Planiranje nedostatka zaliha

Kaljević, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:775822

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikolina Kaljević

PLANIRANJE NEDOSTATKA ZALIHA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, srpanj, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PLANIRANJE NEDOSTATKA ZALIHA

PLANNING OF INVENTORY SHORTAGE

Mentor: Doc.dr.sc. Diana Božić

Student: Nikolina Kaljević, 0135233035

ZAGREB, srpanj, 2017

SAŽETAK

U ovom završnom radu prikazani su modeli upravljanja zalihama te je prikazana problematika planiranja nedostatka zaliha. Nakon uvoda kroz koji je prikazan cilj i svrha rada, drugo poglavlje odnosi se zalihe općenito te njihovu podjelu. U trećem poglavlju prikazani su modeli i metode upravljanja zalihama, dok u četvrtom poglavlju prikazan model planiranja nedostatka zaliha. U petom poglavlju prema podacima tvrtke SPC napravljen je proračun s ciljem određivanja optimalne politike zaliha primjenom varijabilnosti jediničnih troškova. S promjenama kao što su promjene cijena logističari se često susreću. Te promjene sa sobom donose rizike, jer svaka promjena u poslovanju donosi određene rizike bilo da je riječ o promjeni cijene ili o promjeni potražnje i slično.

KLJUČNE RIJEČI: upravljanje zalihama, planiranje nedostatka zaliha, modeli upravljanja zalihama

SUMMARY

In this final work a models of inventory management with the problem of planning inventory shortages is presented. After the introduction through which the aim and purpose of the work is presented, the second chapter refers to inventory in general and their division. Third chapter gives an overview of the models and methods in inventory management while the fourth chapter presents model of planning inventory shortages. In Chapter 5, according to bussines date of SPC company, a budget was made in order to determine optimal inventory policy unit cost variability. Changes such as price changes are frequently problem for employees in logistics. Every changes brings risk, no matter is it price change, demand variability or something similar.

KEY WORDS: inventory management, planning inventory shortages, model of inventory management

Sadržaj

1. UVOD 1

2. POJAM I VRSTE ZALIHA 2

2.1 Općenito o zalihama 2

2.2 Cilj i svrha zaliha 3

2.3 Podjela zaliha 4

2.3.1 Zalihe prema vrsti robe 5

2.3.2 Zalihe prema stvarnoj i planiranoj količini 6

2.4 Funkcije zaliha 9

3. METODE UPRAVLJANJA ZALIHAMA I OPĆI MATEMATIČKI MODELI UPRAVLJANJA ZALIHAMA 11

3.1 Metode upravljanja zalihama 11

3.1.1 Metoda planiranja potreba za materijalom 11

3.1.2 Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta 13

3.1.3 Planiranje resursa poslovnog sustava 14

3.2 Opći matematički modeli upravljanja zalihama 14

3.2.1 Matematički modeli upravljanja zalihama s poznatom potražnom 15

3.2.2 Matematički model upravljanja zalihama sa slučajnom potražnjom 16

3.2.3 Modeli upravljanja zalihama s više različitih proizvoda 17

3.2.4 Modeli upravljanja zalihama bazirani na ostalim metodama i operacijskim istraživanjima 17

3.2.5 Automatski model upravljanja zalihama 18

4 PLANIRANJE NEDOSTATKA ZALIHA METODOM PRETPOSTAVKE 19

4. 1 Zaostala narudžba – "Backordering" 19

4.2 Model pretpostavke 20

4.3 Troškovi zaliha 22

4.4 Optimalna politika zaliha 25

4.5 Točka ponovne nabave 25

5 PRIMJER PLANIRANJA NEDOSTATKA ZALIHA 26

6 ZAKLJUČAK 36

LITERATURA 37

POPIS SLIKA 38

POPIS TABLICA 39

POPIS GRAFIKONA 40

1. UVOD

Planiranje proizvodnje kod proizvodnih tvrtki predstavlja veliki izazov prvenstveno kod planiranja zaliha sirovina, repromaterijala i slično. Lošim planiranjem zaliha poduzeće se može okarakterizirati kao neodgovornim davateljem usluge u smislu nepoštivanja rokova isporuke, čestog povećanog obujma zaliha, neadekvatno raspoređenih resursa i opreme, kao i radne snage. Svi ti navedeni problemi sa sobom nose i jako nizak koeficijent obrtaja sredstava, te se osoblje mora konstantno baviti rješavanjem trenutno nastalih problema bez dugoročnog rješenja.

Upravljanje zalihama smatra se jednim od važnijih logističkih zadataka, a svaki tip zaliha zahtjeva odgovarajući model upravljanja. Cilj upravljanja zalihama je ostvariti poslovanje kojim će se osigurati dovoljne količine zaliha kako ne bi došlo do prekida proizvodnog procesa.

Tijekom vremena došlo je do usavršavanja brojnih modela te njihovog proširivanja. Svaki od modela na postavljeni zadatak nudi moguća rješenja, s obzirom na problematiku. Suvremenim razvojem računalnih sustava pojavile su se jednostavnije metode planiranja logističkih procesa, te su se uvelike smanjile pogreške prilikom upravljanja zaliha.

Ovaj rad sastoji se od šest cjelina, od kojih se prva i posljednja odnose na uvod i zaključak. Kroz drugu cjelinu pobliže je objašnjen pojam - zaliha, te podjela i cilj istih. U trećoj tematskoj cjelini govori se o modelima upravljanja zalihama i matematičkim metodama upravljanja zalihama. U četvrtoj cjelini pod nazivom Planiranje nedostatka zaliha metodom pretpostavke je teoretski objašnjena navedena metoda. Ovim poglavljem daje se uvod u peto poglavlje, u kojem je prikazan primjer planiranja nedostatka zaliha.

2. POJAM I VRSTE ZALIHA

2.1 Općenito o zalihama

Postoji više definicija zaliha, od kojih se posebno izdvajaju sljedeće dvije, od kojih prva kaže da su zalihe vlastiti materijali koji se koriste u poslovanju, odnosno koji je namijenjen unutarnjoj potrošnji ili na prodaju, a uključuju sirovine, poluproizvode, materijal u radu i gotove proizvode. Veoma slična njoj, druga definicija zaliha kaže da se pod zalihama podrazumijeva uskladišteni materijali koji se koriste u cilju osiguranja normalne proizvodnje i zadovoljavanja potreba kupaca. Prema tome, zalihe se mogu podijeliti prema fazi u kojoj se nalaze tijekom proizvodnog procesa: zalihe sirovina (repromaterijala), zalihe neovršene proizvodnje (materijali unutar proizvodnog proces) i zalihe gotovih proizvoda [1].

Zalihe se smatraju vrlo važnim čimbenikom u svakom opskrbnom lancu, jer upravo opskrbni lanac mora zadovoljiti potrebe potrošača (kupca), pritom pokušavajući ostvariti komercijalnu dobit. Radi zadovoljenja potreba u opskrbnom lancu potrebno je imati stupanj usklađenosti ritma nabave i ritma trošenja, odnosno ritma nabave i planiranja prodaje nekog proizvoda ili usluge. Zaliha se ne smatra stalnom veličinom jer konstantno varira, bilo da ide do svog maksimuma i minimuma ili se potrošnja kreće između te dvije vrijednosti. Kako ne bi došlo do prekida odvijanja poslovnog procesa potrebno je razinu zaliha držati iznad sigurnosne zalihe.

Visina zaliha materijala ovisi o svim čimbenicima o kojima ovisi ritam nabave i ritam trošenja, a oni su specifični za svako društvo, čak i za svaki materijal. Ti se čimbenici mogu svrstati kako slijedi [1]:

1. Stanje na tržištu nabave (raspoloživost materijala na domaćem tržištu, potreba uvoza i slično),
2. Ustroj poslovanja materijalom (veza proizvodnje i nabave, skladišta i nabave i slično),
3. Financijske mogućnosti (vlastita sredstva, mogućnost dobivanja kredita i slično),
4. Ostale mogućnosti društva (raspoloživost skladišnog prostora, mogućnost prikladnog transporta i slično),
5. Poslovna aktivnost društva (izbor dobavljača i putova nabave, redovitost plaćanja dobavljačima i slično).

Na temelju navedenih čimbenika može se zaključiti da je cilj svake tvrtke da dođe do zadovoljenja potreba svih subjekata u opskrbnom lancu. Treba napomenuti da se svaki od čimbenika zasebno promatra u svakom procesu jer stupanj potrebe za nekim zalihama nije jednak. Shodno tome za određivanje zaliha potrebno je ispitati svaki čimbenik jer svaki od njih neizravno djeluje na potrebnu količinu zaliha, vrijeme nabave, troškove skladištenja, stupanj sigurnosti, cijenu materijala i slično. Kako bi uvjeti bili zadovoljeni potrebno je imati pripremljene proizvode, odnosno da razina zaliha ne bude preniska, jer takvi propusti mogu dovesti do gubitka kupca. S druge strane, prevelike zalihe stvaraju velike troškove i može doći do gubitka profita. Konkretan cilj je pronaći ravnotežu između zadovoljenja potreba krajnjih korisnika i minimalne razine troškova zaliha.

2.2 Cilj i svrha zaliha

Zalihe smanjuju rizik u poslovanju, čineći poduzeće fleksibilnim i sposobnijim da zadovolji povećane potrebe potrošača. Poboljšana razina usluge za potrošača ne predstavlja korist za poduzeće ako je rezultat povećane razine zaliha. Veću korist koju ima potrošač od poboljšane usluge nije optimalan ako je rezultat velikih zaliha. Velike zalihe vezuju kapital, zauzimaju prostor, zastarijevaju te gube na kvaliteti. Pojedina poduzeća daju opravdanje za veće količine zaliha zbog toga što žele pružiti česte i brze isporuke, isporuke bez čekanja ili JIT isporuke. Opravdane su samo ako je moguće s velikom sigurnošću predvidjeti da će stopa rasta očekivane dobiti biti veća od stope rasta troškova koje zalihe generiraju.

Male zalihe stvaraju prijetnju da se u trenutku potražnje proizvoda istoj neće moći udovoljiti zbog nedovoljne količine zaliha na skladištu. Interes za niske zalihe opravdava visoko učešće oportunitetnih troškova[1], visoki troškovi uskladištenja i manipulacije zalihama, visoki troškovi držanja zaliha i njihovo osiguranje i mogućnost kala, rasipa, loma i kvara i zastarijevanja [2]. Premale količine zaliha mogu ugroziti poslovanje nekog poduzeća i dovesti do prekida neke od faza u opskrbnom lancu, bilo da je riječ o nabavi, proizvodnji, distribuciji ili potrošnji.

