekta. Pretpostavlja se da je na početku tvrtka morala određene artikle isprobati kako bi odlučila koje će dalje nastaviti koristiti. Također ima određenih artikala poput grablji, držača i kolica koji se ne potroše tako lako. Tablica 4 prikazuje popis artikala koji se najčešće koriste te koliko puta su bili naručivani u periodu od 1.11.2020. do 1.11.2021.

Tablica 4. Popis artikala s najučestalijim narudžbama [16]

ARTIKL	BROJ NARUDŽBI
Sapun za ruke 5l	30
Vreće za smeće 70x110 (10/1)	20
Vreće za smeće 50x70 (20/1)	20
Papirnati ručnici u roli 6/1	16
Deterdžent za pranje rublja faks helizim - 10 kg	16
Taski Sani Cid 5l	16
Rukavice nitril 100/1 M [kut]	16
Toaletni papir - listići [kut]	14
Spužve za suđe male 6/1	14
Toaletni papir rola 12/1 [kut]	13

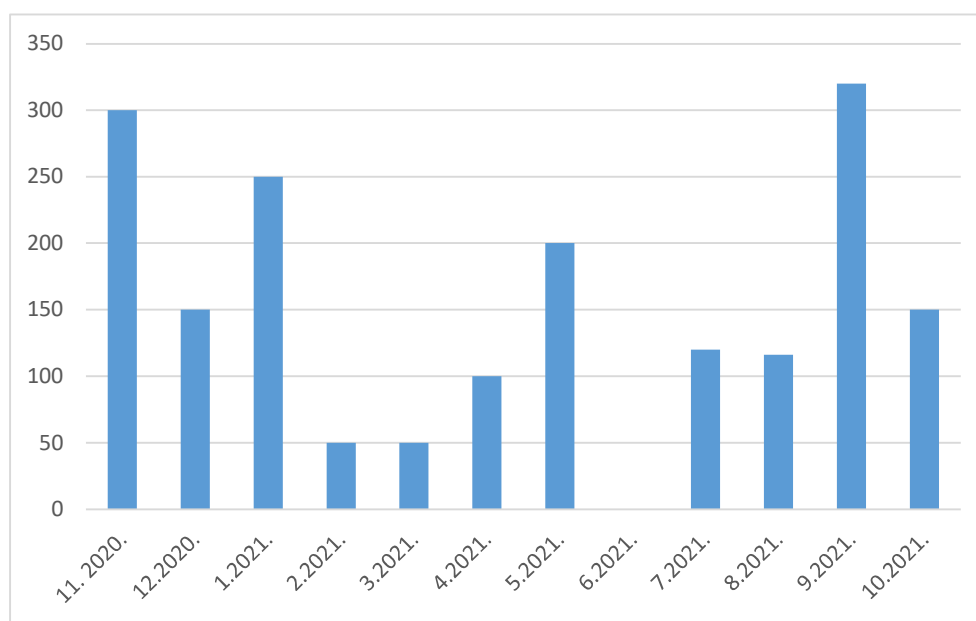
4.5. Analiza prikupljenih podataka

Prema popisu artikala s najučestalijim narudžbama iz tablice 4 i u dogovoru s Tvrtkom, odabrani artikli za daljnju analizu i prijedlog modela upravljanja zalihama su sapun za ruke, vreće za smeće 50x70 i toaletni papir u listićima. U nastavku će se grafički prikazati podaci o naručivanju odabranih artikala na mjesečnoj bazi. Promatra se razdoblje od godine dana.



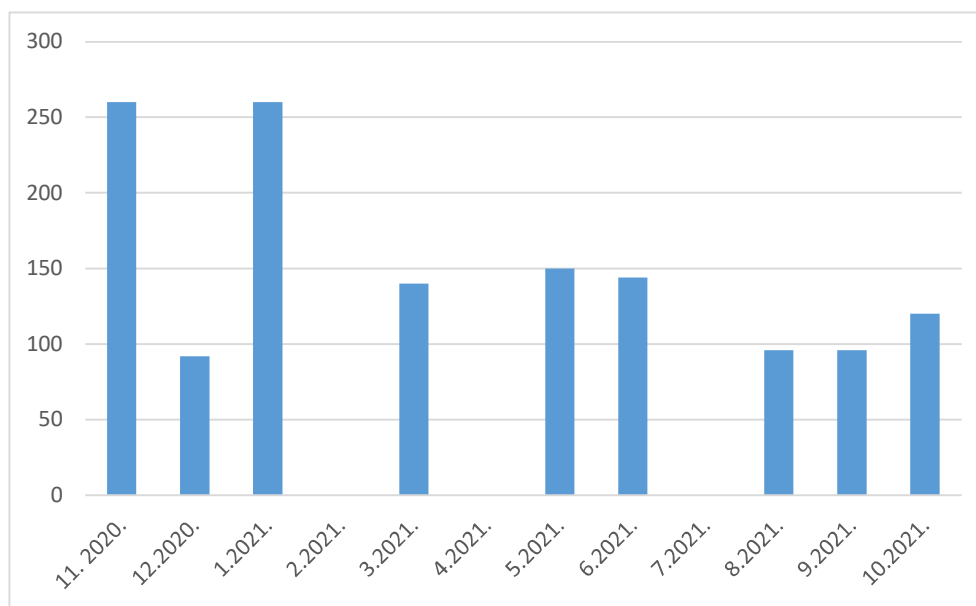
Slika 8. Prikaz naručene količine sapuna po mjesecima [16]

Budući da je tvrtka počela s održavanjem objekta u studenom 2020. iz grafa na slici 8 vidljivo je da je tada naručena najveća količina proizvoda. Vjerojatno zbog neznanja i straha od pomanjkanja proizvoda naručena je toliko velika količina da nije bilo potrebe za narudžbom u prosincu. Može se pretpostaviti da je početna naručena količina bila dostatna i za početak iduće godine jer je tek u ožujku ponovno naručena veća količina. Može se smatrati kako je ova prva godina zapravo testna za Tvrtku te će se tek iduće godine moći točnije definirati model upravljanja zalihama. Za očekivati je da će najveća potrošnja biti u predblagdansko vrijeme poput kraja godine jer je tada veća posjećenost trgovačkog centra.



Slika 9. Prikaz naručene količine vreća za smeće po mjesecima [16]

Graf na slici 9 prikazuje narudžbu vreća za smeće. Tvrtka koristi vreće za smeće u koševima unutar i izvan objekta održavanja, što znači da njihova potrošnja ovisi o posjetiteljima unutar centra, ali i slučajnim prolaznicima izvan centra. Također, svi koševi namijenjeni su odvajanju otpada pa se za svaki koš koriste tri vrećice namijenjene za odvajanje papira, plastike i miješanog otpada. Ponovno se iz grafa vidi da je na početku preuzimanja objekta naručena veća količina, ali da su bile i veće potrebe u odnosu na sapun pa su dodatne količine naručene već u prosincu i siječnju. Može se zaključiti da je nešto manja potrošnja bila u veljači i ožujku dok je pred blagdane u travnju ponovno naručena veća količina. Također, budući da se radi o trgovačkom centru na kontinentalnom dijelu te u lipnju nije bilo potrebe za dodatnom narudžbom.



Slika 10. Prikaz naručene količine toaletnog papira u listićima po mjesecima [16]

Na slici 10 prikazan je graf naručene količine toaletnog papira u listićima. Ponovno je vidljivo da je naručena veća sigurnosna količina na početku u studenom, dok je u prosincu nadopunjena manja količina proizvoda. Može se zaključiti da je zbog blagdana u prosincu potrošnja bila veća od očekivane pa se ponovno u siječnju naručila veća količina toaletnog papira u listićima. Nakon siječnja završavaju sezonska sniženja pa se naručena količina nije potrošila.

Iz sva tri grafa se vidi da je trenutni model upravljanja zalihama podložan utjecaju straha od pomanjkanja materijala te se zbog toga u određenim razdobljima naruče prevelike količine koje se zapravo ne potroše, a to dovodi do toga da je kapital Tvrtke uložen u prekomjerne zalihe koje se nalaze na skladištu. Optimalno bi bilo da je Tvrtka na mjesečnoj bazi naručila točno onu količinu proizvoda koja će se potrošiti kako bi novčana sredstva, umjesto na zalihe, mogla potrošiti na ostala poboljšanja.

5. PRIMJENA MODELA UPRAVLJANJA ZALIHA NA PRIMJERU TVRTKE

U sljedećim potpoglavljima opisana je primjena nekoliko modela upravljanja zaliha na primjeru tvrtke tj. koristeći prikupljene podatke iz Tvrtke o potrošnji higijenskih potrepština.

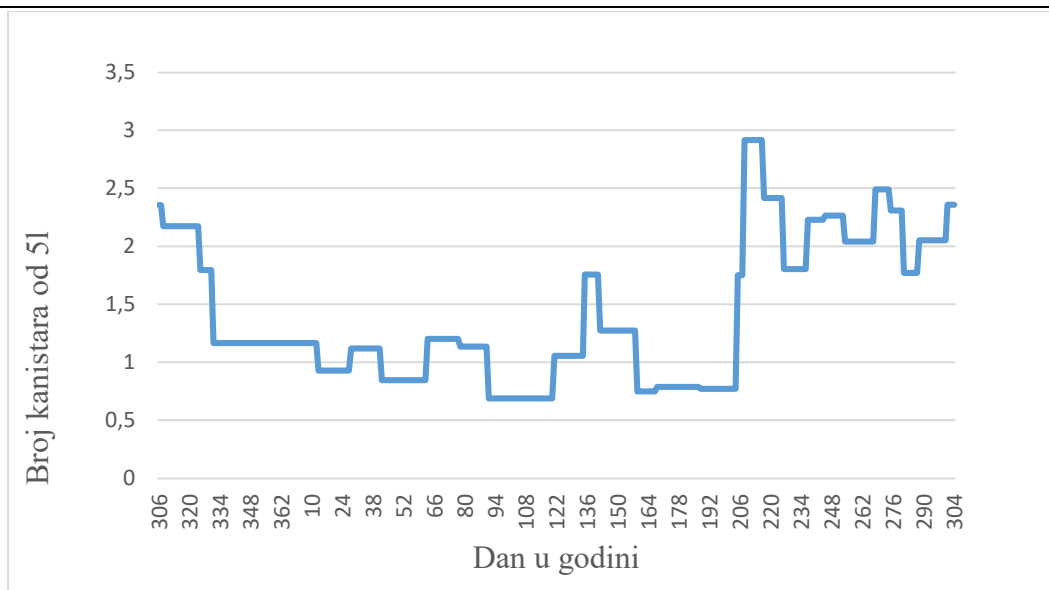
5.1. Priprema podataka

Kao što je već navedeno u prethodnim poglavljima promatrat će se najčešće naručivani artikli, sapun, vreće za smeće i toaletni papir. Podaci će se analizirati pomoću dva prethodno opisana modela, a to su EOQ i R,S model. Budući da Tvrtka ima podatke samo o naručenim količinama, ali ne i stvarnoj potrošnji, podatke je potrebno obraditi, uz određene pretpostavke, kako bi bili primjenjivi za izračun.

Kod osnovnog EOQ modela pretpostavlja se da je potrošnja uniformna, tj. jednaka u svakom danu. U tom slučaju dnevna potrošnja se može izračunati kao godišnja naručena količina podijeljena s brojem dana u godini. Međutim, u realnosti potrošnja je varijabilna što se u modelu uzima u obzir dodavanjem sigurnosnih zaliha.

