Analitički prikaz modela upravljanja zalihama

Koprivičanec, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:360364

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikolina Koprivičanec

ANALITIČKI PRIKAZ MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Analitički prikaz modela upravljanja zalihama

Analytical review of inventory management models

ZAVRŠNI RAD

Mentor: doc.dr.sc. Diana Božić

Studentica: Nikolina Koprivičanec, 0135234191

Zagreb, rujan 2016.

SAŽETAK

Za postizanje optimalnog upravljanja zalihama poduzeća potrebno je ocijeniti mnogobrojne analize. Izrada istih analiza je nemoguća bez nekog oblika informacija, odnosno podataka, koje se s obzirom na pojam zaliha odnose na modele planiranja potreba za materijalom, planiranja resursa proizvodnje, te planiranje distribucijskih potreba. Imajući u vidu razvoj tehnologija, tako su se razvijali i modeli upravljanja zalihama koji danas postižu vrlo visoku kvalitetu kada se misli o samom planiranju, držanju i upravljanju zalihama. Primjenom takvih modela u praksi dovode do minimalizacije ukupnih troškova, što poduzeće čini profitabilnijim. Poduzeće teži ka tome da predviđena mu potražnja što manje varira od stvarne, kako bi postigao cilj određene razine usluga. Za postizanje takvog cilja poduzeće se također koristi tim istim modelima, čije su pretpostavke za postavljanje modela različiti. Ipak, kroz analitičke prikaze modela se mogu uvidjeti preklapanja, koji dovode do zaključka da se pojedini modeli mogu koristiti istovremeno, odnosno oni se mogu međusobno kombinirati ukoliko su neke ključne pretpostavke jednake.

Ključne riječi: zalihe; troškovi tvrtke; potražnja; modeli upravljanja zalihama

SUMMARY

In order to achieve optimal Resource Management of the company, it is required to evaluate numerous analysis. Development of required analysis is impossible without having some sort of information or data, which are refering to the models of Material Requirement Planning, Manufacturing Resource Planning and Distribution Requirements Planning. Keeping in mind development of the Technology, in that way models of Inventory Management have been developed and while considering planning to this day are achieving very high quality, retention of quality and Inventory Management. Use of these models in practice leads to the minimization of the total cost, that makes the company more profitable. The company strives that its own anticipated demand varies less as possible than the real one, in order to achieve certain level of service. To achieve this goal, company also uses the same models, which are assumptions for setting up various models. However, through analysing views of models, overlapping can be perceived, that leads to the conclusion that certain models can be used simultaneously, or they can be combined if some key assumptions are equal.

Keywords: supplies; Company Expenses; demand; Inventory Management Models

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆENITO O UPRAVLJANJU ZALIHAMA 2
2.1. Planiranje, držanje, i upravljanje zaliha 5
2.2. Problemi sa zalihama 9
2.3. Troškovi zaliha 10
3. PRIKAZ MODELA U UPRAVLJANJU ZALIHAMA 13
3.1. Ekonomična količina nabave 14
3.2. Model spekulativne kupnje 17
3.3. Planiranje potreba za materijalom 18
3.4. Planiranje resursa proizvodnje 21
3.5. Planiranje distribucijskih potreba 22
3.6. Metoda najpovoljnijeg momenta naručivanja 23
3.7. Metoda signalnih zaliha 23
3.8. Model obnavljanja zaliha do zadanog nivoa 24
3.9. Model zaliha s ograničenjem 27
4. ANALITIČKI PRIKAZ PRIMJENE MODELA U UPRAVLJANJU ZALIHAMA 28
4.1. Analitički prikaz modela ekonomične količine nabave 28
4.2. Analitički prikaz modela spekulativne kupnje 31
4.3. Analitički prikaz metoda najpovoljnijeg momenta naručivanja 32
4.4. Analitički prikaz metoda signalnih zaliha 34
4.5. Analitički prikaz modela obnavljanja zaliha do zadanog nivoa 35
4.6. Analitički prikaz modela zaliha s ograničenjem 40
5. ZAKLJUČAK 44
LITERATURA 46

POPIS KRATICA 48
POPIS SLIKA 49
POPIS GRAFIKONA 49
POPIS TABLICA 49

1. UVOD

Koncept ovog završnog rada se sastoji od tri odjeljka. Svaki odjeljak sadrži konačan broj pododjeljaka koji postavljaju neke od problema teme rada, te razmatraju moguća rješenja tih problema. Narednim riječima su odjeljci grubo predstavljeni, čiji su detaljniji rezultati promatranja navedenih problema opisani kroz rad.