Budući da strateškim odlukama neke tvrtke nije cilj imati apsolutno sve proizvode dostupne uvijek, racionalnim upravljanjem zalihama pokušava se napraviti ravnoteža između

[1] Oportunitetni trošak koristi se za izražavanje vrijednosti određenog dobra nasuprot drugog. Trošak jednog dobra predstavlja ono čega je se kupac odrekao da bi to dobro sebi priuštio. Smatra se da je oportunitetni trošak maksimalan iznos profita koji bi se mogao ostvariti da su faktori proizvodnje iskorišteni za druge namjene.

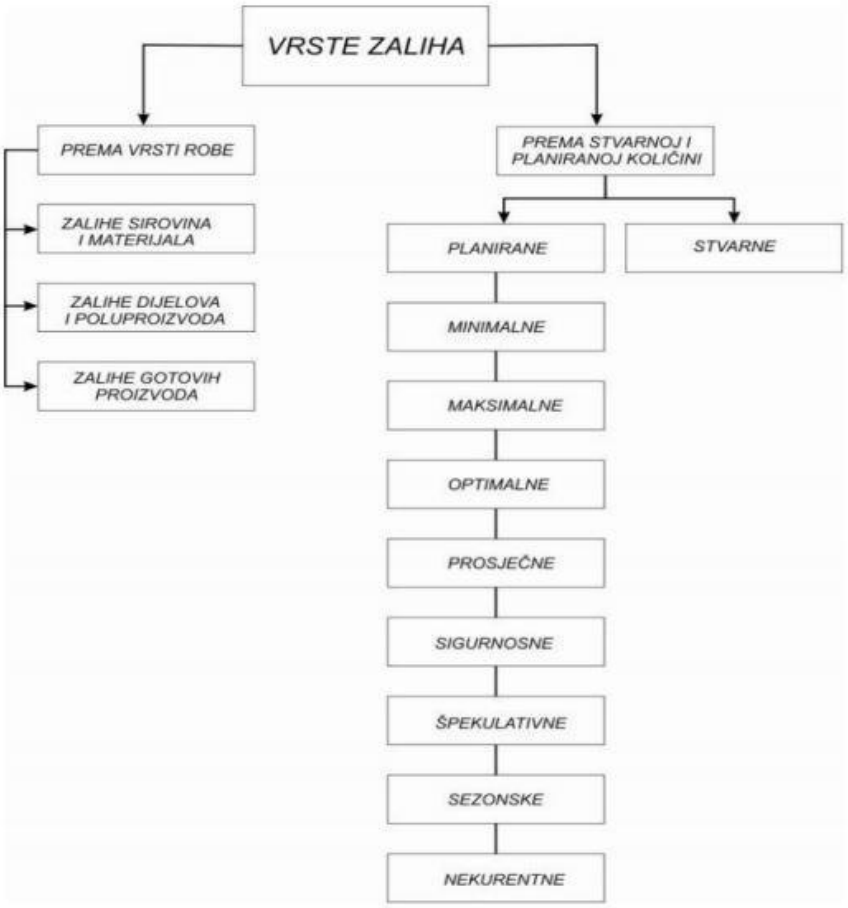
količine zaliha i brzine isporuke. Odnosno, uporabom dobrih metoda upravljanja zaliha, planiraju se male količine zaliha, ali tvrtka pokušava osigurati traženi proizvod uz minimalne troškove i što kraće vrijeme isporuke. Upravljanje zaliha ima svrhu optimizirati tri glavna cilja, a to su visoka usluga korisniku, nizak trošak zaliha i niski operativni troškovi. Prvi od tri navedena cilja, visoka usluga korisniku, može se promatrati s nekoliko točki ovisno potražnji, što bi značilo da se usluga može u različitim fazama logističkog proces različito promatrati. Iz toga možemo zaključiti da ako govorimo o usluzi korisniku u trgovini treba se podrazumijevati dostupnost proizvoda na policama, dok se kod opskrbe gleda očekivano vrijeme isporuke u odnosu na vrijeme koje on može čekati. Drugi cilj odnosi se na troškove zaliha, a on traži da što manja količina novca ostaje vezana u zalihama. Treći cilj je smanjenje operativnih troškova jer oni jako utječu na konačnu cijenu nekog proizvoda ili usluge. Ako se smanje troškovi manipulacije i rukovanja robom u različitim fazama logističkog procesa, te smanje troškovi skladištenja i odabere najbolji i najpovoljniji prijevozni put smanjit će se i operativni troškovi [3].

2.3 Podjela zaliha

Kada se govori o podjeli, zalihe robe se mogu klasificirati prema [4]:

- Vrsti robe koja se skladišti
- Stvarnoj i planiranoj količini.

Na slici 1 prikazana je detaljna podjela zaliha, a nakon nje i opis svake zalihe pojedinačno.



Slika 1 Podjela zaliha

Izvor: [4]

2.3.1 Zalihe prema vrsti robe

Prema vrsti robe koja se drži na zalihama, zalihe je moguće podijeliti na [4]:

- zalihe sirovina i materijala
- zalihe dijelova i poluproizvoda
- zalihe gotovih proizvoda

Zalihe se smatraju kratkotrajnom imovinom, što znači da bi se trebale reproducirati u periodu kraćem od godinu dana, ili najduže u toku jednog proizvodnog ciklusa. One omogućavaju da se proces proizvodnje i prodaje u poduzeću obavlja kontinuirano, odnosno bez zastoja ili uz minimalne poremećaje. Zalihama sirovina i materijala smatraju su dobra

koja se nalaze u skladištu odnosno, koja još nisu predana u proces proizvodnje. Zalihe dijelova i poluproizvoda predstavljaju sredstva koja se trenutno nalaze u procesu proizvodnji, na kojima se još obavljaju proizvodne operacije u cilju nastanka gotovog proizvoda, dok su gotovi proizvodi završena roba ili usluga koja je spremna za prodaju [5].

2.3.2 Zalihe prema stvarnoj i planiranoj količini

S obzirom na plan i stvarno stanje zaliha robe u skladištu, zalihe mogu biti planirane i stvarne zalihe. S obzirom na planirani normativ, kao i pretpostavku za kontinuirano odvijanje procesa proizvodnje, odnosno prodaje, zalihe mogu biti [4]:

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

Minimalne zalihe predstavljaju najmanju količinu robe koja je potrebna da se pravovremeno zadovolje obaveze poduzeća po količini i asortimanu. Manjak robe u skladištu može ugroziti proces proizvodnje, odnosno cjelovitu opskrbu kupca, što može dovesti i do poremećaja u proizvodnji. Za utvrđivanje njihove količine potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe te rokove nabave.

Minimalna količina zaliha može se izračunati na sljedeći način [4]:

$$Zmin = \mathrm{Qdn} * \mathrm{Vnab} \text{ ili } \frac{\mathrm{Qgod} * \mathrm{Vnab}}{\mathrm{D}} \tag{2.1}$$

Q_{dn} = dnevna (prosječna) potrošnja

Q_{god} = godišnja (prosječna) potrošnja

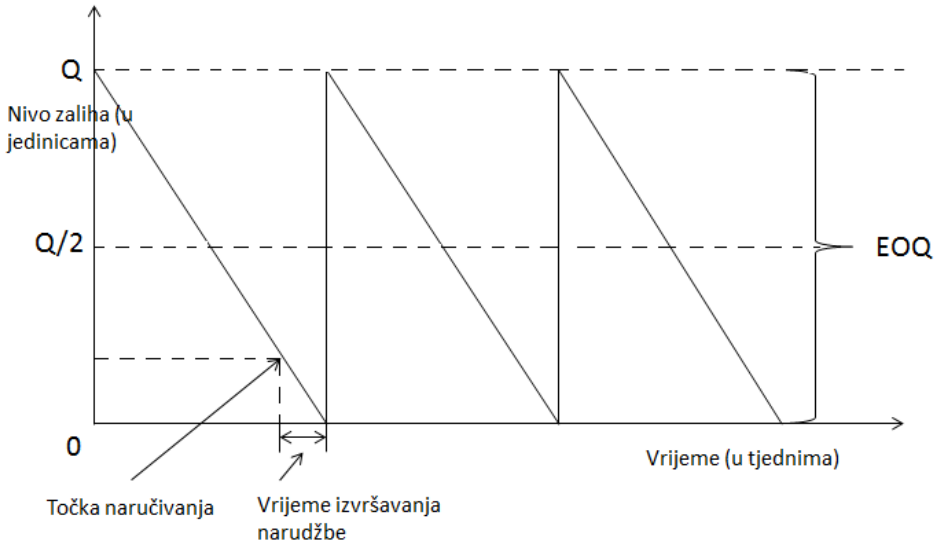
V_{nab} = vrijeme nabave

D = broj radnih dana u godini

Maksimalne zalihe predstavljaju gornju granicu količine robe u skladištu iznad koje se ne smije u određenom razdoblju roba nabavljati jer to je ne samo ekonomski neopravdano već i štetno. Držanje maksimalnih zaliha ima smisla kada proizvodnja ili narudžbe kupaca, manje ili više osciliraju tijekom godine pa se poduzeće politikom držanja maksimalnih zaliha osigurava od nestašice robe.

Maksimalna količina zaliha može se izračunati na sljedeći način [4]:

$$Zmax = \frac{\text{Vrijednost najveće planirane prodaje}}{\text{Dana razdoblja za koji se traži normativ maksimalne zalihe}} * norma\ dani \quad (2.2)$$



Slika 2 Razine zaliha [11]

Kao što se može vidjeti na slici 2, odnosno prilikom praćenja količine zaliha i njihovog kretanja potrebno je odrediti točku naručivanja te uzeti u obzir vrijeme izvršavanja narudžbe kako zalihe ne bi pale ispod minimalne količine koja je potrebna kako ne bi došlo do prekida proizvodnog procesa ili nedostatka proizvoda u skladištu te maksimalne zalihe iznad kojih

skladište nema kapacitet

Kod izračunavanja minimalnih i maksimalnih zaliha, vodi se računa o količini dobara, a ne toliko o troškovima, nabavi i skladištenju. Optimalne zalihe se nalaze između minimalnih i maksimalnih zaliha, a predstavljaju količinu robe koja osigurava redovnu i potpunu opskrbu proizvodnje ili kupaca uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja robe. Formula za izračunavanje normativa optimalnih zaliha gotovih proizvoda glasi [4]:

$$Zopt = (P + R1) * (V + R2) \tag{2.3}$$

Z_{opt} = normativ optimalne zalihe gotovih proizvoda izražen u vrijednosti

P = dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda izražene u količini ili vrijednosti (planska cijena proizvoda/ robe)

R_1 = rezerva kojom se na temelju procjene povećava dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda uslijed podbačaja plana proizvodnje te povećanog škarta ili loma gotovih proizvoda

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

R_2 = rezerva kojom se na temelju procjene povećava normirani broj dana ili mjeseci zbog izuzetnih teškoća u isporuci, odnosno otpremi robe

Prosječne zalihe čine prosjek stanja zaliha robe tijekom određenog vremenskog razdoblja, najčešće godine, a mogu se izračunati na sljedeći način [4]:

$$\text{Zprosjecna} = \frac{\frac{1}{2}(\text{z1}) + (z2) + (z3) + (z4) + (z5) + \cdots (\frac{1}{2}Zn)}{\text{n} - 1} \tag{2.4}$$

Sigurnosna zaliha je količina robe u skladištu koja se drži radi osiguranja od nepredviđenih promjena u potražnji ili ponudi robe.