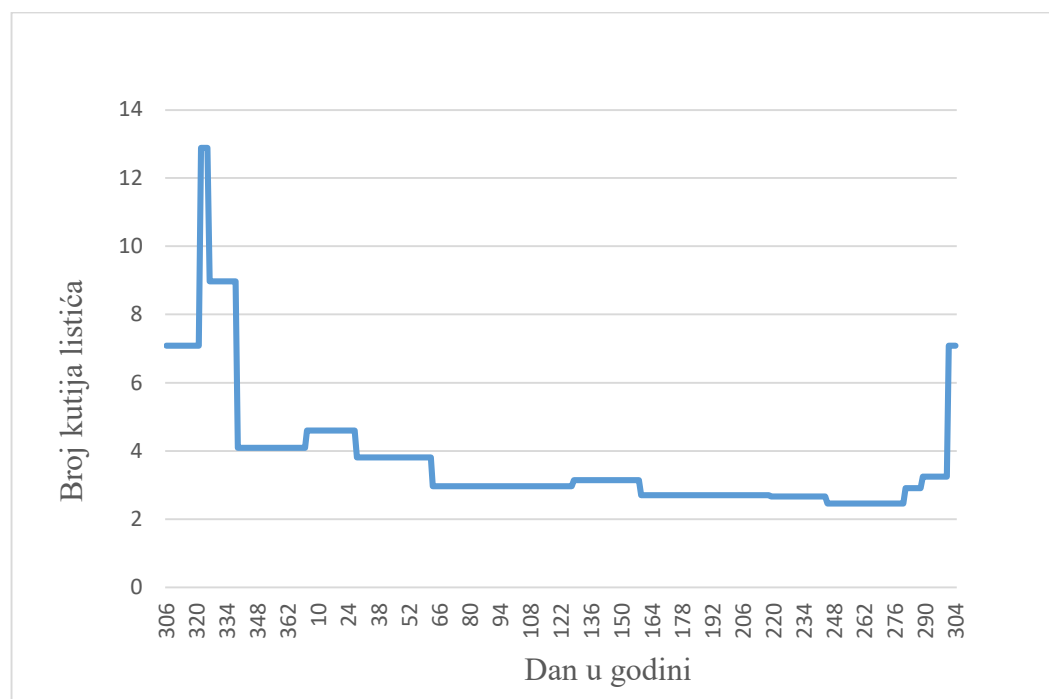
S druge strane, kod R,S modela ne pretpostavlja se jednolika potrošnja svakog dana. Prema datumima i količinama narudžbi možemo vrlo lako vidjeti da potrošnja materijala varira kroz godinu.

Da bi proveli simulaciju modela trebamo prvo iz podataka o narudžbama odrediti prosječnu potrošnju po danu. Kako tvrtka nije provodila sistematično naručivanje prema nekim unaprijed definiranim pravilima, nego po vlastitom nahođenju djelatnika, uvedena je pretpostavka da se materijal iz trenutne narudžbe jednoliko trošio od datuma njoj prethodne narudžbe do datuma njoj sljedeće narudžbe zbog uprosječavanja količina potrebnih za izračun. To je zbog toga što Tvrtka trenutnu narudžbu temelji na tendenciji potrošnje od prošle narudžbe. Također, Tvrtka nije imala točno definiran model da bi primjerice naručivala artikle do točno određene željene količine proizvoda, kao što je to u R,S modelu, već prema vlastitom nahođenju. Pod tim pretpostavkama izračunata je prosječna dnevna potrošnja koja je prikazana na donjim grafovima.



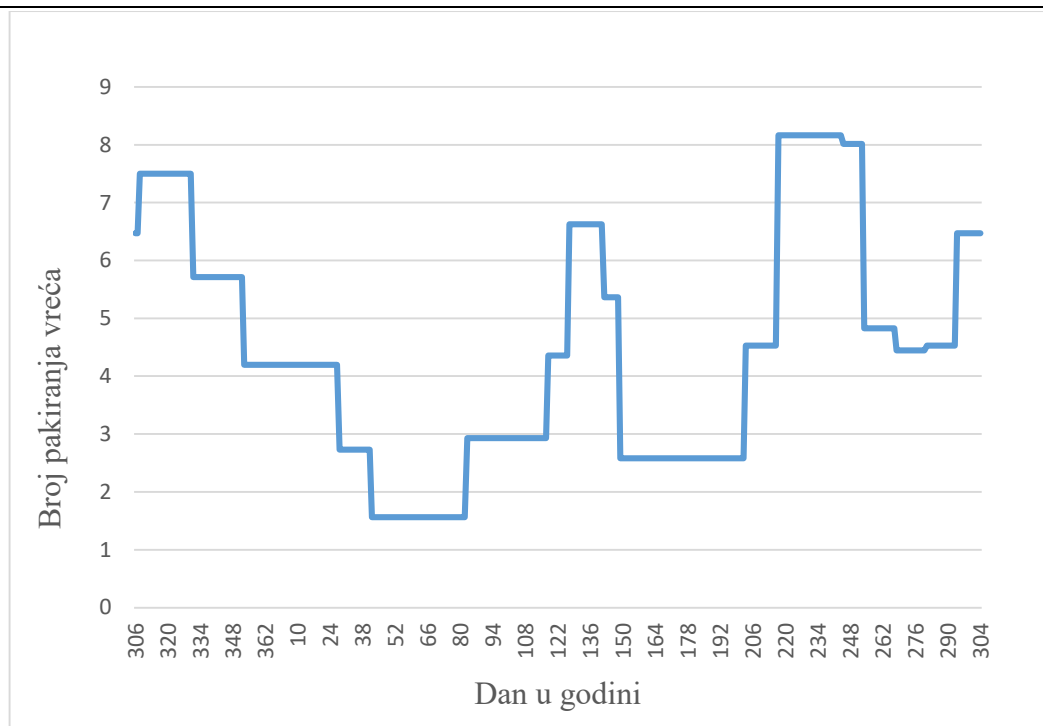
Slika 11. Graf dnevne potrošnje sapuna za ruke [16]

Na slici 11 prikazan je graf o dnevnoj potrošnji sapuna za ruke. Budući da je Tvrtka preuzela održavanje objekta u studenome 2020., na x osi je početni dan prikazan kao 306. dan u 2020. godini, a prikupljeni podaci završavaju s 304. danom u 2021. godini.



Slika 12. Graf dnevne potrošnje toaletnog papira [16]

Na slici 12 prikazan je graf o dnevnoj potrošnji toaletnog papira u listićima.



Slika 13. Graf dnevne potrošnje vreća za smeće [16]

Na slici 13 prikazan je graf o dnevnoj potrošnji vreća za smeće.

5.2. Osnovni EOQ model

U nastavku će se prikazati primjena osnovnog EOQ modela na podacima dobivenim iz Tvrtke. Podaci se odnose na potrošnju sapuna za ruke prikazanoj u tablici 1. Oznaka D predstavlja ukupnu godišnju potrošnju i iznosi 513 komada kanistara po 5 litara sapuna. Kod primjene modela mora se uzeti u obzir trošak narudžbe i trošak skladištenja. Prema podacima dobivenim iz Tvrtke uobičajen trošak narudžbe c_0 bi iznosio 50 novčanih jedinica po narudžbi, a trošak godišnjeg skladištenja c_h iznosi 25% cijene proizvoda. Cijena proizvoda, označena slovom c , iznosi 24 n.j. Oznaka d predstavlja dnevnu potrošnju sapuna, a iznosi 1,405 komada po danu. Vrijeme dobave L iznosi 2 dana. S ovim podacima izračunat će se ekonomična količina naručivanja Q te razina zaliha pri kojoj dolazi do ponovne narudžbe, odnosno ROL .

U nastavku slijedi izračun:

$$D = 513 \text{ kom}$$

$$c_0 = 50 \text{ n.j./narudžbi}$$

$$c = 24 \text{ n.j./kom}$$

$$L = 2 \text{ dana}$$

$$c_h = \frac{25}{100} \cdot 24 = 6 \text{ n.j./}(\text{kom} \cdot \text{god}) \quad (5)$$

$$T_{uk} = c_h \frac{Q}{2} + c_0 \frac{D}{Q} \quad (6)$$

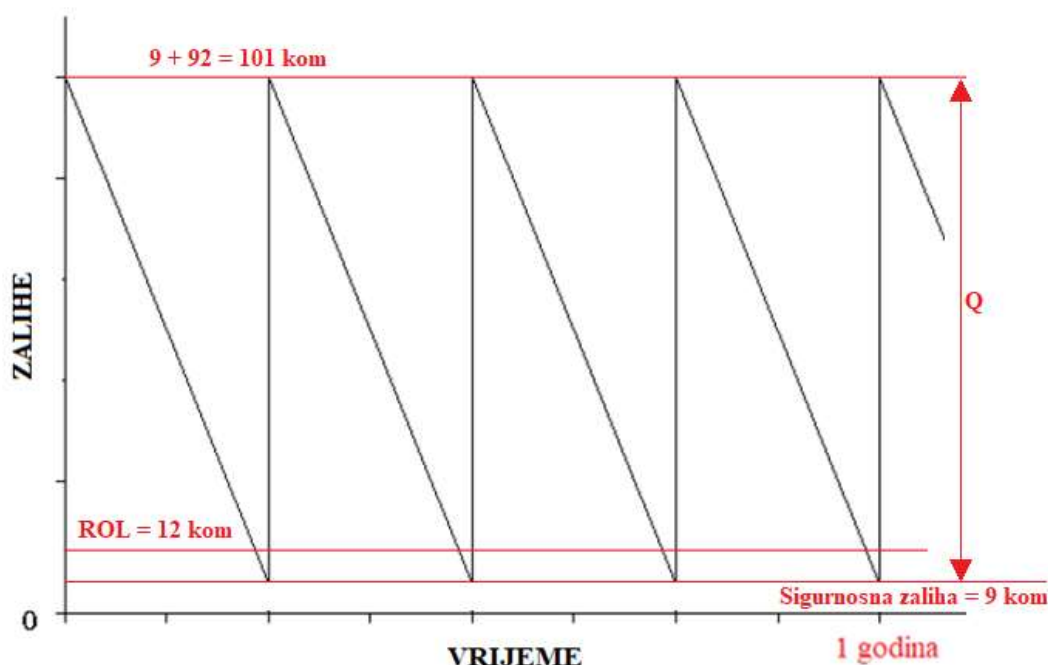
$$Q = \sqrt{2D \frac{c_0}{c_h}} = \sqrt{2 \cdot 513 \cdot \frac{50}{6}} = 92,4 \text{ kom} \quad (7)$$

$$T_{uk} = \sqrt{2Dc_0c_h} = \sqrt{2 \cdot 513 \cdot 50 \cdot 6} = 554,79 \text{ n.j.} \quad (8)$$

$$d = \frac{D}{365} = \frac{513}{365} = 1,405 \text{ kom/dan} \quad (9)$$

$$ROL = L \cdot d = 2 \cdot 1,405 = 2,81 \approx 3 \text{ kom} \quad (10)$$

Prema izračunu ekonomična količina narudžbe Q iznosi 92,4 komada, razina pri kojoj treba ponovno naručiti sapun, odnosno signalna zaliha, iznosi 3 komada, no zbog varijabilnosti potražnje treba uzeti u obzir i sigurnosne zalihe. Kao što je navedenu u poglavlju 2.4., jedan od načina određivanja sigurnosne zalihe je korištenjem tehnike koja uzima da je sigurnosna zaliha jednaka 10-20% količine naručivanja. Za slučaj sapuna računat će se kao 10% količine narudžbe Q , što iznosi 9 komada. Zbrojem signalne i sigurnosne zalihe dobije se količina od 12 komada što predstavlja ponovnu točku naručivanja. Ukupni godišnji troškovi držanja zaliha T_{uk} iznose 554,79 novčanih jedinica. Na slici 14 prikazan je graf sa izračunatim podacima.



Slika 14. Prikaz rezultata EOQ modela za sapun [16]

Iz grafa na slici 14 se vidi kako je potrebno približno 5 narudžbi godišnje.

Iste formule primijenit će se na vreće za smeće. Mijenja se samo ukupna godišnja potrošnja i cijena proizvoda, dok ostali parametri ostaju isti.

U nastavu slijedi izračun:

$$D = 1806 \text{ kom}$$

$$c_0 = 50 \text{ n. j./narudžbi}$$

$$L = 2 \text{ dana}$$

$$c = 8 \text{ n. j./kom}$$

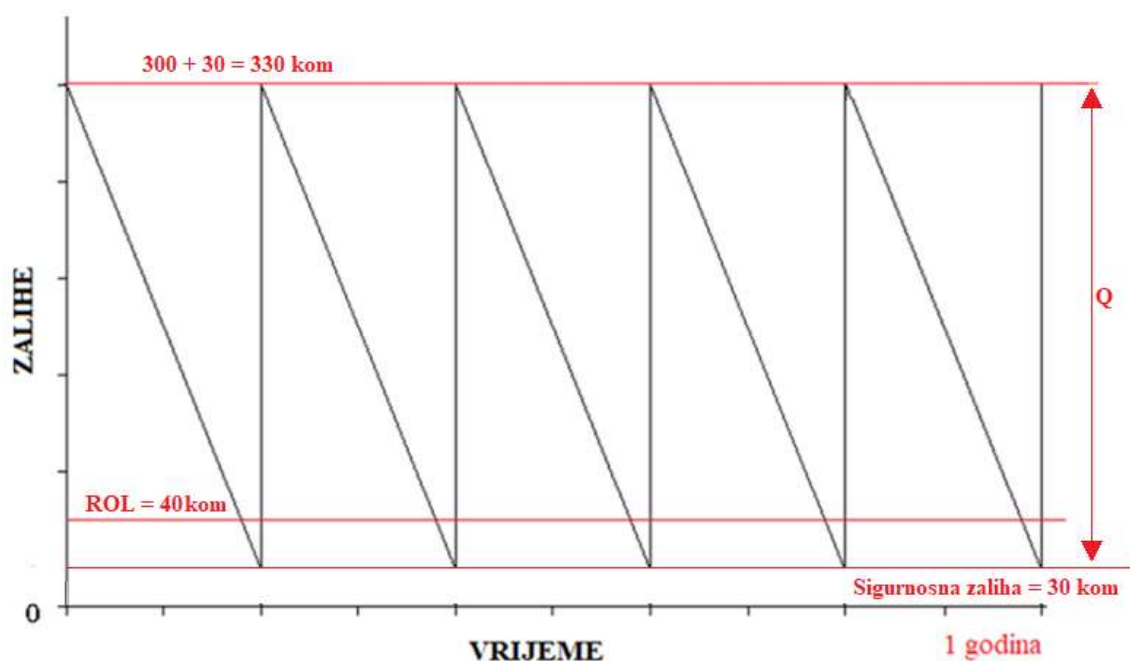
$$c_h = \frac{25}{100} \cdot 8 = 2 \text{ n. j./ (kom} \cdot \text{god)} \quad (11)$$

$$Q = \sqrt{2D \frac{c_0}{c_h}} = \sqrt{2 \cdot 1806 \cdot \frac{50}{2}} = 300,5 \text{ kom} \quad (12)$$

$$T_{uk} = \sqrt{2Dc_0c_h} = \sqrt{2 \cdot 1806 \cdot 50 \cdot 2} = 600,99 \text{ n. j.} \quad (13)$$

$$d = \frac{D}{365} = \frac{1806}{365} = 4,94 \text{ kom/dan} \quad (14)$$

$$ROL = L \cdot d = 2 \cdot 4,94 = 9,89 \approx 10 \text{ kom} \quad (15)$$



Slika 15. Prikaz rezultata EOQ modela za vreće za smeće [16]

Iz grafa na slici 15 se vidi kako je potrebno približno 6 narudžbi godišnje. Točka ponovnog naručivanja iznosi 10 komada, no i ovdje se zbog varijabilnosti potražnje uzima sigurnosna zaliha od 10% količine narudžbe, što iznosi 30 komada. Kada se pribroji sigurnosna zaliha, točka ponovnog naručivanja iznosit će 40 komada. Ukupni godišnji troškovi držanja zaliha T_{uk} iznose 600,99 novčanih jedinica.

Zadnji je ostao toaletni papir u listićima te će se opet primijeniti iste formule. Mijenja se samo ukupna godišnja potrošnja i cijena proizvoda dok ostali parametri ostaju isti.

U nastavku slijedi izračun:

$$D = 1358 \text{ kom}$$

$$c_0 = 50 \text{ n. j./narudžbi}$$

$$c = 15 \text{ n. j./kom}$$

$$L = 2 \text{ dana}$$

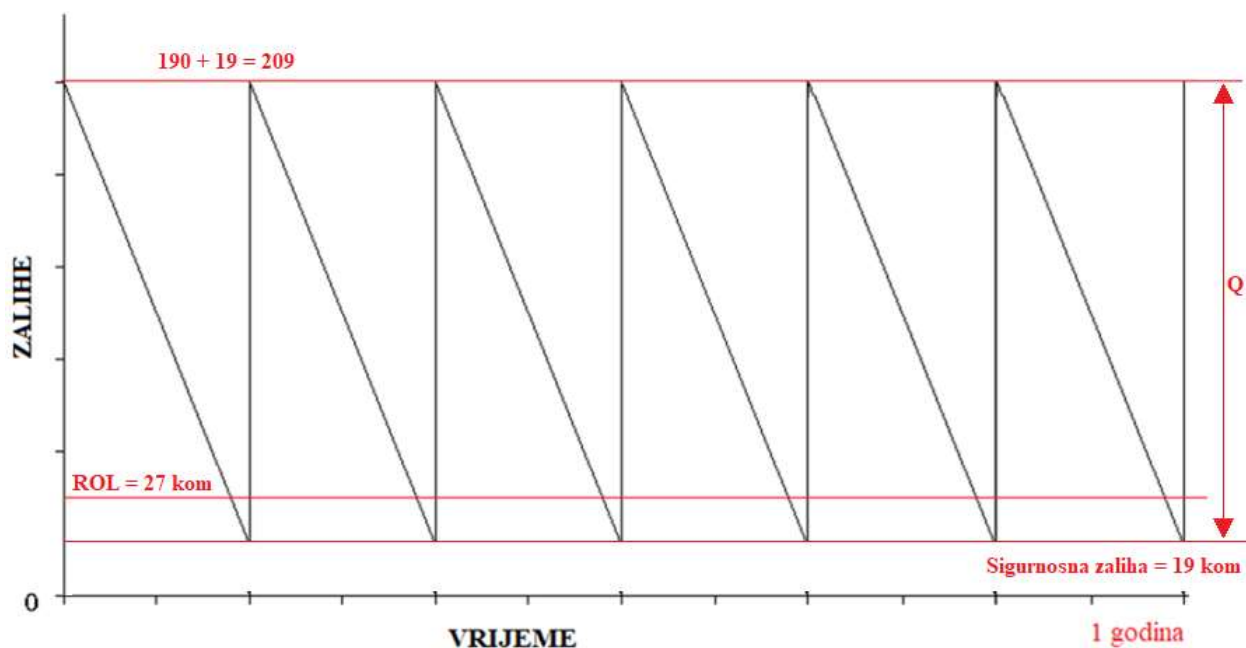
$$c_h = \frac{25}{100} \cdot 15 = 3,75 \text{ n. j./kom} \quad (16)$$

$$Q = \sqrt{2D \frac{c_0}{c_h}} = \sqrt{2 \cdot 1358 \cdot \frac{50}{3,75}} = 190,3 \text{ kom} \quad (17)$$

$$T_{uk} = \sqrt{2Dc_0c_h} = \sqrt{2 \cdot 1358 \cdot 50 \cdot 3,75} = 713,61 \text{ n. j.} \quad (18)$$

$$d = \frac{D}{365} = \frac{1358}{365} = 3,72 \text{ kom/dan} \quad (19)$$

$$ROL = L \cdot d = 2 \cdot 3,72 = 7,44 \approx 8 \text{ kom} \quad (20)$$



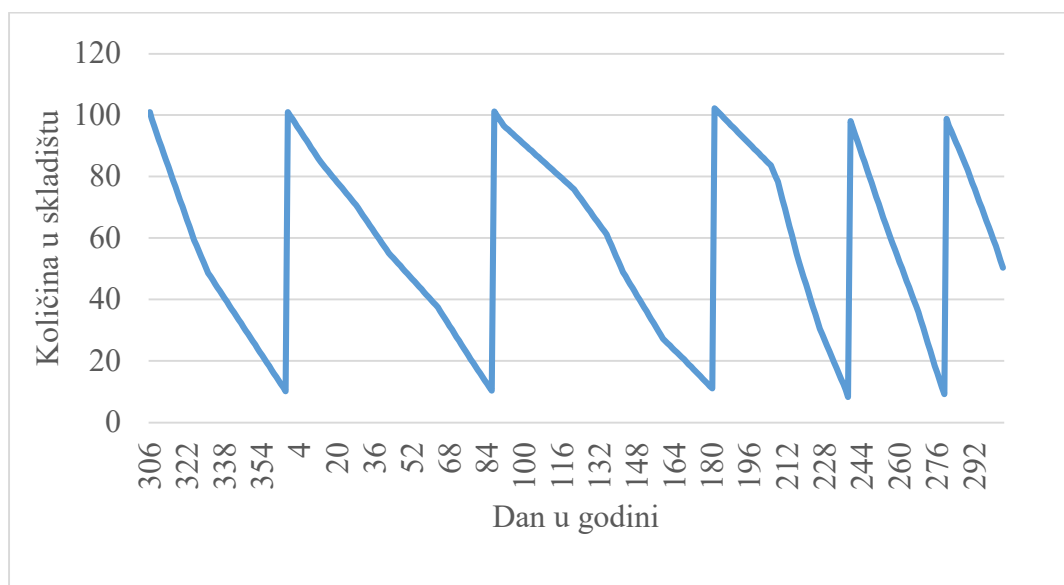
Slika 16. Prikaz rezultata EOQ modela za toaletni papir u listićima [16]

Iz grafa na slici 16 se vidi kako je potrebno približno 7 narudžbi godišnje. Točka ponovnog naručivanja iznosi 8 komada, no i ovdje se dodaje 10% količine narudžbe, što iznosi 19 komada, radi sigurnosti zbog varijabilnosti potražnje, tako da kada se zbroji i ta sigurnosna zaliha, točka ponovnog naručivanja iznosit će 27 komada. Ukupni godišnji troškovi držanja zaliha T_{uk} iznose 713,61 novčanih jedinica.