Špekulativna zaliha je količina robe u skladištu sakupljena s ciljem prodaje kada se cijene

znatnije povećaju.

Sezonska zaliha je količina robe sakupljene tijekom godine namijenjene zadovoljenju povećane potražnje u sezoni.

Nekurentna zaliha je roba u skladištu koja se zbog zastarjelosti, gubitka svojstva i slično, ne može prodati ili pak može, ali uz sniženu cijenu [4].

2.4 Funkcije zaliha

Postoje različite podjele zaliha, a kroz sljedeću tablicu (Tablica 1) prikazana je podjela i specifične funkcije zaliha, a to su: procesne, ciklične, sigurnosne sezonske i stalne zalihe.

Tablica 1 Funkcija zaliha

Tip zalihe	Funkcije zaliha
Procesne zalihe ili zalihe u dolasku (tranzitu) i/ili procesu proizvodnje	● Zbog osiguranja zaliha sirovina ● Zbog održavanja udaljenost između proizvodnje i distribucije
Ciklične zalihe	● Zbog izbjegavanja povećanja kapaciteta ● Zbog upravljanja varijacijama proizvodnje ● Zbog upravljanja povećanom proizvodnjom ● Zbog korištenja povoljne cijene sirovina ● Zbog izbjegavanja špekulacija s promjenama cijena i troškova
Sigurnosne zalihe	● Zbog pružanja adekvatne usluge kupcima radi nesigurne prodaje ● Zbog pružanja adekvatne usluge kupcima radi nesigurnih narudžbi ● Zbog pružanja zaštite od kvara ili prekida proizvodnje ● Zbog pružanja zaštite od prirodnih nepogoda
Sezonske i standardne zalihe	● Zbog održavanja sezonske razlike u potražnji ● Zbog ujednačenja proizvodnje tijekom godine usprkos sezonskim varijacijama potražnje tijekom godine

Izvor: [2]

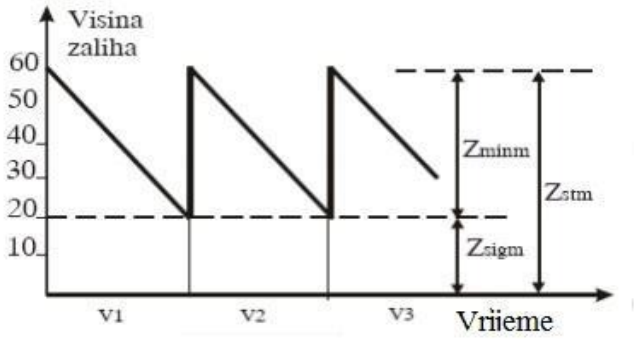
Smanjivanjem svih tipova zaliha doprinosi primjena JIT sustava[2] za brzo rješavanje zahtjeva tržišta [2].

Pod procesnim zalihama ili zalihama u dolasku podrazumijevaju se zalihe u tranzitu. Poduzeća određivanjem lokacije skladišta u blizini kupca, koriste veći broj regionalna skladišta umjesto jednog centralnog, kako bi potrebnu robu što brže isporučila odabirom najkraćeg transportnog puta. To bi značilo da procesne zalihe koje su u dolasku već prodane i šalju se kupcu, a ne zaprimaju u skladištu što znači da ove zalihe samo administrativno prolaze kroz skladište.

Ciklične zalihe su zalihe potrebne za premošćivanje razdoblja između dvije narudžbe. Sama količina narudžbe određena je troškovima e narudžbe i troškovima držanja zaliha tog proizvoda [6]. Pri odlučivanju o količini robe treba uzeti u obzir i dodatne troškove manipulacije koji su vezani za veće narudžbe.

Sigurnosne zalihe predstavljaju onu količinu robe iznad minimalnih zaliha, koja služi kako bi se mogla održati kontinuirana proizvodnja ili prodaja i u slučajevima kada dođe do neočekivane potražnje ili ako dobavljač kasni s isporukom narudžbe.

Standardne zalihe predstavljaju zbroj minimalnih i sigurnosnih zaliha. Standardne i sezonske zalihe neophodne su zbog oscilacija u proizvodnji i potražnji. Kako bi se smanjile standardne i sezonske zalihe potrebna je prekovremena proizvodnja, ali ona povećava troškove zbog većih troškova rada neiskorištenih kapaciteta van sezone.



Slika 3 Standardne i sigurnosne zalihe [2]

[2] "Just in time" jest ekonomski pojam strategije kojom se smanjuju troškovi proizvodnje, gubi se potreba za velikim troškovima skladištenja repromaterijala, te se sirovine iskorištavaju u najkraćem mogućem roku u proizvodnom procesu.

3. METODE UPRAVLJANJA ZALIHAMA I OPĆI MATEMATIČKI MODELI UPRAVLJANJA ZALIHAMA

Može se reći da je osnovni cilj upravljanja zalihama smanjiti troškove, a istovremeno imati dovoljnu količinu zaliha kako bi pružili potrebnu razinu usluge koju kupac zahtjeva. Prevelike zalihe uzrokuju nepotrebno visoke troškove držanja zaliha, dok suprotno tome preniska količina može uzrokovati brojne probleme i štetne posljedice u svakom od ciklusa opskrbnog lanca. Preniske zalihe mogu ugroziti kontinuirano odvijanje procesa zbog čega se koriste brojne metode i modeli upravljanja zalihama. U narednom tekstu pojašnjeni su neki od modela upravljanja zalihama.

3.1 Metode upravljanja zalihama

3.1.1 Metoda planiranja potreba za materijalom

Metoda planiranja potreba za materijalom (eng. Material Requirments Planning – MRP) se počeka koristiti 1970-ih godina na osnovi rada dr. Josepha A. Orlickya, američkog inženjera zaposlenog u IBM-u [7]. To je metoda koja je vremenski pomaknut sustav programa koji ima zadatak planirati i nazirati proizvodnju i zalihe u tvrtki, a obuhvaća sve aktivnosti od naručivanja materijala i poluproizvoda do isporuke gotovih proizvoda.

MRP metodom određuje se vrsta, količina i termin kad su sirovine potrebne kako bi proizvodnja bila kontinuirana. Potrebna količina se određuje usporedbom ukupne količine sirovina i poluproizvoda potrebnih za proizvodnju s određenim terminom isporuke s dostupnim količinama na zalihama i količinama u dolasku te se tako određuje termin početka proizvodnje. Kako bi proizvodnja započela, sve potrebne sirovine i poluproizvodu moraju biti dostupni u tom terminu te se ovaj postupak ponavlja za svaku isporuku i proizvod.

Za rad ovog sustava nužni su sljedeći elementi [7]:

- glavni plan proizvodnje (eng. Master Production Schedule – MPS): utvrđuje se temeljem narudžbi uvećanih za planirane buduće potrebe i u pravilu se planira u vremenskim intervalima od jednog tjedna.
- sastavnica (eng. Bill of Material – BOM): popratni dokument uz nacrt i predstavlja osnovni oblik prikazivanja strukture proizvoda i dijelova. Svrha ovog dokumenta

je određivanje svih sastavnih jedinica koje čine jedan proizvod tako da se struktura definira pripadnošću pojedinog entiteta nižeg stupnja složenosti nadređenom sklopu sve do finalnog proizvoda. Sastavnice se mogu koristiti kako bi se odredila ukupna potreba za određenim konstrukcijskim jedinicama zadane količine gotovih proizvoda. Nakon određivanja ukupnih količina i tipova potrebnih proizvoda mogu se odrediti sigurnosne zalihe.

- status zaliha (eng. Iventory Status File – ISF): objedinjava podatke od dostupnim zalihama svakog pojedinog proizvoda. Uobičajeno, dokumenti statusa zaliha posjeduju i zapise od uobičajenom vremenu dobave pojedinog proizvoda računajući od vremena naručivanja do zaprimanja na skladište.



Slika 4 Prikaz sastavnih dijelova MRP sustava

Izvor: [7]

Na slici 4 prikazana je tipična struktura MRP sustava. Središnjim dijelom MRP sustava smatra se računalni program koji se bez prekida izvršava na računalima te se sve izmjene vezane za proizvode pohranjuju, a ako dođe do većih odstupanja, dolazi do prilagodbe planova. Za određene poslovne procese ovakav pristup može biti prihvatljiv, ali za proizvodnju, uglavnom nije zadovoljavajuće točan te se javlja nemogućnost poštivanja ugovorenih rokova isporuke. MRP sustavi se koriste u tvrtkama svih veličina, a najzastupljeniji su kod onih tvrtki čiji proizvodi su u ranim fazama životnog vijeka proizvoda.

3.1.2 Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta

Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta (eng. Manufacturing Resources Planning – MRP II) nasljednica je MRP metode na temelju koje je i razvijena. Ona, za razliku od prve metode, koja se samo bavila planiranjem materijalnih potreba, uvodi u postupak planiranja i ostale cjeline poslovnog sustava poput financija, razvoja proizvoda i nabave. Cilj ovakvog proširivanja je odrediti potrebne kapacitete proizvodnje, kontrolirati tijek proizvodnje i odrediti potrebe za nesmetanu proizvodnju. MRP II metoda utječe na procese planiranje proizvodnje i samim tim i na upravljanje zalihama, kontrolu kvalitete, računovodstvo i financije te ljudske resurse [7].