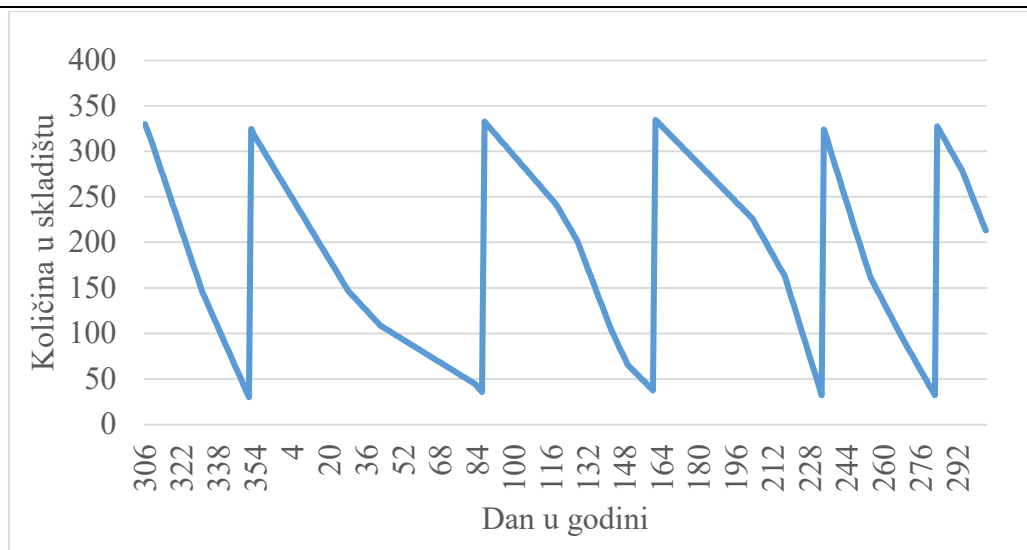
5.3. Simulacija EOQ modela uz korištenje stvarne varijabilne potrošnje

U prethodnom odjeljku korišten je osnovni EOQ model koji pretpostavlja jednoliku dnevnu potrošnju, a varijabilnost u dnevnoj potrošnji uzima u obzir kroz sigurnosnu zalihu. Zbog pretpostavke o jednolikoj potrošnji, periodi između dviju narudžba su također jednoliki. Međutim to nije realno, jer u nekim dijelovima godine (npr. doba sezonskih popusta) je posjećenost trgovačkog centra, a time i potrošnja higijenski potrebština veća, pa će periodi između dvije narudžbe biti kraći. Da potrošnja varira kroz godinu, jasno je vidljivo i na grafovima na slici 11, 12 i 13.

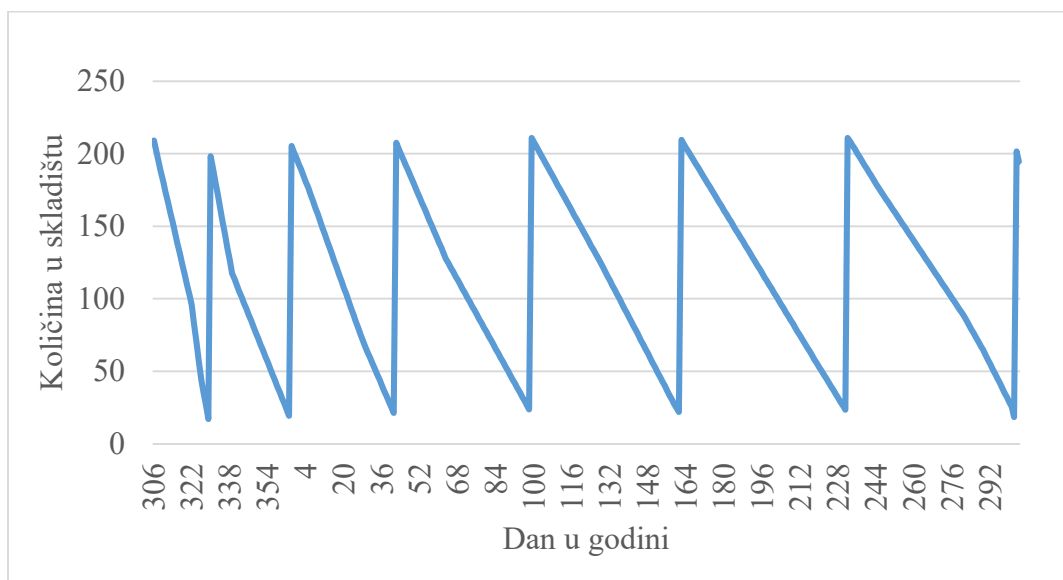
Kako bi se jasnije predočio utjecaj varijabilnosti potrošnje te kako bi se dobila bolja procjena troškova u nastavku su napravljene simulacije stanja skladišta uz korištenje podataka o dnevnoj potrošnji materijala koja je određena u odjeljku 5.1. Donje slike prikazuju grafove stanja skladišta za tri promatrana artikla, sapun, vreće za smeće i toaletni papir. Vrijednosti veličine narudžbe Q i točke ponovnog naručivanja ROL jednake su vrijednostima izračunatim za osnovni EOQ model.



Slika 17. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za sapun za ruke [16]



Slika 18. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za vreće za smeće [16]



Slika 19. Simulacija stanja u skladištu za EOQ model sa stvarnom varijabilnom potrošnjom za toaletni papir u listićima [16]

Iz grafova na slikama 17, 18 i 19 vidljivo je kako se mijenja količina artikala u skladištu kod simulacija sa stvarnom varijabilnom potrošnjom. Kod osnovnog EOQ modela, zbog pretpostavke o jednolikoj dnevnoj potrošnji, periodi između narudžbi bili su jednoliki. Međutim, ovdje to više nije slučaj i na grafovima je jasno vidljivo da periodi između narudžbi variraju te su kraći u vremenima potrošnje. Također, može se primijetiti da ni kod jednog artikla nije došlo do pomanjkanja zaliha. Iz tog se može zaključiti da je sigurnosna zaliha od 10% narudžbe koja je uzeta kod osnovnog EOQ modela i više nego dovoljna da pokrije varijabilnost

potrošnje kod promatranih artikala. Štoviše, može se uočiti da je uzeta sigurnosna zaliha kod osnovnog EOQ modela više na konzervativnoj strani te bi se primjenom nekog drugog modela određivanja sigurnosne zalihe mogla uzeti manja vrijednost i time smanjiti ukupni troškove skladištenja.

Izračunati ukupni troškovi u simulacijama za sapun, vreće za smeće i toaletni papir u listićima su redom 596,03 n.j., 619,95 n.j. i 779,06 n.j. Može se primijetiti da su ti troškovi malo viši nego kod osnovnog EOQ modela gdje su redom iznosili 554,79 n.j., 600,99 n.j. i 716,61 n.j. Jedan od mogućih razloga za to je taj da su u simulacijama korištene optimalne vrijednosti Q i ROL izračunate za osnovni EOQ model koji pretpostavlja jednoliku potrošnju. Te vrijednosti nisu nužno optimalne za slučaj varijabilne potražnje, kakva je bila u provedenim simulacijama. Točne optimalne vrijednosti Q i ROL kod stvarne varijabilne potrošnje, mogle bi se odrediti numerički, provođenjem niza simulacija u kojima bi se te vrijednosti optimirale dok se ne postignu najniži ukupni troškovi.

5.4. R,S model

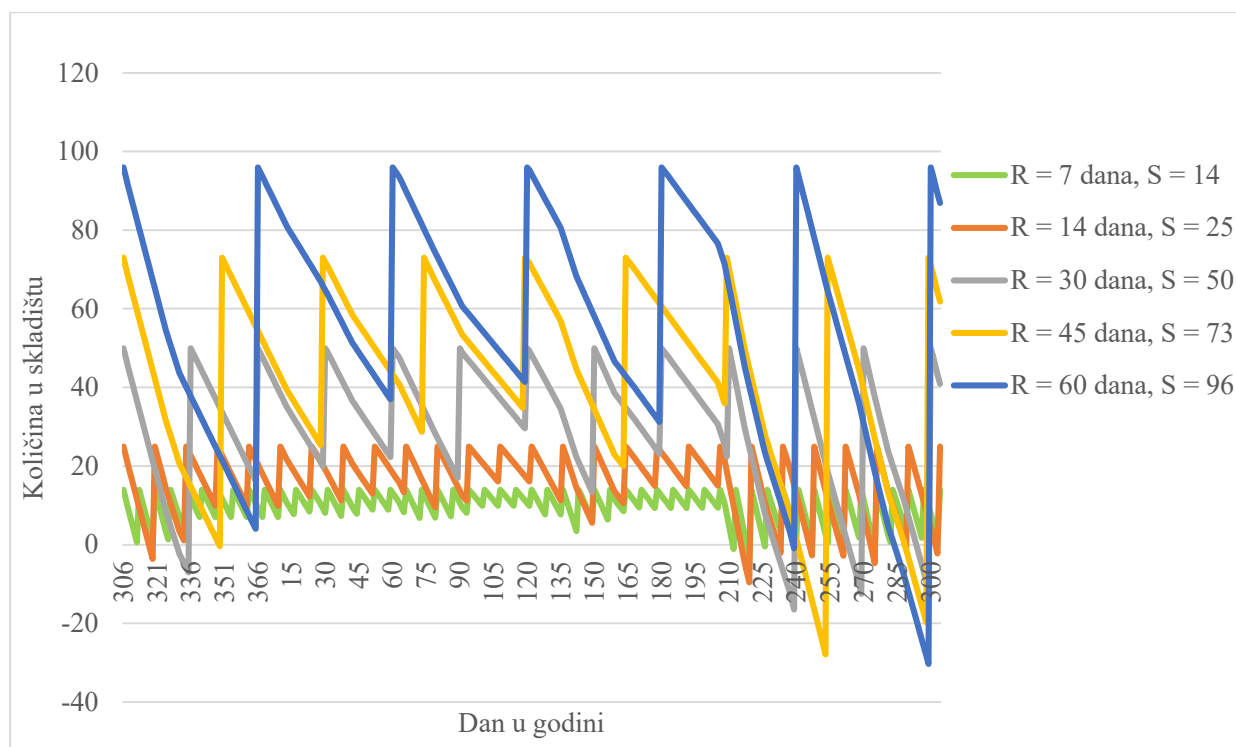
Kao i u prethodnom modelu koristit će se pripremljeni podaci koji pretpostavljaju potrošnju materijala po danu. Za razliku od kontinuiranog EOQ modela gdje je količina narudžbe konstantna, a mijenja se period između narudžbi, kod periodičnog R,S modela je period između narudžbi jednolik, a mijenja se količina materijala u narudžbi ovisno o trenutnom stanju skladišta u trenutku narudžbe. Količina narudžbe računa se kao razlika između ciljane ili željene količine u skladištu (eng. *target stock level*) i trenutne količine u skladištu. Ciljanu količinu u skladištu možemo izračunati kao prosječnu godišnju potrošnju artikla u vremenu R plus L uvećanu za sigurnosnu zalihu. Pri tome je R period između dvije narudžbe, a L je vrijeme dostave koje iznosi 2 dana kao i kod EOQ modela. Za sigurnosnu zalihu će se pretpostaviti iznos od 10% prosječne potrošnje u promatranom periodu. Kod osnovnog EOQ modela korištena je ekvivalentna pretpostavka za sigurnosnu zalihu u iznosu od 10% narudžbe.

Za razne periode R provedene su simulacije, kako bi se uvidjelo što se događa s količinom zaliha gledajući pretpostavljenu godišnju potrošnju po danima. Periodi R za koje su provedene simulacije iznose 7 dana, 14 dana, 30 dana, 45 dana i 60 dana. Za svaki od tih perioda u tablici 5 prikazana je izračunata ciljana količina u skladištu.

Tablica 5. Iznos ciljane količine u skladištu za različite periode naručivanja uz sigurnosnu zalihu od 10% prosječne potrošnje [16]

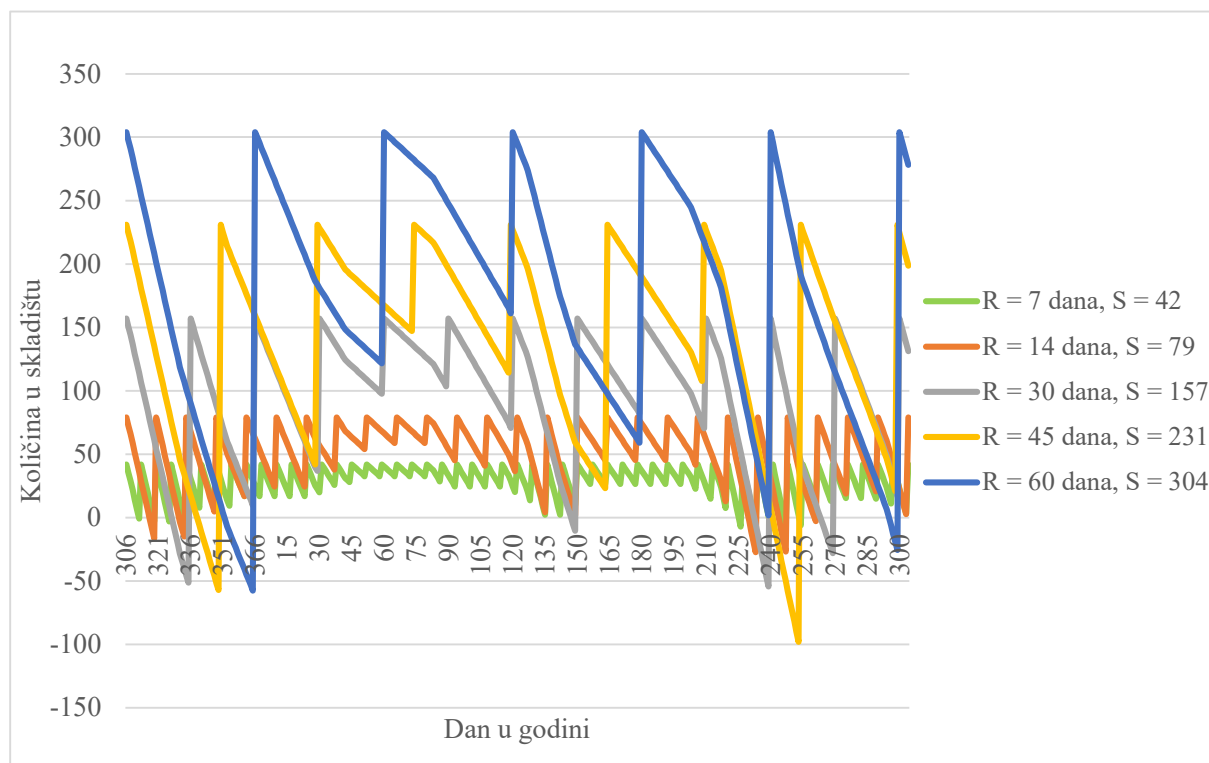
	Sapun	Vreće za smeće	Toaletni papir u listićima
7 dana	14	42	37
14 dana	25	79	66
30 dana	50	157	131
45 dana	73	231	192
60 dana	96	304	253

U nastavku su na slikama 20., 21. i 22. prikazani rezultati simulacija za tri promatrana artikla. Za svaki artikl na grafu je prikazana promjena količine materijala u skladištu za pet različitih perioda R i njima pripadnih ciljanih količina S .

**Slika 20. Simulacije stanja sapuna u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 10% [16]**

S grafa na slici 20 se vidi da je pretpostavljena sigurnosna zaliha od 10% prosječne potrošnje u periodu R premala, jer je u svih pet simuliranih slučajeva s različitim R , zaliha u nekom trenutku pala ispod nule, što bi značilo da je Tvrtka ostala bez potrošnog materijala. Kako bi se izbjegla ova situacija potrebno je povećati sigurnosnu zalihu. Nadalje, u ovom

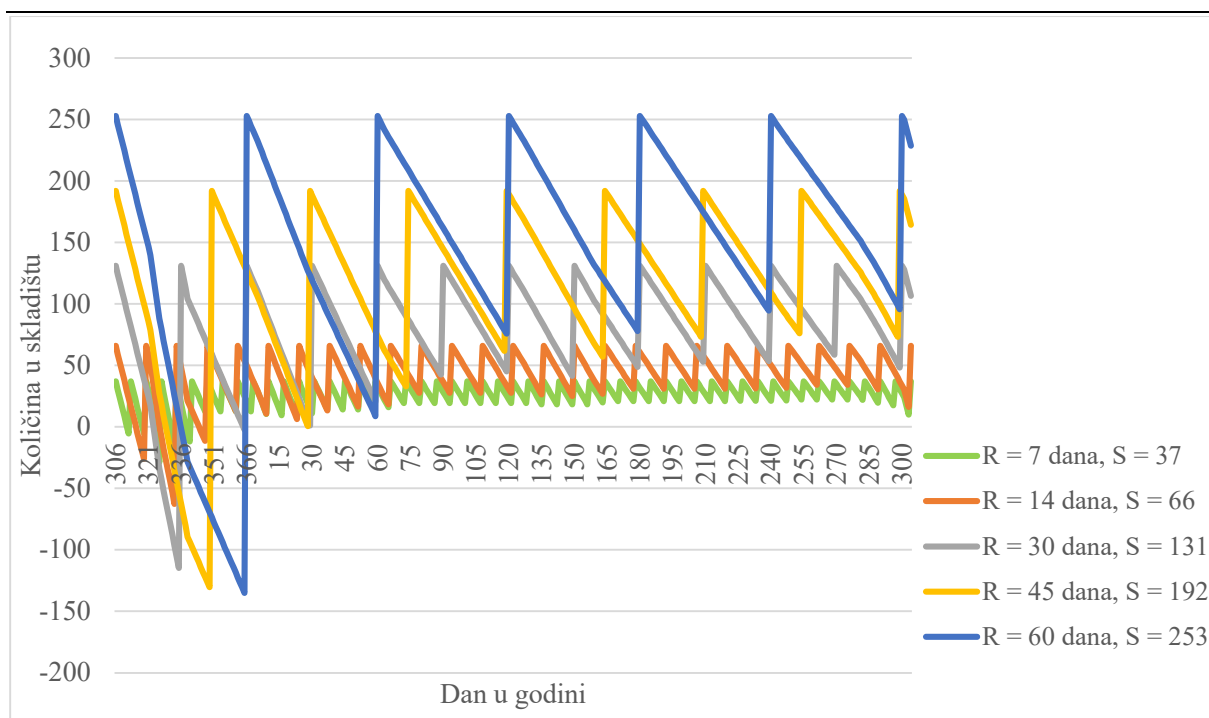
slučaju izračun troškova prema modelu gubi smisao, jer model ne uzima u obzir dodatne troškove i penale koji bi se desili zbog nedostatka zaliha.



Slika 21. Simulacije stanja vreća za smeće u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihi od 10% [16]

Kao i kod sapuna, ista stvar se dogodila i za vreće, što prikazuje graf na slici 21. Kod svih pet promatranih perioda naručivanja R došlo je do nedostatka zaliha. Ovdje je također potrebno povećati sigurnosnu zalihi kako bi se izbjegao nedostatak zaliha.

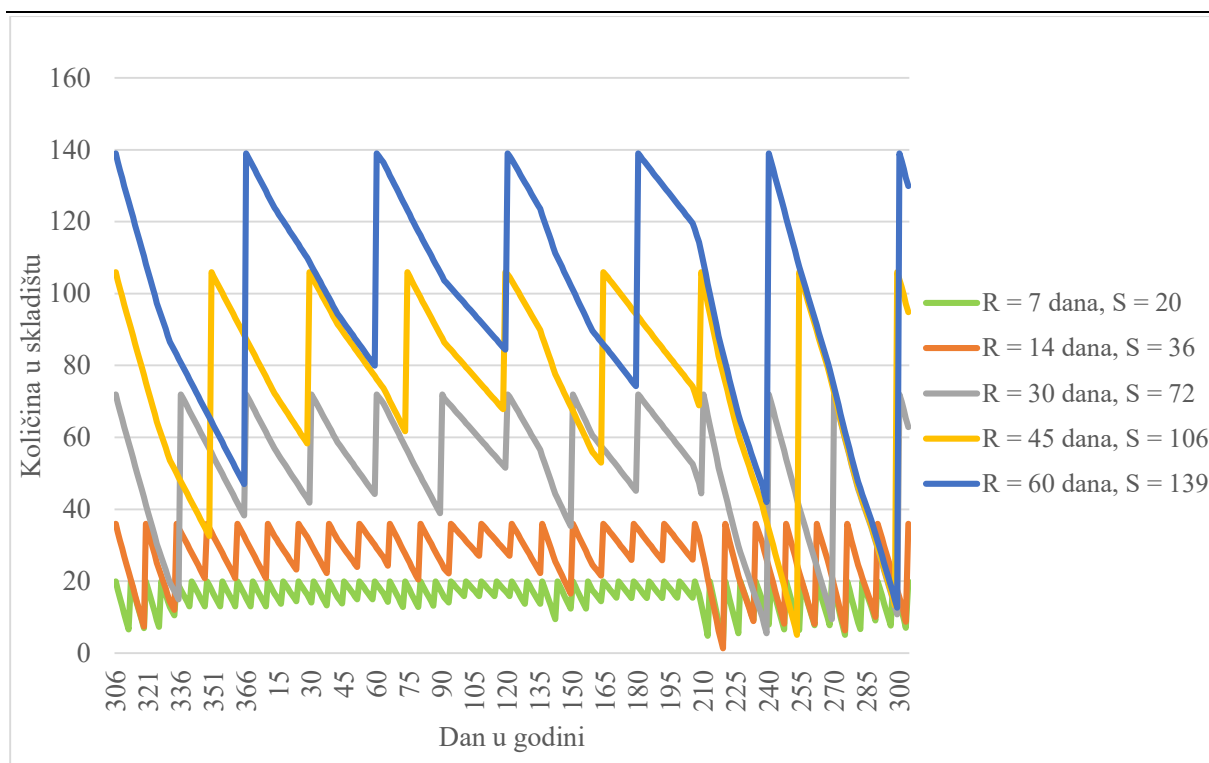
Slika 22. prikazuje stanje zaliha toaletnog papira u listićima. Na početku promatranog razdoblja kad je prema slici 12 vidljiva znatno povećana potrošnja došlo je pomanjkanja zaliha za svih pet razmotrenih perioda R . To se može objasniti time što je Tvrtka u tom trenutku tek preuzela objekt i naručila prekomjernu količinu toalet papira, a prema narudžbama su se dobili podaci o okvirnoj dnevnoj potrošnji.