Slika 5 Prikaz MRP II sustava i protok informacija kroz njega

Izvor [7]

Objedinjavanje ostalih poslovnih funkcija omogućava točnije planiranje i bolju usredotočenost proizvođača na poslovne ciljeve. Ovakvi sustavi najčešće imaju već ugrađene simulacijske modele koji korisnicima istog daju mogućnost provođenja analiza i ispitivanja različitih scenarija kako bi se odredili optimalni planovi. MRP II sustavi mogu simulirati ishode na poslovnom sustavu u cjelini, ali i pojedinačno na neke poslovne funkcije unutar poslovnog sustava. Prilikom izrade financijskih, operativnih, proizvodnih i drugih izvještaja koriste se izlazni podaci iz MRP II.

Prednost koju ova metoda nosi sa sobom u odnosu na MRP je ta što ima mogućnost

određivanja zauzetosti kapaciteta proizvodnje. Ako sustav utvrdi da će doći do preopterećenja tijekom realizacije plana proizvodnje, planeri proizvodnje kako bi izbjegli uska grla i kašnjenja mogu na vrijeme učiniti reorganizaciju proizvodnog osoblja. Također, jedna od važnijih prednosti MRP II u odnosu na njenu prethodnicu je što se ovim sustavom omogućuje točno planiranje potreba za radnom snagom.

Upotrebom ovog sustava proizvođač može garantirati da će njegovom klijentu proizvod biti proizveden i na vrijeme isporučen, a u slučaju da dođe do uskog grla ili potpunog zastoja, sustav obavještava planere proizvodnje o nastalim situacijama te obavještava kupca ako dođe do pomicanja rokova isporuke. Ovakvim sustavom informiranja kupca o kretanju njihove narudžbe uvelike je povećao zadovoljstvo kupaca i time povećao prihvaćenost ove metode. Iako je MRP II sustav predviđen za uvođenje reda i provođenje planova proizvodnje, u sustavu se još uvijek koriste zastarjelim metodama jer se sve temelji na već postojećim znanjima, metodama i tehnologijama.

3.1.3 Planiranje resursa poslovnog sustava

Planiranje resursa poslovnog sustava (eng. Enterprise Resource Planning- ERP) je izraz uveden od strane Gartner Group of Stamford, Connecticut, SAD. Ovaj sustav podrazumijeva računalni sustav koji povezuje sve poslovne aktivnosti i procese unutar cijelog poslovnog sustava te su u njega ugrađena brojna rješenja koja se u poslovnim sustavima bez uvedenog ERP sustava mogu primjenjivati odvojeno poput programskih paketa za projektni menadžment, upravljanje dobavljačima i kupcima, upravljanje podacima o proizvodima itd [7].

3.2 Opći matematički modeli upravljanja zalihama

Upravljanje zalihama u opskrbnom lancu jedne tvrtke sastoji se od dva osnovna parametra: količina narudžbe (x) i vrijeme između dvije narudžbe (t) [8].

Volumen narudžbe (x) je količina dobara koji su naručeni od dobavljača koja ovisi o [8]:

- Trenutnoj količini robe na skladištu
- Uvjetima isporuke dobavljača
- Planiranoj prodaji s uključenim razdobljem čekanja na dobavljačevu isporuku

Matematički modeli upravljanja zalihama su veoma složenog karaktera i upravo zbog toga su pojednostavljeni i pobliže objašnjeni određeni zadaci upravljanja.

3.2.1 Matematički modeli upravljanja zalihama s poznatom potražnom

Definicija matematičkih modela upravljanja zalihama sa konstantnom potražnjom počinje sa sljedećim poznatim podacima [8]:

A - volumen potražnje za proizvode u određenom vremenskom intervalu (T)

C^1 - troškovi skladištenja po jedinici proizvoda i po jedinici vremena su poznati i proporcionalni količini robe u skladištu

C^2 - troškovi neuspješnog zadovoljenja potražnje, ako je takav neuspjeh dozvoljen

C –troškovi jedne narudžbe.

Rješenje za probleme upravljanja zalihama, u ovom slučaju se uglavnom sastoji od postupka pronalaženja veličina za sljedeće [8]:

F(x) - ciljana funkcija

$$F(x) = \frac{TC^1}{2}x + \frac{CA}{x} \tag{3.1}$$

x* - optimalna veličina narudžbe

$$x* = \sqrt{2\frac{AC}{TC^1}} \tag{3.2}$$

t* - optimalno vrijeme između narudžbe

$$t* = \frac{T}{A}\sqrt{2\frac{AC}{TC^1}} \tag{3.3}$$

F(x*) – količina ukupnih troškova kada je primijenjena optimalna politika upravljanja zalihama

$$F(x*) = \sqrt{2ATC^1} \tag{3.4}$$

3.2.2 Matematički model upravljanja zalihama sa slučajnom potražnjom

Potražnja u opskrbnom lancu može biti različitih veličina i određena je s vjerojatnošću p(x). Ako je potražnja (x) manja od razine zaliha (y), onda su troškovi opskrbe (C_1) po jedinici proizvoda. Ako je (x) veći od razine zaliha (y), nedostatak proizvoda stvara troškove interventne kupnje (C_2) po jedinici proizvoda. Troškovi skladištenja su mali u odnosu na (C_1) i (C_2), vremensko razdoblje može biti zanemareno i proces upravljanja može biti okarakteriziran kao neovisan o vremenu [8].

Ukupni troškovi prema tome iznose [8]:

$$f(y) = C1 + \sum_{x=0}^{y}(y-x)p(x) + C2 + \sum_{x=y+1}^{\infty}(y-x)p(x) \tag{3.5}$$

Minimum F(y*) teži vrijednosti (y*) dok je zadovoljen sljedeći uvjet [8]:

$$\sum_{x=0}^{y*=1} p(x) < \frac{C2}{C1+C2} < \sum_{x=0}^{y*} p(x) \tag{3.6}$$

3.2.3 Modeli upravljanja zalihama s više različitih proizvoda

Jedan od problema upravljanja zalihama je pronaći optimalnu razinu zaliha za više različitih proizvoda koji se zajedno drže na skladištu.

Općenito se može reći kako u opskrbnom lancu postoji više različitih n proizvoda i kako je njihova potražnja u pojedinim periodima poznata, te nazvana A_1, A_2,..., Aj,...,An po proizvodu.

Tako se mogu za takve proizvode definirati tri vrste troškova [8]:

C_oj - direktni troškovi proizvodnje - prodaje po jedinici proizvoda (j)

C_1j - troškovi pripreme i organizacije proizvodnje - prodaje za serije proizvoda

C_2j - troškovi skladištenja po jedinici uskladištenog proizvoda (j), koji se iskazuju kao postotak (pj) vrijednosti robe u skladištu.

Nužno je odrediti optimalnu količinu zalihe, za određeni period, a da pritom troškovi budu što manji.

3.2.4 Modeli upravljanja zalihama bazirani na ostalim metodama i operacijskim istraživanjima

Za rješavanje složenih problema u upravljanju zalihama koriste se i kombinacije raznih metoda i istraživanja kao što su linearno programiranje, dinamičko programiranje i druge slične metode. Njihova primjena je značajna u poljima proizvodnje, distribucije i potrošnje materijalnih dobara.

Složenost problema koji se pojavljuju pri upravljanju zalihama najčešće se može prikazati na dva načina [8]:

1. Prisustvo određenih ograničenja u sustavu opskrbe
2. Dinamički karakter sustava opskrbe sa značajnim utjecajem troškova održavanja zaliha na ukupne troškove sustava.

3.2.5 Automatski model upravljanja zalihama

Kada se govori o automatskom modelu upravljanja zalihama robe ustvari se misli na automatsko generiranje izlaznih narudžbi za robu. Automatski model upravljanja zalihama ustvari predstavlja softver koji prema unesenim podacima sastavlja automatsku narudžbu na temelju prethodnih narudžbi i predviđanja potražnje. Tako na primjer kod XYZ analize materijale možemo klasificirati u tri skupine prema kontinuitetu potrošnje i sigurnosti prognoze [3]:

- Skupina X – materijali koji se kontinuirano troše ili se u njihovoj potrošnji javljaju manja kolebanja (do 10%) pa se postiže velika točnost prognoze potrošnje
- Skupina Y – materijali koji se troše diskontinuirano i kolebanja potrošnje u pojedinim vremenskim razdobljima su do 20%, zbog čega je moguće postići srednju točnost prognoze potrošnje
- Skupina Z – materijali koji se povremeno troše uz velike otklone u količini potrošnje (preko 25%) pa se gotovo ne može spoznati trend potrošnje i za takve materijale se postiže mala točnost prognoze potrošnje.

Prema tome osnovni zahtjevi za automatsko generiranje narudžbi za robu su [8]:

1. Računovodstvena baza zaliha s poslovnim informacijama i analizama prodaje koja mora sadržavati sljedeće podatke: šifru robe za prodaju, datum prodaje i količinu prodane robe.
2. Kriteriji za generiranje narudžbi koji moraju biti fleksibilni unutar zadanih tvrtkinih okvira i definirani u odgovarajućem registru, a pritom se misli na sve kriterije koji moraju biti pregledani i zadovoljeni da bi softver poslao narudžbu. Među njih spadaju šifra dobavljača, uvjeti dostave narudžbe, planirano razdoblje prodaje i čimbenik trenda rasta ili pada prodaje
3. Razrađen matematički model upravljanja zalihama.

4 PLANIRANJE NEDOSTATKA ZALIHA METODOM PRETPOSTAVKE

Definicije, podjele i formule navedene u ovom poglavlju predstavljaju prilagođeni prijevod iz knjige navedene pod [9].

4. 1 Zaostala narudžba – ''Backordering''

Ovisno o vrsti robe koju potražuje, kupac prihvaća ili ne prihvaća čekanje robe, te ovisno o tome i reagira. Tako na primjer odlaskom u lokalnu trgovinu, kupac očekuje da će na raspolaganju biti proizvodi poput jaja, kave, špageta i slično, a ako nisu, vjerojatno će kupovinu nastaviti negdje drugdje. U drugim situacijama, međutim, kupac je spreman na čekanje nekoliko dana ili čak tjedana ili mjeseci kako bi dobio robu koju želi.

Na primjer, ako kupac želi kupiti novi automobil, prilikom odabira istoga u obzir se uzimaju specifične karakteristike potencijalnih modela, a ako automobil trenutačno nije dostupan u poslovnici niti bližem lokalnom zastupničkom mjestu, može se naručiti iz tvornice, te je uobičajeno kupac spreman pričekati šest ili više tjedana (mjeseci) za proizvodnju i isporuku automobila. Drugi proizvodi koje je kupac inače spreman pričekati uključuju karoseriju vozila, izmijenjene i prilagođene uređaje prema potrebi kupca i posebnu dodatnu opremu. Sve ono što ove stavke imaju zajedničko su relativno visoki troškovi držanja zaliha, zbog visokih cijena proizvoda ili niske potražnje.