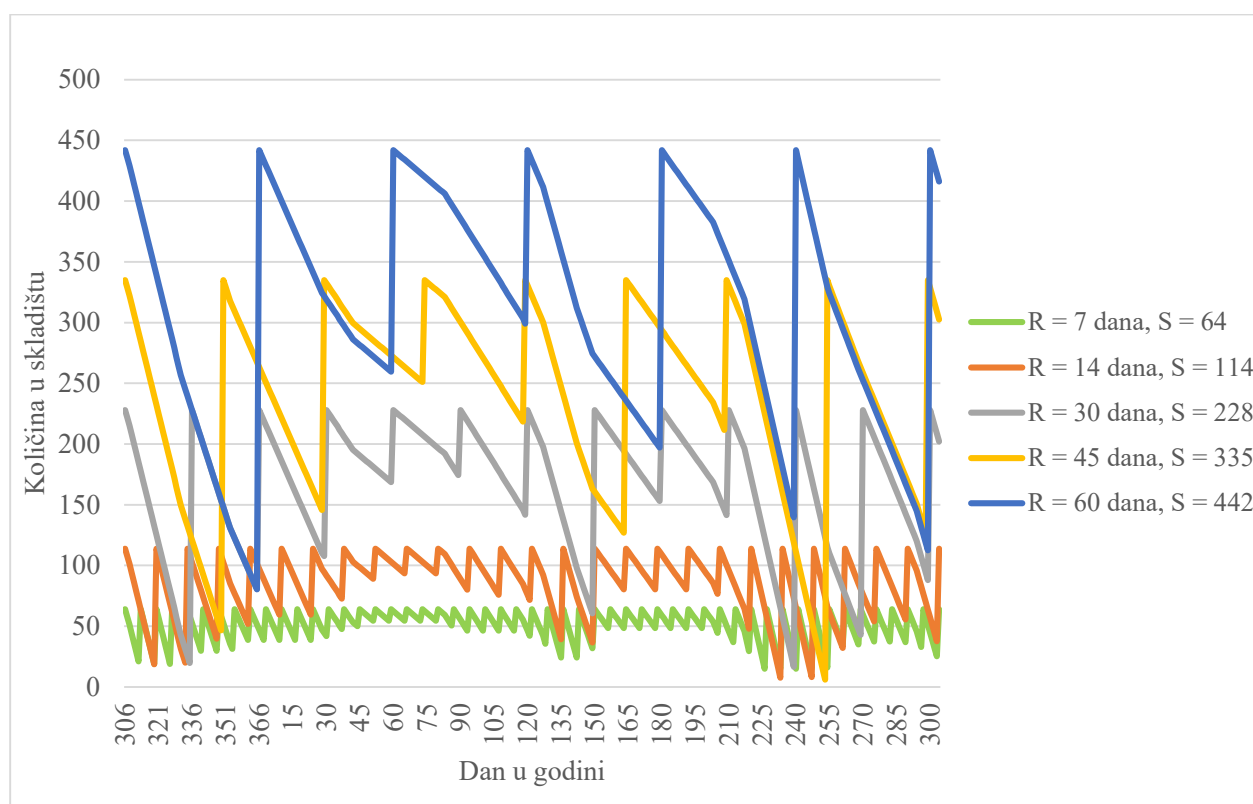
Slika 22. Simulacije stanja vreća za toaletni papir u listićima u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 10% [16]

Budući da sigurnosne zalihe od 10% nisu bile dostatne, kao što je napomenuto prije, bilo je potrebno povećati količinu sigurnosnih zaliha. Za svaki materijal varirala se količina sigurnosnih zaliha dok se nije došlo do zaključka da za sapun i vreće za smeće sigurnosna zaliha mora iznositi 50% prosječne potrošnje u periodu $R+L$, a za toaletni papir u listićima čak 125%. Grafovi na slikama 23., 24. i 25. prikazuju rezultate simulacija za povećane sigurnosne zalihe. Vidljivo je da ni za jedan R i S stanje nije palo ispod nule, što znači da nije došlo do nedostatka zaliha. Model s tako definiranim sigurnosnim zalihamo mogao bi se koristiti za upravljanje zalihamo u Tvrtki, međutim postavlja se pitanje je li to najbolji model za Tvrtku.

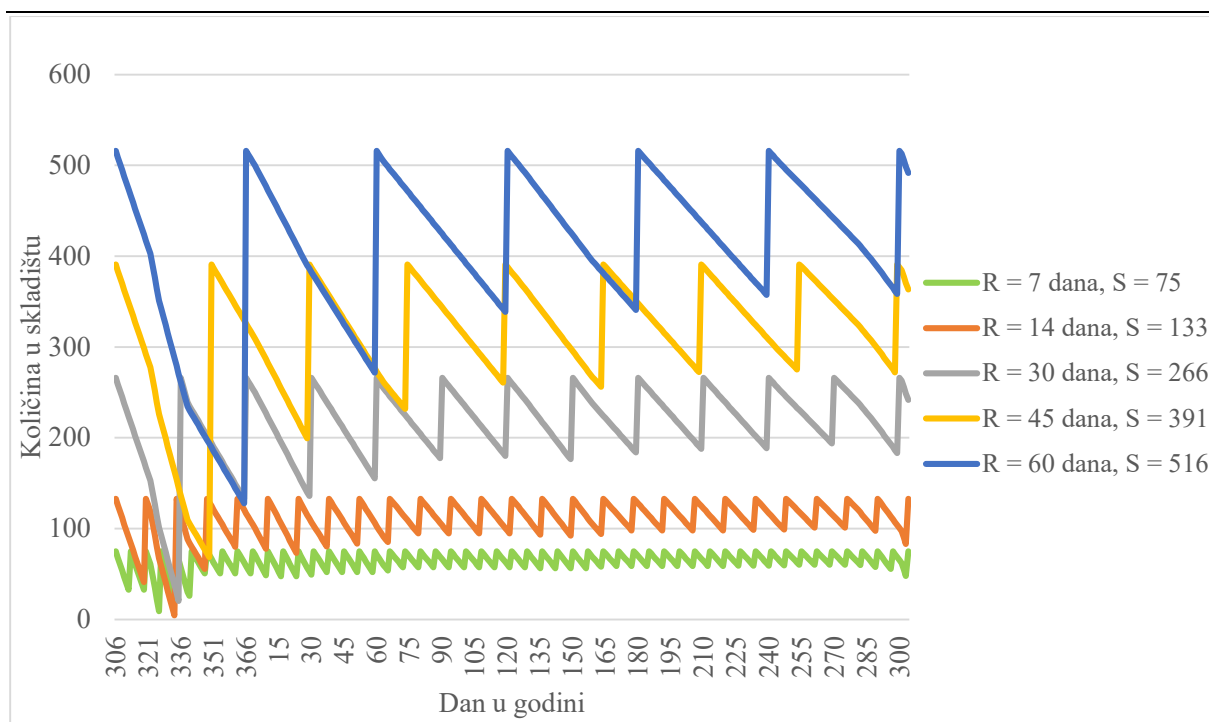
Za toaletni papir je sigurnosna zaliha od 125% u realnom slučaju prekomjerna jer zbog inicijalno velike narudžbe toaletnog papira, podaci o narudžbi iz kojih je izračuna potrošnja ne daju najtočniji prikaz realne potrošnje. Međutim, bitno je napomenuti da su u svim simuliranim modelima korišteni isti ulazni podaci o potrošnji pa ovo ne bi trebao predstavljati problem.



Slika 23. Simulacije stanja sapuna u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 50% [16]



Slika 24. Simulacije stanja vreća za smeće u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 50% [16]



Slika 25. Simulacije stanja toaletnog papira u listićima u skladištu kod R,S modela za različite periode naručivanja R i njima pripadajuće ciljane količine S uz sigurnosnu zalihu od 120% [16]

Ako se u R,S modelu korištenom u simulacijama pretpostavi da trošak narudžbe c_0 iznosi 50 novčanih jedinica po narudžbi, a trošak skladištenja c_h iznosi redom 6, 2 i 3,75 novčanih jedinica po komadu godišnje za sapun, vreće za smeće i toaletni papir, mogu se izračunati troškovi za svaku varijaciju. Ukupni troškovi prikazani su u tablici 6. Povećanjem perioda R imamo manje narudžbi pa se smanjuju troškovi narudžbe tj. dostave, međutim zbog veće količine materijala u skladištu povećavaju se troškovi skladištenja. Zbog toga postoji optimalni period naručivanja kod kojeg su ukupni troškovi minimalni. Iz rezultata u tablici vidimo da je od simuliranih perioda, period od 45 dana za sapun i vreće te period od 30 dana za toaletni papir najbliži optimalnom periodu.

Tablica 6. Prikaz ukupnih troškova [16]

Artikl	Period R				
	7 dana	14 dana	30 dana	45 dana	65 dana
Sapun	2694 n.j.	1461 n.j.	909 n.j.	848 n.j.	884 n.j.
Vreće za smeće	2701 n.j.	1470 n.j.	929 n.j.	878 n.j.	918 n.j.
Toalet papir	2839 n.j.	1708 n.j.	1401 n.j.	1564 n.j.	1814 n.j.

5.5. Prijedlog modela upravljanja zalihama za Tvrtku

U ovom poglavlju se razmatraju nedostaci prethodno analizirana dva modela i predložit će se model upravljanja koji će biti baziran na specifičnosti tvrtke i zahtjevima koji su dobiveni u razgovoru s voditeljem održavanja objekta.

Kod osnovnog EOQ modela pretpostavilo se da je potrošnja materijala kontinuirana i jednaka svaki dan, a varijabilnost stvarne potražnje uzela se u obzir preko sigurnosne zalihe. Jedan od glavnih nedostatak kod EOQ modela je to što je potrebno kontinuirano (svaki dan) pratiti stanje zaliha. Također, kod simulacije EOQ modela sa stvarnom varijabilnom potrošnjom, vidljivo je da periodi naručivanja znatno variraju što nije dobro za planiranje mjesečnih troškova i budžeta.

Kod R,S modela zalihe se kontroliraju samo pri naručivanju i kod svake narudžbe skladište se nadopunjuje do unaprijed definirane maksimalne ciljane količine S . Kako potrošnja materijala varira kroz godinu, u periodima manje potrošnje, zbog pretpostavljene konstantne vrijednosti S , definirane tako da ne dođe do nedostatka zaliha, R,S model naručuje nepotrebno veliku količinu materijala i time povisuje troškove skladištenja.

5.5.1. Specifičnosti vezane za tvrtku

U slučaju promatrane Tvrtke dobavljač ne naplaćuje troškove dostave, već je cijena dostave vjerojatno uračunata u cijenu proizvoda. Skladište je dovoljno veliko, zapremnine su veće od godišnje potrošnje materijala, a troškovi skladišta su fiksni te ne ovise o količini naručene robe. Većina modela upravljanja, pa tako i prethodno analizirani EOQ i R,S modeli, baziraju se na optimizaciji učestalosti i opsega narudžbi uz minimizaciju troškova narudžbi i skladištenja. Kako u slučaju tvrtke nema direktnih i jasnih troškova narudžbi i skladištenja, potrebno je odabrati druge parametre prema kojima će se optimizirati narudžbe. Prema podacima dobivenim iz Tvrtke, vrijeme dostave materijala od dobavljača je 1 do 2 radna dana. Trenutno se sapun, vreće za smeće i toaletni papir naručuju od istog dobavljača, ali za potrebe modela promatrat će se odvojeno. Tako se Tvrtka u bilo kojem trenutku može odlučiti za konkurentnijeg dobavljača. Indirektni troškovi dostave prisutni su u vidu radnih sati djelatnika tvrtke koji se bave praćenjem stanja u skladištu i naručivanjem materijala. Gledano s te strane, i uz činjenicu da trošak skladišta ne ovisi o količini, jeftiniji model upravljanja zalihama bi bio onaj koji ima manje narudžbi tj. samo jednu narudžbu godišnje. Međutim, gledano sa financijske strane tj. sa strane mjesečnog budžeta Tvrtke, model s jednom narudžbom godišnje nije prihvatljiv jer bi u mjesecu narudžbe generirao veliki financijski rashod i Tvrtka ne bi imala

dovoljno novca da pokrije ostale troškove taj mjesec. Stoga je bolja opcija naručivanje materijala jednom mjesečno. Također, uprava Tvrtke je izrazila želju tj. zahtjev za provođenjem narudžbe jednom mjesečno jer im to odgovara sa stanovišta računovodstva i planiranja mjesečnog budžeta.

5.5.2. Karakteristike predloženog modela

Iz gore navedenih razloga, predloženi model će imati jednu narudžbu mjesečno. Na početku mjeseca, točnije prvi radni dan u mjesecu, predat će se narudžba za sav higijensko potrošni materijal potreban za taj mjesec.

Uz definirane periode tj. datume naručivanja, ono što preostaje optimizirati je količina materijala koji se naručuje. Količina se može optimizirati prema poznatoj dnevnoj potrošnji koja je određena u potpoglavlju 5.1. Kako potrošnja varira kroz godinu, svaki mjesec će se naručivati drugačije količine. Kako ni u kojem mjesecu ne bi ponestalo materijala, potrebno je odrediti sigurnosnu zalihi koja bi trebala preostati u skladištu na kraju mjeseca. Sigurnosna zaliha će se definirati kao 25% najveće mjesečne potrošnje promatranog artikla. Točnost modela će ovisiti o točnosti podataka o prethodnoj potrošnji i varijaciji mjesečne potrošnje u odnosu na isto razdoblje u prethodnim godinama. Trenutno su poznati podaci o potrošnji samo za prethodnu godinu pa se model oslanja samo na njih. Međutim, svake sljedeće godine, model će imati više podataka i time će rasti njegova točnost. Bez obzira na to, sigurnosna zaliha bi trebala pokriti možebitne varijabilnosti u potrošnji. Na kraju svakog mjeseca radi se kontrola trenutnog stanja zaliha na skladištu i ukoliko stanje sigurnosne zalihe koja bi trebala preostati na kraju mjeseca znatno odstupa od zadane, utoliko je potrebno korigirati narudžbu na način da joj se doda razlika između zadane sigurnosne razlike i trenutnog stanja u skladištu. Sigurnost modela je moguće povećati dodatnim uvođenjem kontrole stanja zaliha skladišta na sredini mjeseca i povećanjem sigurnosne zalihe.

5.5.3. Određivanje sigurnosne zalihe

Kao i kod EOQ te R,S modela, napraviti će se simulacija stanja zaliha za tri artikla: sapun, vreće za smeće te toaletni papir. Za navedene artikle potrebno je odrediti sigurnosne zalihe. Kao što je gore spomenuto, sigurnosna zaliha će iznositi 25% najveće mjesečne potrošnje, a odredit će se iz poznate uprosječne dnevne potrošnje. Izračunate sigurnosne zalihe za sapun, vreće za smeće i toaletni papir prikazane su u tablici 7.

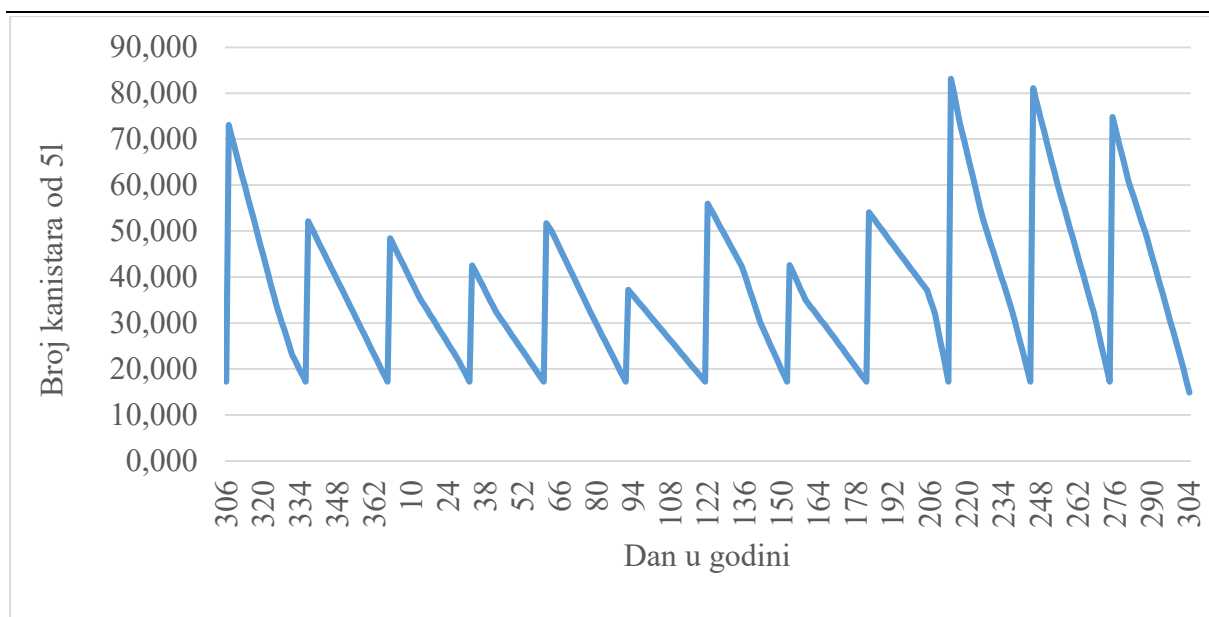
Tablica 7. Prikaz mjesečne potrošnje i sigurnosnih zaliha [16]

Mjesečna potrošnja			
Mjesec	Sapun	Vreće	Papir
studeni	58,250	213,993	254,582
prosinac	36,084	155,924	141,483
siječanj	32,343	124,281	137,282
veljača	26,390	55,458	106,764
ožujak	35,321	59,450	94,375
travanj	20,692	92,148	88,860
svibanj	39,789	170,847	96,190
lipanj	26,664	77,490	84,062
srpanj	37,653	99,503	83,638
kolovoz	68,849	238,613	82,788
rujan	66,096	174,568	73,917
listopad	64,834	161,188	107,803
Sigurnosna zaliha	17,212	59,653	63,646

Iz tablice 7 se vidi da su sigurnosne razine zaliha za sapun 17,2 komada, za vreće 59,65 komada te za toalet papir 63,65 paketa.

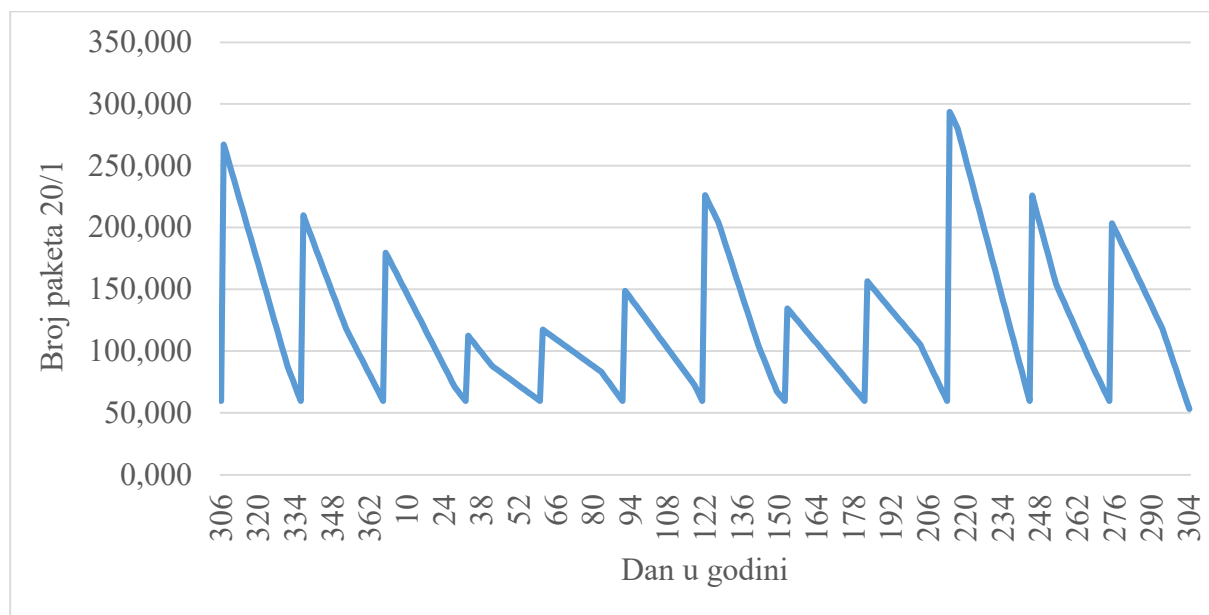
5.5.4. Simulacija modela na primjerima promatranih artikala

Za prethodno opisani model upravljanja zaliha napravljena je simulacija stanja sapuna, vreća za smeće i toaletnog papira u listićima u skladištu kroz godinu dana. Rezultati su prikazani na donjim dijagramima. Prema skokovima stanja, može se primijetiti da se veličina narudžbi mijenja svaki mjesec zbog različite potrošnje koja se predviđa taj mjesec. Također, vidi se da se stanje na kraju svakog mjeseca smanji do sigurnosne zalihe. Time je postignuta minimalna količina materijala u skladištu, uz jednomjesečno naručivanje i osiguravanje sigurnosne zalihe.



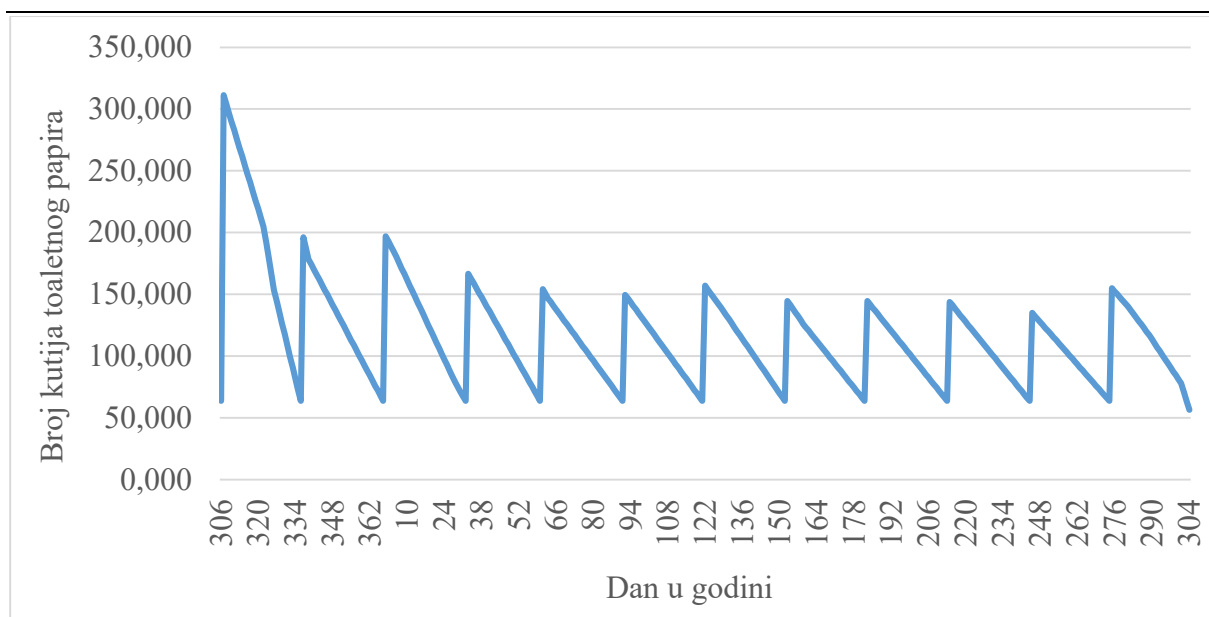
Slika 26. Predloženi model naručivanja sapuna [16]

Na slici 26 prikazani su rezultati simulacije predloženog modela naručivanja sapuna.