Slučaj u kojem kupac čeka na isporuku robe poznat je kao "backordering" što bi se moglo prevesti kao zaostala narudžba. Tako na primjer, ako je proizvod koji je kupcu potreban nedostupan kod trenutnog prodavatelja, kupac ima mogućnost taj proizvod potražiti negdje drugdje. Prilikom odlaska kupca drugom prodavatelju, dolazi do izgubljene prodaje. Kod "backordering" ne dopušta se pad prodaje bez obzira na to koliko je zaliha ostalo, odnosno je li neki proizvod dostupan ili ne. Prodavatelj prodaje proizvode čak i kad proizvod nedostaje na zalihama. Kada naručena roba stigne, prodavatelj ispunjava zaostale narudžbe, a preostalu robu stavlja na zalihe. "Backordering" omogućuje prihvaćanje narudžbe za proizvode koji nisu dostupni, a takav način poslovanja može pružiti uvid u potražnju kupca i kupovinu, a to je jedan od pristupa prilikom planiranja nedostatka zaliha.

4.2 Model pretpostavke

Prilikom planiranja nedostatka zaliha, pretpostavlja se da nijedan kupac neće biti izgubljen zbog nepredviđenih situacija. Na primjer, kupac želi kupiti 20 lutki, a prodavatelj na stanju ima samo 16 lutki. Prodavatelj može obećati isporuku u najkraćem mogućem roku, iako bi to moglo potrajati nekoliko dana. U ovakvim slučajevima može doći do odustajanja kupca od kupovine te dolazi do izgubljene prodaje. Ako kupac odluči pričekati narudžbu, može se dogoditi da nakon određivanja uvjeta kod "backorderinga" dođe do nepredviđenih situacija kao što su kašnjenja dobavljača, što znači da pretpostavka da nijedan kupac neće biti izgubljen ne mora nužno biti točna. To bi značilo na primjer da će kupac kupiti negdje drugdje lutke jer je dostupna potrebna količina bez dodatnih čekanja. Isto kao kod modela ekonomske količine nabave (eng. Economic Order Quantity - EOQ), ovaj model se bavi proizvodima s dovoljno dugim rokom trajanja , čiji se zahtjev pojavljuje pri poznatoj konstantnoj stopi potražnje tijekom neograničenog vremenskog razdoblja. Uz troškove držanja i narudžbe, ovaj model omogućuje da se uključi i vremenski ovisna i vremenski neovisna komponenta troška nedostatka zaliha.

Naravno, korisnici ne žele uvijek čekati svoje proizvode. Uzimajući u obzir tu želju kupca, planirani nedostatak zaliha uključuje trošak zadržavanja kupca, (eng. Backorder Costs – Cs), prilikom zaostalih narudžbi tijekom cijele godine. Na primjer, ako trgovina nudi 10 dolara tjedno popust za svaki tjedan čekanja kupca na robu, a korisnik mora čekati samo četiri tjedna za stavku, trošak povratne prodaje za tog klijenta je 40 dolara.

U cjelini, trošak zadržavanja kupca, ne predstavlja kupovni popust, već je procjena nezadovoljstva kupaca poznata kao trošak "goodwill-a". "Goodwill" u doslovnom smislu znači dobar glas. Ovaj trošak je razlika između plaćene i knjigovodstvene vrijednosti robe, odnosno tvrtka "plaća" kupcu premiju kako bi zadržala kupca i dobar glas tvrtke pa se zbog toga naziva trošak zadržavanja kupca. Troškovi "goodwill-a" su, u najboljem slučaju, teške mjere, ali tvrtke mogu ponekad dobiti razumne procjene od takvih troškova kroz marketinška istraživanja i interese skupine.

Osim troškova "goodwill-a", zadržavanje klijenta koji čeka robu prate i administrativni troškovi, (eng. Adminstrative Backorder Costs – Cb), koji također mogu biti povezani s upisivanjem zaostale narudžbe i kontaktiranjem kupca čija je roba bila na čekanju.. Ovaj

trošak razlikuje se od troška zadržavanja kupca, Cs, jer je fiksni trošak po narudžbi, neovisno o tome koliko dugo kupac čeka stavku da stigne.

Prilikom planiranja nedostatka zaliha, u obzir se uzima:

- Q, količinu narudžbe,
- S, količina zaostalih narudžbi u trenutku dolaska sljedeće narudžbe.

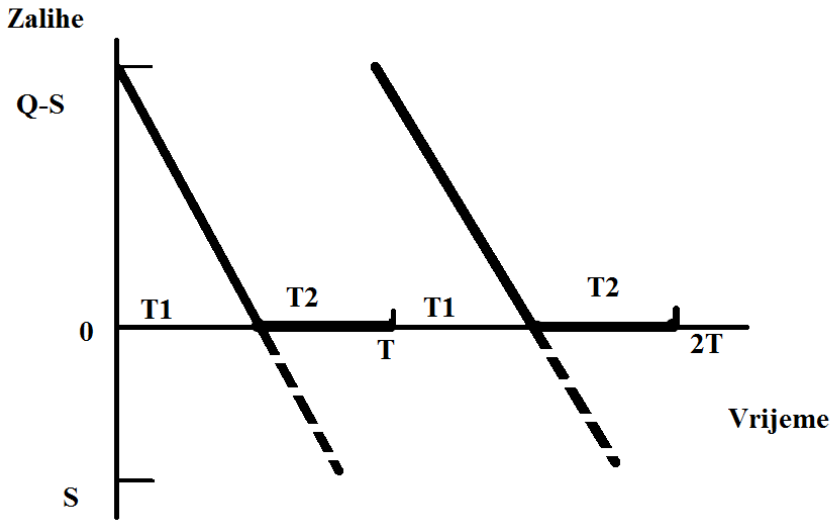
Stoga, ukupni varijabilni troškovi, TV (Q, S), su funkcija ove dvije količine:

TV(Q,S)= Ukupni godišnji trošak držanja zaliha (Ch)

+ Ukupni godišnji troškovi naručivanja (Co)

+ Ukupni godišnji troškovi koji ovise o vremenu

+ Ukupni godišnji nezavisni troškovi



Slika 6 Model planiranja nedostatka zaliha

Izvor: [7]

Prema oznakama iz slike 6:

T_1 = razdoblje u ciklusu zaliha tijekom kojeg su zalihe dostupne.

T_2 = razdoblje u ciklusu zaliha tijekom kojeg artikli u zaostatku s narudžbom

T = vrijeme zbirnog ciklusa zaliha = $T_1 + T_2$.

Ciklus zaliha započinje kada su zaostale narudžbe, S naručene, a neisporučene i završava kada je narudžba Q primljena. Položaj zaliha na početku ciklusa dovodi se do svoje maksimalne pozicije zaliha tako što se ukupna količina narudžbe oduzme od zaostale narudžbe:

$$M = Q - S \tag{4.1}$$

M – maksimalna pozicija zalihe

U ciklusu zaliha tijekom kojeg su zalihe dostupne, T_1 one padaju na 0. Tada, tijekom razdoblja T_2 u kojem su artikli u zaostatku s narudžbom, te se narudžbe akumuliraju s konstantnom stopom potražnje sve dok se na kraju ciklusa T, zaostale narudžbe, S ne vrate unatrag. U tom trenutku započinje sljedeći ciklus, a postupak se ponavlja.

4.3 Troškovi zaliha

Prosječna razina zaliha tijekom cijelog ciklusa, T, kod modela planiranja nedostatka zaliha je prosječna razina zaliha tijekom razdoblja zalihe, (Q-S) / 2, i vrijeme tijekom kojeg su zalihe dostupne proporcionalne ukupnom vremenu ciklusa zaliha (T_1 / T_2).

Period potražnje tijekom razdoblja T_1 je:

$$D * T1 = Q - S \tag{4.2}$$

dok je potražnja za cijeli ciklus T je:

$$D * T = Q \tag{4.3}$$

Dijeljenjem maksimalne pozicije zaliha, M iz formule (4.1) s količinom narudžbe, Q daje vrijednost T_1 / T daje prosječnu razinu zaliha:

$$Prosječna\ razina\ zaliha = \left(\frac{Q-S}{2}\right)\left(\frac{Q-S}{Q}\right) = \left(\frac{(Q-S)^2}{2Q}\right) \tag{4.4}$$

Prosječne godišnje troškove držanja zaliha moguće je izračunati množenjem prosječne razine zaliha (formula 4.4) s troškom držanja zaliha (eng. Holding Costs – Ch), stoga imamo:

$$Prosječni\ godišnji\ troškovi\ držanja = \left(\frac{(Q-S)^2}{2Q}\right) * Ch \tag{4.5}$$

Godišnji trošak narudžbe utvrđuje se množenjem prosječnih narudžbi godišnje:

$$N = D\ /\ Q \tag{4.6}$$

fiksnim troškovima narudžbe, tako da ukupni godišnji trošak narudžbe je:

$$Godišnji\ trošak\ narudžbe = \left(\frac{D}{Q}\right) * Co \tag{4.7}$$

Prosječnu broj zaostalih narudžbi u ciklusu je:

$$Prosječan\ broj\ zaostalih\ narudžbi = \frac{S}{2} \tag{4.8}$$

Razdoblje u ciklusu zaliha tijekom kojeg artikli u zaostatku s narudžbom, T2,

proporcionalno je ukupnom vremenu ciklusa zaliha, T, što znači i da su zaostale narudžbe, S, proporcionalne količini narudžbe, Q, a iz toga slijedi:

$$\frac{T2}{T} = \frac{S}{Q} \qquad 4.9$$

stoga je:

$$Prosječna\ razina\ zaostalih\ zaliha = \left(\frac{S}{2}\right)\left(\frac{S}{Q}\right) = \left(\frac{S^2}{2Q}\right) \qquad (4.10)$$

Prosječni godišnji troškovi ovisni o vremenu jednaki su prosječnom trošku zadržavanja kupca, Cs, iz čega slijedi:

$$Prosječni\ godišnji\ troškovi\ ovisno\ o\ vremenu = \left(\frac{S^2}{2Q}\right) Cs \qquad (4.11)$$

Tijekom svakog ciklusa zaliha postoji S, broj zaostalih narudžbi, postoji D/Q ciklusa godišnje, tako da:

$$Ukupna\ godišnja\ količina\ zaostalih\ narudžbi = \left(\frac{D}{Q}\right) S \qquad (4.12)$$

Godišnji trošak nedostatka koji nastaje neovisno o vremenskom razdoblju kada su kupci dobili zaostalu narudžbu je ukupan broj zaostalih narudžbi tijekom godine, Cb. Stoga je:

$$Prosječni\ godišnji\ troškovi\ neovisni\ o\ vremenu = \left(\frac{D}{Q}\right) SCb \qquad (4.13)$$

Kombinirajući sve ove podatke dobiva se sljedeća formula za ukupne godišnje troškove TV(Q,S):

$$TV(Q,S) = \frac{(Q-S)^2}{2Q} Ch + \frac{D}{Q}\,(Co + SCb) + \frac{S^2}{2Q} Cs \qquad (4.14)$$

4.4 Optimalna politika zaliha

Mnoge se tvrtke susreću s problemima, koji otežavaju pronalaženje optimalne politike upravljanja zaliha: nepredvidivošću potražnje, dugim vremenima isporuke, nepouzdanim procesom dobave, velikim brojem artikala, kratkim vremenom potražnje za određenim proizvodom.

Optimalno upravljanje poslovnim procesom zahtijeva usklađivanje sa svim proizvodnim, nabavnim i distribucijskim aktivnostima unutar logističkog lanca. Ono stoga nije jednostavan problem pojedinog sudionika mreže, već problem koji za svako pojedino rješenje traži informacije na razini cijelog sustava. Lako je primijetiti da optimalna politika zaliha ovakvog modela pretpostavlja da će se nalog za novom narudžbom dogoditi tek u trenutku kada zalihe padnu na nulu, a zbog vremena čekanja isporuke dolazi do zaostalih narudžbi, iz toga slijedi:

$$Q* = \sqrt{\left(\frac{2DCo}{Ch}\right)\left(\frac{Ch + Cs}{Cs}\right) - \frac{(DCb)^2}{ChCs}} \tag{4.15}$$

$$S* = \frac{Q * Ch - DCb}{Ch + Cs} \tag{4.16}$$

4.5 Točka ponovne nabave

Točka ponovne nabave, R, je razina zalihe do koje padaju nakon čega se naručuje količina kada dođe do vremena L godina. Treba napomenuti da S * predstavlja broj narudžbi u zaostajanju kada stigne nova pošiljka. Točka ponovne nabave jednaka je umnošku godišnja potražnja, D, i vremena isporuke, L za promatrani period potražnje:

$$R = L * D \tag{4.18}$$

Stoga je točka ponovne nabave, R, za ovaj model dana sljedećom formulom:

$$R = L * D - S* \tag{4.19}$$

5 PRIMJER PLANIRANJA NEDOSTATKA ZALIHA

U ovom poglavlju prikazan je primjer planiranja nedostatka zaliha. Prikazan je primjer na slučaju tvrtke SPC koja je distributer prijenosnih sauna na području SAD-a. Saune su proizvedene u Švedskoj, a izgled saune prikazan je na slici 7. "Copper Bucket Sauna –CBS" je jedinstvena i potpuno mobilna sauna koja se može vući kao standardno priključno vozilo. Toplinu u sauni stvara zaporni plamenik s prilagođenim dizajnom. [10]



Slika 7 CBS prijenosna sauna [10]

Jedna prijenosna sauna košta 2400 dolara, a računovodstvo tvrtke procjenjuje da godišnji trošak držanja sauna na zalihama iznosi 525 dolara. Od Švedske do tržišta u SAD-u saune se transportiraju u kontejnerima. Budući da su namijenjene za američko tržište, fiksni trošak naručivanja je prilično velik i iznosi 1250 dolara. Uobičajeno vrijeme isporuke robe je četiri tjedna.

Tvrtka SPC prima narudžbe za prosječno 15 sauna tjedno. Računovodstvo tvrtke procjenjuje da će "goodwill" troškova zadržavanja kupca saune zbog zaostalih narudžbi

iznositi 20 dolara tjedno. Osim troškova zadržavanja kupaca, tu su i administrativni troškovi koji iznose 10 dolara za svaku saunu stavljenu na "backorder" .

U tablici 2 prikazani su podaci temeljem kojih je moguće izračunati količinu nabave, količinu zaostalih narudžbi, vrijeme ciklusa, godišnji broj narudžbi, točku ponovne nabave, ukupni godišnje i varijabilne troškove.

Tablica 2 Ulazni podaci

Ulazni podaci	Vrijednosti
Godišnja potražnja, D	780
Jedinični trošak nabave, C	$ 2.400,00
Fiksni troškovi nabave, Co	$ 1.250,00
Trošak držanja zaliha, Ch	$ 525,00
Godišnja stopa držanja zaliha, H	0,22
Trošak zadržavanja kupca, Cs	$ 1.040,00
Administrativni troškovi, Cb	$ 10,00
Vrijeme isporuke, L	0,07692

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Vrijeme isporuke je četiri tjedna, a kada se to podijeli s brojem radnih tjedana dobije se vrijeme isporuke u godinama:

$$L = 4/52 = 0{,}07692\ godina$$

Za izračun ranije spomenutih varijabli korišten je MS Office Excel, te su proračuni prikazani u tablicama 3, 4, 5 i 6.

Iz zadatka koji je predmet rješavanja problema, dobiveni su podaci koji su prilagođeni daljnjim potrebama proračuna poput preračunavanja tjedne potražnje u godišnju i vrijeme isporuke iz tjedana u godine i slično. Tom prilagodbom vremenskih jedinica pojednostavljeni su daljnji proračuni.

Tablica 3 Optimalni izlazni podaci s troškovima Cs i Cb

Optimalni izlazni podaci	Izlazni podaci s troškovima Cs 1040$
Količina nabave Q/Q*	74,01 Komada sauna
Količina zaostalih narudžbi, S /S*	19,84 Komada sauna
Vrijeme ciklusa, T	0,0949 Godina
Godišnji broj narudžbi, N	10,5388 Narudžbi
Točka ponovne nabave, R	40,1531 Komada sauna
Ukupni godišnji varijabilni trošak, TV(Q/Q*)	$ 28.438,24
Ukupni godišnji trošak, TC(Q/Q*)	$ 1.900.438,24
% od zaostalih narudžbi	26,81%

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Prvi dio razrade zadatka sastoji se od analize koja daje vrijednost količina nabave, Q*, uvrštavanjem početnih podataka u formulu 4.15, čime se dobilo da je količina nabave 74 saune. Količina zaostalih narudžbi, S* dobivena je uvrštavanjem u formulu 4.16 primjenom optimalne politike zaliha iznosi približno 20. Vrijeme ciklusa T računa se prema sljedećoj formuli:

$$T = \frac{Q*}{D} \tag{5.1}$$

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti u formulu 5.1 izračunato je vrijeme ciklusa od 5 tjedana, a uvrštavanjem u formulu 4.6, godišnji broj narudžbe iznosi 10, te uvrštavanjem početnih podataka u formulu 4.19 izračunato je da je točka ponovne nabave 40. To zapravo znači da kada zalihe sauna padnu na 40, naručuje se novih 74 sauna.

Ukupni godišnji varijabilni troškovi dobiju se iz formulu 4.14, a oni iznose 28.438,24 US dolara. Ukupni godišnji trošak, računa se prema izrazu:

$$TC(Q*) = (D * C) + TV(Q*) \tag{5.2}$$

Prema formuli 5.2 dobije se godišnji trošak od 1.900.438,24 dolara. Planirani postotak nedostatka zaliha prema politici zaliha koja se u ovom slučaju koristila iznosi 26,81%.

U tablici 4 uvrštavanjem poznatih vrijednosti u formulu 5.3 izračunata je količina

nabave bez količine zaostalih narudžbi, a točka ponovne nabave izračunata je uvrštavanjem u formulu 4.18. Ostali podaci u tablici 4 izračunati su isto kao i podaci u tablici 3:

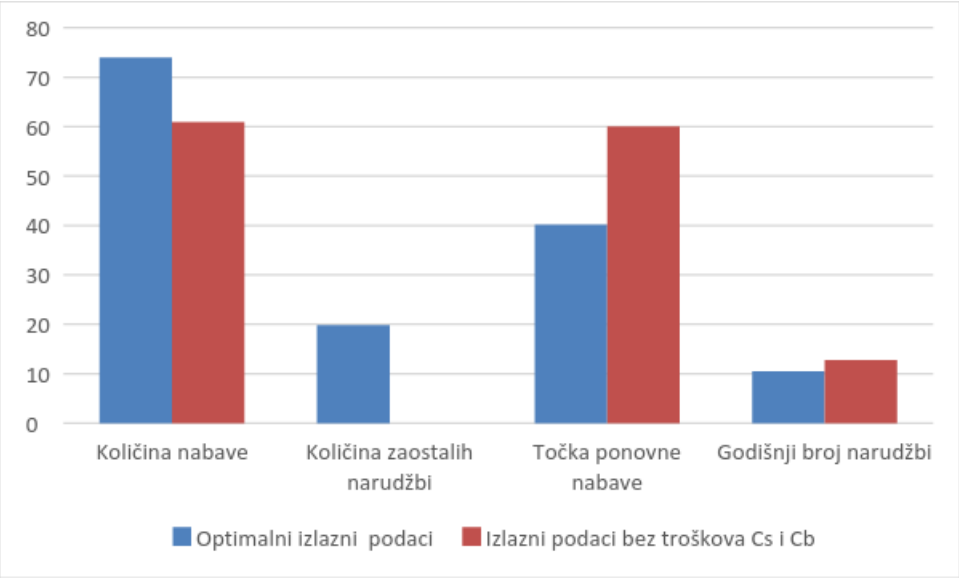
$$Q = \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}} \tag{5.3}$$

Tablica 4 Izlazni podaci bez troškova Cs i Cb

Optimalni izlazni podaci	Vrijednosti
Količina nabave, Q	60,94 Komada sauna
Vrijeme ciklusa, T	0,078 Godina
Godišnji broj narudžbi, N	12,8 Narudžbi
Točka ponovne nabave, R	60 Komada sauna
Ukupni godišnji varijabilni trošak, TV(Q)	$ 1.888.039,07
Ukupni godišnji trošak, TC(Q)	$ 3.760.039,07