Slika 27. Predloženi model naručivanja vreća za smeće [16]

Graf na slici 27 prikazuje rezultate simulacije predloženog modela naručivanja vreća za smeće.



Slika 28. Predloženi model naručivanja toaletnog papira u listićima [16]

Graf na slici 28 prikazuje rezultate simulacije predloženog modela naručivanja toaletnog papira u listićima.

5.5.5. Prednosti predloženog modela

Model prikazan u prethodnim potpoglavljima smanjuje potrebu za učestalim provjerama stanja materijala u skladištu što znači da će djelatnik koji je do sada pratio stanje zaliha biti slobodniji za odraditi druge zadatke. Prema modelu nije potrebno više od dva puta mjesečno kontrolirati stanje zaliha. Nadalje, olakšava se posao voditelja objekta jer su datumi narudžbi unaprijed određeni i nema straha od pomanjkanja potrebnog materijala. Time je smanjen i rizik od ljudske pogreške u procesu naručivanja kako se ne bi dogodilo da se naruči prekomjerna količina ili da nedostaje proizvoda. Ovaj model pridonosi i planiranju budžeta na godišnjoj razini kako bi se preostala novčana sredstva mogla utrošiti na bitnije stvari, ali pridonosi i minimizaciji mrtvog kapitala tvrtke u vidu neiskorištenog materijala u skladištu, kao i osiguranja minimalne dostatne količine artikala mjesečno.

5.6. Diskusija rezultata

U ovom segmentu dan je kratki osvrt na provedene simulacije modela i dobivene rezultate. Osnovni EOQ model je najjednostavniji model koji korišten za analizu upravljanja zalihama u Tvrtki. Taj model pretpostavlja da je potrošnja artikala kontinuirana i jednaka svaki dan, a eventualna varijabilnost u potrošnji uzima se u obzir kroz uvođenje sigurnosnih zaliha.

Zbog pretpostavke o jednolikoj potrošnji, može se analitički odrediti optimalna količina naručivanja kod koje su ukupni troškovi najmanji. Sa tako izračunatim optimalnim količinama naručivanja Q i signalnim točkama naručivanja ROP , napravljena je simulacija EOQ modela sa stvarnim varijabilnim podacima o dnevnoj potrošnji. Na rezultatima simulacije vidljivo je da period naručivanja znatno varira što ovisi o potrošnji, te da je pretpostavljena sigurnosna zaliha od 10% narudžbe dovoljna da pokrije sve varijacije potrošnje.

Nakon EOQ modela, napravljene su simulacije stanja skladišta za R,S model upravljanja. To je periodički model kod kojeg se nakon svakog perioda R provjerava stanje u skladištu te se naručuje količina materijala do unaprijed određene ciljane količine u skladištu. U prvom krugu simulacija ispostavilo se da pretpostavljene sigurnosne zalihe koje su iznosile 10% prosječne potrošnje u odabranom periodu nisu dovoljne za pokrivanje varijabilnosti potrošnje. Variranjem sigurnosnih zaliha u simulacijama, određene su sigurnosne zalihe kod kojih ne dolazi do nedostatka materijala i s kojima bi R,S model mogao biti primjenjiv za upravljanje zalihama u Tvrtki. Analizom ukupnih troškova uočeno je da je period naručivanja od 45 dana za sapun i vreće za smeće te 30 dana za toaletni papir najbliži optimalnom periodu kod R,S modela kod kojeg su ukupni troškovi najmanji. Ukupni troškovi za te periode R,S modela sumirani su u tablici 8. U tablici su također prikazani ukupni troškovi za simulaciju EOQ modela s varijabilnom potrošnjom. Kako je kod oba modela jednaka varijabilna potrošnja te su jednaki troškovi skladištenja i narudžbe, može se napraviti usporedba ukupnih troškova. Vidljivo je da EOQ model ima niže ukupne troškove nego R,S model. Prvi razlog je taj što je kod EOQ modela bilo manje narudžbi pa su troškovi naručivanja manji, a drugi razlog je taj što RS u prosjeku imao više materijala u skladištu pa su troškovi skladištenja bili veći.

Tablica 8. Usporedba ukupnih troškova [16]

Artikl/Model	EOQ model	RS model	Predloženi model
Sapun	596 n.j.	848 n.j.	825 n.j.
Vreće za smeće	619 n.j.	878 n.j.	848 n.j.
Toalet papir	779 n.j.	1401 n.j.	1041 n.j.

U opisu predloženog modela upravljanja napomenuto je da Tvrtka nema direktne troškove narudžbe tj. dostave i skladištenja materijala. Međutim ako bi se pretpostavilo da su troškovi narudžbe i skladištenja jednaki kao kod simulacije EOQ i R,S modela, dakle da je

$c_0=50$ n.j. i da je c_h redom 6, 2 i 3.75 n.j. za sapun, vreće i toaletni papir, mogli bi se izračunati ukupni troškovi koji su prikazani u trećem stupcu tablice 5. Vidi se da su u tom slučaju ukupni troškovi za predloženi model manji nego kod R,S modela, ali su veći nego kod EOQ modela. Razlog tome je to što EOQ ima znatno manje narudžbi (5-7 narudžbi godišnje) pa se troškovi naručivanja znatno manji nego kod predloženog modela koji ima jednomjesečno naručivanje. Troškovi predloženog modela mogli bi se dodatno sniziti smanjivanjem sigurnosnih zaliha. Usprkos manjim ukupnim troškovima, izračunatim samo na temelju razmatranja troškova naručivanja i skladištenja, EOQ model nije prikladan za Tvrtku jer zahtjeva kontinuirano praćenje zaliha, što troši vrijeme djelatnika i povećava mogućnost ljudske greške, te jer zbog varijabilnosti perioda naručivanja nije prikladan za planiranje mjesečnih troškova i budžeta. Prema tome, od razmotrenih modela, predloženi model je najprikladniji za Tvrtku.

6. ZAKLJUČAK

Kako je upravljanje zalihama jedna od najvažnijih logističkih funkcija, bitno je redovito pratiti stanje i pokušati optimizirati količine zaliha s ciljem minimizacije troškova u vremenu i novcu. Iz ovog rada je vidljivo da brojni čimbenici utječu na to koje su optimalne količine određenog materijala u skladištu, kao što su trošak transporta, trošak skladištenja, trošak narudžbi, veličina skladišta, vrijeme dostave, karakteristike robe, uvjeti tržišta i brojni drugi. Iako mnogi smatraju da je držanje zaliha na skladištu zapravo samo trošak, bitno je imati određene količine zaliha kako bi se smanjio rizik pogrešne procjene ponude i potražnje, budući da su one neizvjesne i varijabilne. Kako bi se bolje procijenila količina za dodatnu narudžbu zaliha, nužno je pratiti stanje kroz nekakav sustav kontrole. Razlikuju se kontinuirani i periodički sustavi kontrole. Kontinuirana kontrola pretpostavlja stalno praćenje količina zaliha i naručivanje konstantne količine materijala, dok se kod periodičkog sustava kontrole dodatne zalihe naručuju u predodređenim vremenskim intervalima i u količini koja je potrebna da se nadopune zalihe do maksimalne količine. U radu su posebno razrađena 2 modela, a to su EOQ i model R,S. Model EOQ pretpostavlja idealnu količinu materijala koju treba naručivati kako bi se smanjili ukupni troškovi zaliha, a model R,S karakterizira periodička kontrola i naručivanje materijala do maksimalne željene količine zaliha. Cilj rada bio je prikazati modele kroz realne podatke dobivene iz odabrane Tvrtke. Tvrtka se bavi higijenskim održavanjem trgovačkih centara za što je potrebno imati optimalne zalihe higijensko potrošnog materijala. Kao i svakoj tvrtki, tako je i ovoj najvažnije smanjiti troškove. To se može postići točnim definiranjem modela upravljanja zalihama jer će Tvrtka moći bolje planirati budžet i na što trošiti novčana sredstva. Tvrtka ima podatke o narudžbama materijala za period od godine dana, a time je moguće prikazati model za iduću godinu budući da se pretpostavlja da se uvjeti potrošnje ponavljaju kroz godinu. Pod time se podrazumijeva da Tvrtka ima veću potrošnju materijala u vrijeme veće posjećenosti trgovačkog centra, primjerice u doba sezonskih sniženja. Budući da je Tvrtka imala samo podatke o narudžbama tijekom godine, u sklopu ovog rada je na temelju tih narudžbi pretpostavljena približna dnevna potrošnja koja je bila potrebna za daljnje izračune. Podaci su primijenjeni na EOQ modelu i R,S modelu. Budući da oba analizirana modela imaju određenih nedostataka predložen je model upravljanja specifičan za problem Tvrtke. Za odabrane artikle koji se najčešće naručuju određena je količina sigurnosnih zaliha kao 25% iznosa najveće potrošnje u mjesecu iz poznate uprosječne dnevne potrošnje. Tako je dobiven model u kojem se količine naručuju jednom mjesečno na način da se količina

u narudžbi mijenja svaki mjesec zbog različite potrošnje koja se predviđa za taj mjesec, a opet da ostane određena količina sigurnosnih zaliha ako dođe do izvanrednih okolnosti. Predloženi model smanjuje potrebu za učestalim kontrolama stanja u skladištu, smanjuje radne sate koje djelatnik potroši na kontrolu i naručivanje, kao i ljudsku pogrešku prilikom naručivanja. Najbitnije, omogućuje Tvrtki planiranje budžeta na godišnjoj razini uz minimalna odstupanja kako kapital Tvrtke ne bi nepotrebno bio uložen u prevelike količine zaliha.

LITERATURA

- [1] Đukić, G.: Predavanja iz kolegija Logistički menadžment, FSB, Zagreb, 2020
- [2] Internet: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1479/datastream/PDF/view>, pristup: 10.11.2021.
- [3] Šamanović, J.: Prodaja, distribucija, logistika teorija i praksa, Ekonomski fakultet Split
- [4] Krpan, Lj., Marušić, R., Jedvaj, V.: Upravljanje zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji
- [5] Internet: <https://www.investopedia.com/ask/answers/052715/how-economic-order-quantity-model-used-inventory-management.asp> , pristup: 10.11.2021.
- [6] Internet: http://www2.unb.ca/~ddu/4690/Lecture_notes/Lec2.pdf , pristup: 22.11.2021.
- [7] Zlatković, Ž., Barac, N.: Poslovna logistika, 1994.
- [8] Bartmann, D., Beckmann, M. J.: Inventory Control: Models and Methods
- [9] Internet: <https://www.investopedia.com/terms/m/mrp.asp> , pristup: 10.11.2021.
- [10] Internet: <https://www.investopedia.com/terms/m/manufacturing-resource-planning.asp> , pristup: 11.11.2021.
- [11] Petrović, R.: ERP sistemi u funkciji unapređenja kvaliteta poslovanja, 36. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Mašinski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2009.
- [12] Internet: <https://www.omega-software.hr/sto-je-erp-sustav/> , pristup: 11.11.2021.
- [13] Internet: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama_\(1\)/Materijali/AUD_IV.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama_(1)/Materijali/AUD_IV.pdf) , pristup 12.11.2021.
- [14] Internet: <https://www.investopedia.com/terms/j/jit.asp> , pristup: 12.11.2021.
- [15] Buble, M.: Management, Ekonomski fakultet Split, 2000.
- [16] Podaci dobiveni iz Tvrtke