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

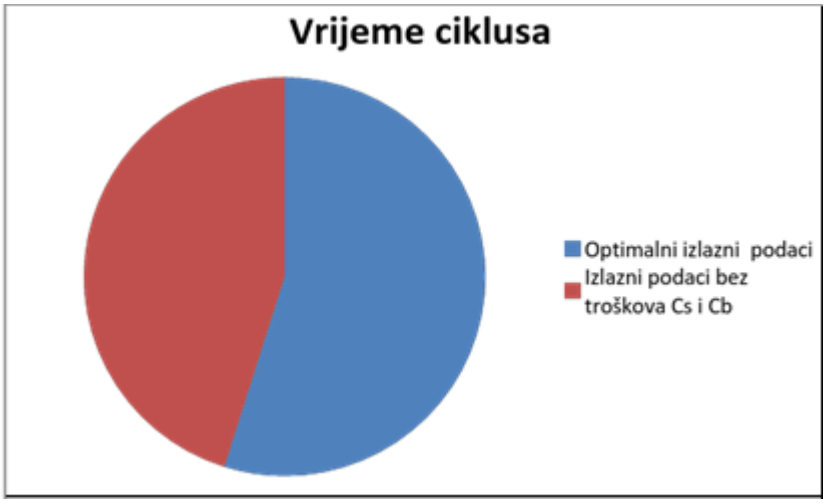
Stavljanjem u omjer količinu nabave, primjenom optimalne politike zaliha, vidljivo je da količina nabave veća i to za približno 18% u odnosu na uobičajeni model ekonomske količine nabave što je prikazano na grafikonu (Grafikon 1). U klasičnom modelu ekonomske količine nabave točka ponovne nabave približno iznosi 60, što znači da kada zalihe prijenosnih sauna padnu do te razine potrebno je naručiti 60 novih sauna. Povećanjem količine nabave smanjuje se godišnji broj narudžbi što je vidljivo upravo na ovom primjeru jer u optimalnoj politici točka ponovne nabave i broj godišnjih narudžbi su niže, a količina nabave veća čime se postižu niži troškovi. Naručivanjem većih količina zaliha mogu se dobiti količinski popusti, troškovi prijevoza su niži i slično.



Grafikon 1 Grafički prikaz usporedbi dobivenih podataka

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Na primjer, model planiranja nedostatka zaliha pretpostavlja da su troškovi "goodwilla" linearni, a trošak zadržavanja kupca na povratnom računu za četiri mjeseca pretpostavlja se da je četiri puta veća od troškova održavanja kupca na pozadini za jedan mjesec. U realnim uvjetima to često nije tako. Praktičari mogu biti razmjerno tolerantni za kratka kašnjenja, ali duža kašnjenja rezultiraju ogromnim "goodwilom". Stoga bi se trebalo analizirati rezultate modela kako bi se provjerilo je li trošak zaostale narudžbe realan.



Grafikon 2 Grafički prikaz usporedbe vremenskih ciklusa

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Na grafikonu 2 može se vidjeti kako je vrijeme ciklusa u optimalnoj politici zaliha nešto veće u odnosu na nabavu bez troškova Cs i Cb. Samo vrijeme u velikoj je ovisnosti s količinom nabave jer ono predstavlja vrijeme između dvije narudžbe. S većom količinom nabave, povećava se i vrijeme ciklusa.

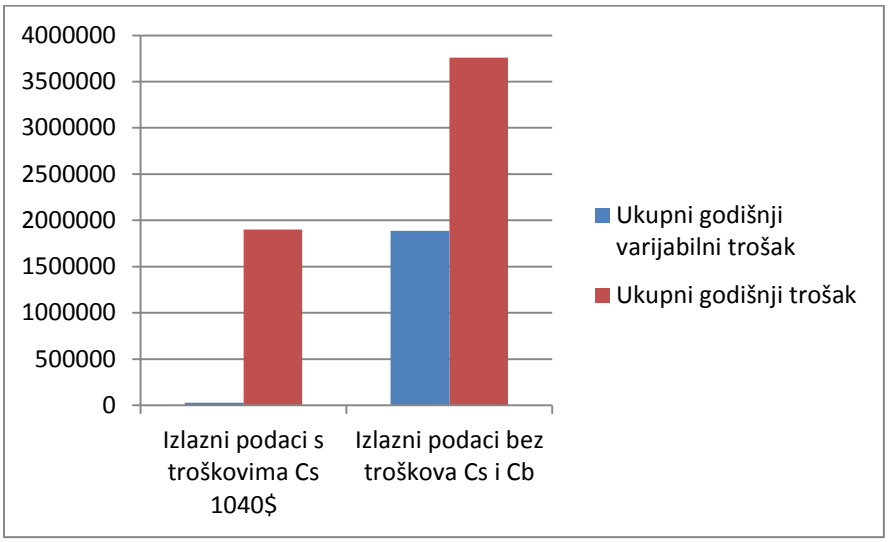
U promatranom slučaju, pretpostavljeno je da trošak povratka za saunu iznosi 20 dolara tjedno. Iako računovodstvo smatra da je ovaj trošak realan za kašnjenja tjedan dana ili manje, smatra se da kašnjenja veća od tjedan dana zapravo skuplja. Za izračun tih troškova potrebno je izračunati maksimalno kašnjenje, i to sljedećom formulom:

$$Maksimalno\ kašnjenje = \frac{S *}{D} \qquad (5.4)$$

Za tvrtku SPC, maksimalno kašnjenje na koje je klijent naišao izračunava se uvrštavanjem u formulu 5.4:

$$Maksimalno\ kašnjenje = \frac{20}{15} = 1{,}33\ tjedna$$

Usporedbom ukupnih godišnjih i varijabilnih troškova ovih metoda i politika upravljanja zalihama vidljiva je drastična razlika u troškovima što je prikazano u grafikonu (Grafikon 3). Kroz sve ove parametre uočljivo je da model EOQ nije dobro rješenje.



Grafikon 3 Ukupni godišnji i varijabilni troškovi

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Rezultatima ove analize, vidi se da je planiranje 25 dolara tjedno za troškove zaostalih narudžbi realnije. Ovom promjenom mijenjaju se troškovi zadržavanja kupca, Cs, sa 1040 dolara na 1300 dolara, a korištenjem jednadžbe za količinu nabave, Q* što je vidljivo u tablici (Tablica 5) dobilo se da je vrijednost za količinu naručivanja 72 jedinice, kada zaliha padne na 3 jedinice. U tom slučaju, primjenom jednadžbe za količinu zaostalih narudžbi, S*, maksimalan broj zaostalih narudžbi je 16, a najduže vrijeme isporuke je malo više od tjedan dana.

Tablica 5 Dobiveni podaci s izmijenjenim troškovima Cs-a

Optimalni izlazni podaci	Vrijednosti
Količina nabave, Q*	71,6 Komada sauna
Količina zaostalih narudžbi, S*	16 Komada sauna
Vrijeme ciklusa, T	0,0209 Godina
Godišnji broj narudžbi, N	10,9 Narudžbi
Točka ponovne nabave, R	3,2 Komada sauna
Ukupni godišnji varijabilni trošak, TV(Q*)	$ 29.016,57
Ukupni godišnji trošak, TC(Q*)	$ 1.901.016,57
% od zaostalih narudžbi	22,80%

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

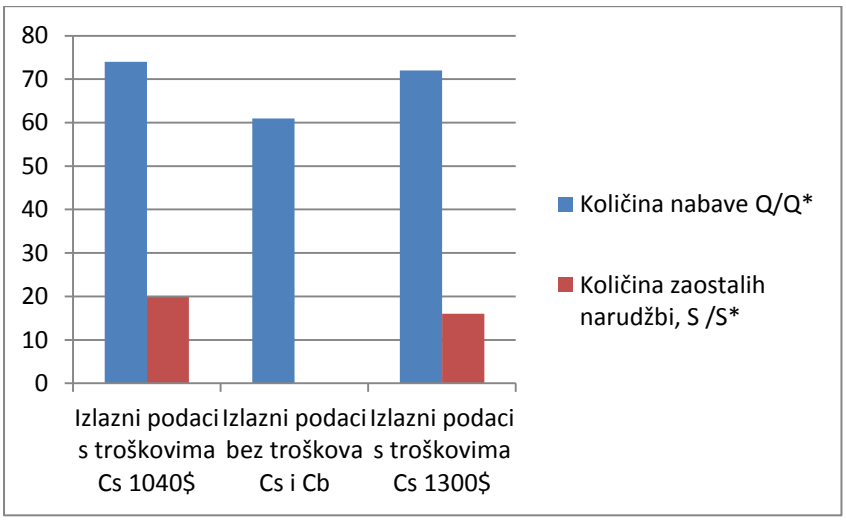
Prethodni dio rješenja zadatka pomoću Excela mogu se iskoristiti za uvid kako primjene određenih metoda i promjene troškova zadržavanja kupca utječu na konačne rezultate. U tablici 6 prikazani su zajedno svi proračuni kako bi se podaci usporedili i pretpostavila najbolja metoda.

Tablica 6 Prikaz svih proračuna

Optimalni izlazni podaci	Izlazni podaci s troškovima Cs 1040$	Izlazni podaci bez troškova Cs i Cb	Izlazni podaci s troškovima Cs 1300$
Količina nabave Q/Q*	74,01	60,94	72
Količina zaostalih narudžbi, S /S*	19,84	0	16
Vrijeme ciklusa, T	0,0949 Godina	0,0781 Godina	0,0209 Godina
Godišnji broj narudžbi, N	10,5388 Narudžbi	12,7984 Narudžbi	10,8954 Narudžbi
Točka ponovne nabave, R	40,1531 Komada sauna	60 Komada sauna	3,2 Komada sauna
Ukupni godišnji varijabilni trošak, TV(Q/Q*)	$ 28.438,24	$ 1.888.039,07	$ 29.016,57
Ukupni godišnji trošak, TC(Q/Q*)	$ 1.900.438,24	$ 3.760.039,07	$ 1.901.016,57
% od zaostalih narudžbi	26,81%	0	22,80%

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Iz navedene tablice primjećuje se da količina nabave kada su troškovi Cs 1040 US dolara najveća i iznosi 74 saune, a količina nabave u slučaju kada su troškovi Cs 1300 US dolara je samo 2,7% manja u odnosu na nju te iznosi 72 saune. Količina nabave u klasičnom modelu ekonomske količine nabave iznosi 60 sauna i približno je manja za 18% u odnosu na količinu nabave u slučaju kada su troškovi zadržavanja kupaca 1040 US dolara, a 15,3% u slučaju kada su troškovi zadržavanja kupaca 1300 US dolara. Količina zaostalih narudžbi u prvom slučaju (gdje je Cs=1040$) je približno 20, a u drugom slučaju (gdje je Cs=1300$) je 16, što je gotovo 20% manje u odnosu na prvi slučaj. Grafikon 4 pokazuje količinu nabave i zaostalu količinu nabave u sva tri slučaja.



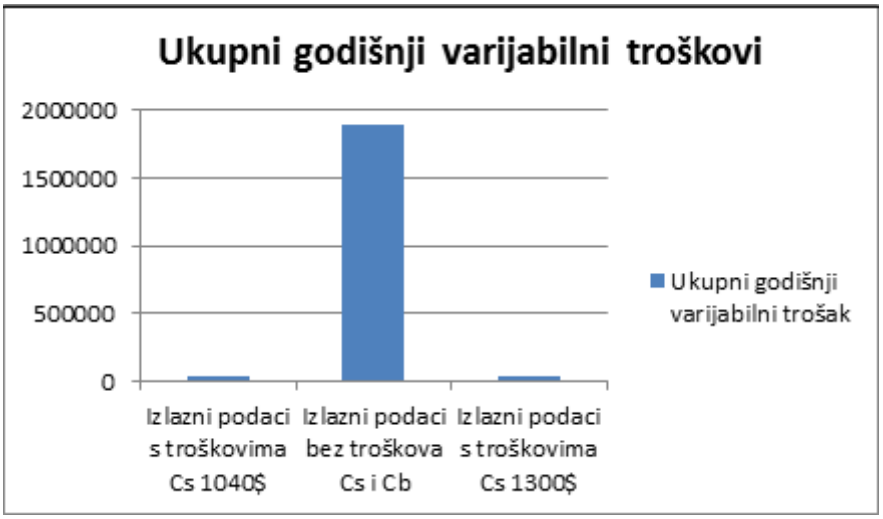
Grafikon 4 Usporedba količine nabave i količine zaostalih narudžbi

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Naručivanjem veće količine zaliha smanjuje se godišnji broj narudžbi, a povećava vrijeme ciklusa. Kao što se može primjetiti iz tablice 6, vrijeme ciklusa, je veće tamo gdje je veća količia narudžbe i ono su proporcionalne, a broj narudžbi manji tamo gdje je količina narudžbe veća i te veličine su obrnuto proporcionalne. Točka ponovne nabave najmanja je u slučaju gdje je Cs 1300 US dolara i iznos 3 saune, dok je točka ponovne nabave u prvom slučaju približno 40 sauna, a najveća je u klasičnom modeli, a iznosi 60 sauna.

Iz tablice 6 mogu se usporediti ukupni godišnji i varijabilni troškovi od sva tri slučaja, a vidi se da je razlika zbilja značajna. U slučaju gdje nema troškova Cs i Cb, ukupni godišnji

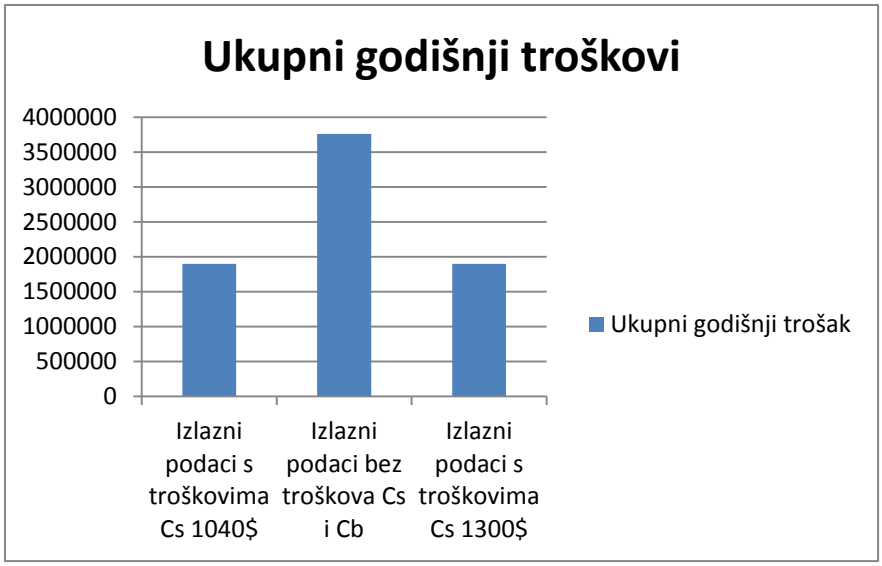
troškovi su najveći u iznosu od 1.888.039,07 US dolara, a najmanji gdje su troškovi Cs 1040 US dolara, a varijabilni troškovi su 28438,24 US dolara, a troškovi gdje su troškovi Cs 1300 US dolara su veći samo 578,33 dolara. Ukupni varijabilni troškovi prikazani su u grafikonu 5.



Grafikon 5 Ukupni varijabilni troškovi

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

U klasičnom modelu ukupni godišnji troškovi su 3.760.039,07 US dolara, a u preostala dva slučaja gotovo 50% manji što je vidljivo u grafikonu 6.



Grafikon 6 Ukupni godišnji troškovi

Izvor: Izradila i prilagodila autorica

Nakon konačne usporedbe vidljivo je da klasični model ekonomske količine nabave ne dolazi u obzir, s obzirom da u modelima gdje su planirani nedostaci zaliha su znatno bolji rezultati. Iako su ukupni godišnji i varijabilni troškovi manji u slučaju gdje je trošak "goodwilla" 20 dolara nego u slučaju gdje je trošak "goodwilla" 25 dolara. Povećanjem "goodwilla" za 5 dolara smanjuje se postotak planiranog nedostatka zaliha za 4,01%. Ova optimalna politika zaliha je prihvatljiva jer vrijeme isporuke je najviše tjedan i pol dana. Takvom ponudom zadržat će se veći broj kupaca, a ni "goodwill" se neće naplaćivati za 4 nego za 1,3 tjedna.

6 ZAKLJUČAK

Cilj svake tvrtke, bilo da se radi o proizvodnoj ili uslužnoj djelatnosti jest osigurati kontinuitet proizvodnje ili opskrbe korisnika. Kako bi se ostvarilo poslovanje bez prekida potrebno je održavati zalihe na skladištu u određenim količinama kako bi bile uvijek dostupne i bile konkurentne na tržištu.

Upravljanje zalihama smatra se jednim od važnijih logističkih zadataka, a svaki tip zaliha zahtjeva odgovarajući model upravljanja. Ako dođe do nedostatka zaliha dolazi do prekida proizvodnog procesa, a samim time se smanjuje količina gotovih proizvoda.

Tvrtke danas upravljaju i planiraju zalihe na temelju različitih modela i metoda. Nažalost, mnogi ne daju veliki značaj planiranju nedostatka zaliha nego isključivo se vode metodama u kojima nakon što zalihe padnu do određene točke nakon koje dolazi do nove narudžbe. Često se zna dogoditi da na zalihama nema proizvoda koji kupac želi, ali prilikom planiranja zaliha poduzeće planira troškove zadržavanja kupca, računajući naknadu zaostalih narudžbi što sa stajališta kupca se čini kao kupovni popust.

Obično se naknade zaostalih narudžbi računaju na razini tjedna, a na primjeru tvrtke SPC, koja planira nedostatak zaliha te svojim kupcima nudi naknadu od 20 dolara tjedno, a prosječno vrijeme čekanja je 4 tjedna. Planirani nedostatak zaliha s tjednom naknadom od 20 dolara iznosi 26,81%. U slučaju kada tvrtka ponudi 25 dolara tjedno i vrijeme čekanja bude nešto više od tjedan dana, nužno troškovi neće biti smanjeni, ali planirani nedostatak zaliha smanjit će se za 4,01 %. Davanjem mogućnosti kupcu da naruči robu koja trenutno nije dostupna naziva se "backordering", a to je jedan od pristupa prilikom planiranja nedostatka zaliha. Trošak zaostalih narudžbi važan je za tvrtku, budući da se ovom metodom smanjuju troškovi držanja zaliha jer roba već unaprijed ima kupca. Takve metode zadržavaju kupce što je u poslovnom svijetu vrlo bitno. Bez kvalitetne ponude i dobrih uvjeta koji će ostati konkurenti ne može se poslovati s velikim profitom.

LITERATURA

(1) Jedvej, V., Krpan, Lj., Maršanić, R: Upravljanje zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji, Tehnički glasnik, Vol. 8 No.3 Rujan 2014.

(2) Regodić, D.: Logistika, Fakultet za informatiku i menadžment, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010,

(3) Božić, D.: Nastavni materijali iz kolegija „ Upravljanje zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016./2017.

(4) Šafran, M.: Nastavni materijali iz kolegija „ Upravljanje zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016./2017.

(5) http://edukacija.rs/poslovne-vestine/menadzment/zalihe (6. Lipnja 2017.)

(6) http://www.logiko.hr/izvori/clanci/41-upravljanje-zalihama/250-zalihe (19. Lipnja 2017.)

(7) Žic, S.: Optimizacija upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, 2014.

(8) Vidačić, S.: A trading company's inventory managmant model, University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varaždin, Croatia, 1999.

(9) Lawrence, J., Pasternack, B.: Applied Managment Science, California State University – Fullerton

(10) http://secondhand-trailers.co.uk/listing/2146/mobile-sauna-business-trailer (20. Lipnja 2017.)

(11) Omerhodžić, S.: Finansijski menadžment, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Tuzli, 2006.

POPIS SLIKA

Slika 1 Podjela zaliha 5

Slika 2 Razine zaliha [11] 7

Slika 3 Standardne i sigurnosne zalihe [2] 10

Slika 4 Prikaz sastavnih dijelova MRP sustava 12

Slika 5 Prikaz MRP II sustava i protok informacija kroz njega 13

Slika 6 Model planiranja nedostatka zaliha 21

Slika 7 CBS prijenosna sauna [10] 26

POPIS TABLICA

Tablica 1 Funkcija zaliha 9

Tablica 2 Ulazni podaci 27

Tablica 3 Optimalni izlazni podaci s troškovima Cs i Cb 28

Tablica 4 Izlazni podaci bez troškova Cs i Cb 29

Tablica 5 Dobiveni podaci s izmijenjenim troškovima Cs-a 32

Tablica 6 Prikaz svih proračuna 32

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Grafički prikaz usporedbi dobivenih podataka 30

Grafikon 2 Grafički prikaz usporedbe vremenskih ciklusa 30

Grafikon 3 Ukupni godišnji i varijabilni troškovi 31

Grafikon 4 Usporedba količine nabave i količine zaostalih narudžbi 33

Grafikon 5 Ukupni varijabilni troškovi 34

Grafikon 6 Ukupni godišnji troškovi 35