Na početku ovog rada bit će predočen sam pojam zaliha, jer kao što je poznato, zalihe su sveprisutne s bilo kojeg čovjekova motrišta. Zalihama se čovjek svakodnevno koristi, zbog čega se i opskrbljuje, počevši od svojih potreba, preko trgovačkih lanaca, distributera, do tvornice proizvodnje, odnosno od mjesta potrošnje, pa sve do mjesta proizvodnje.

Pošto je vrsta proizvoda mnogo, a i javljaju se svako malo novi proizvodi na svjetskom tržištu koji mogu predstavljati konkurenciju postojećim, predviđanja o njihovoj potražnji je, ovisno o vrsti proizvoda, relativna upravo zbog raznovrsnosti proizvoda. Zbog toga se potražnja određenih proizvoda može predvidjeti pomoću povijesnih podataka. Navedeno tjera poduzeća na držanje zaliha kako bi mogli zadovoljiti sve zahtjevnije kupce, zbog čega je zalihe potrebno planirati, kontrolirati ili jednostavnije rečeno njima upravljati.

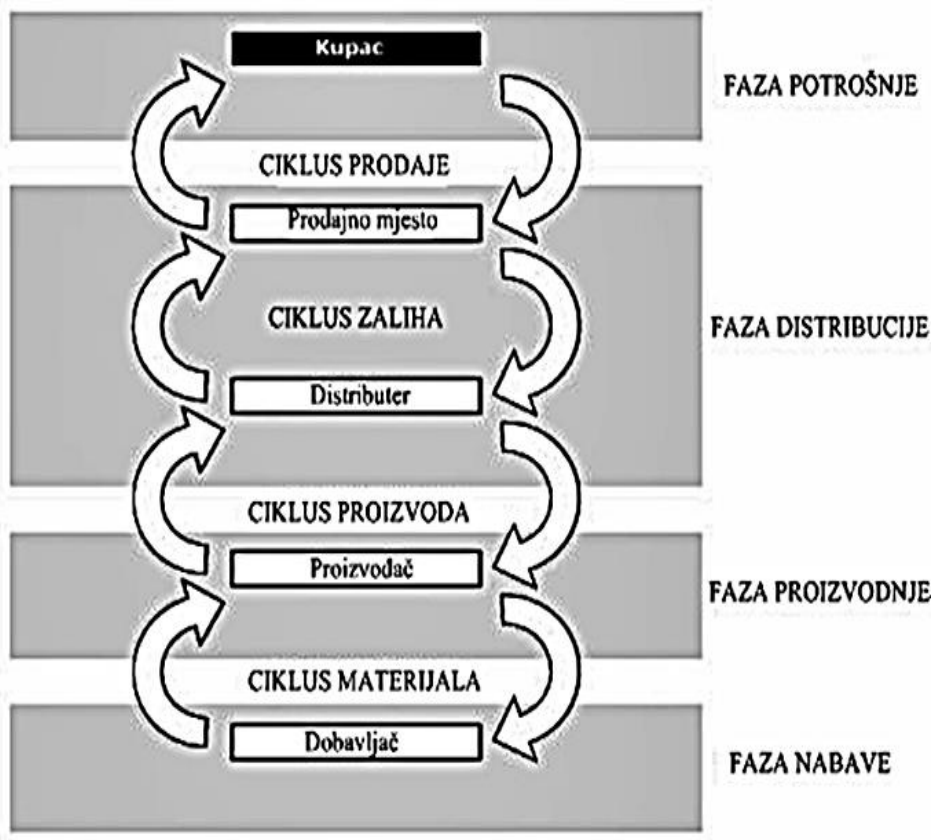
Nakon navedenih i opisanih problema sa zalihama, dolazi se do pojma troškova koji nastaju zbog zaliha, bilo da se radi o držanju zaliha na skladištu, njihovog naručivanja i sl. Svim poduzećima je glavni cilj profit, a troškovi se javljaju kao suprotna, štetna “sila” koja na neki način koči taj cilj, pa je jedna od zadaća poslovanja poduzeća smanjenje troškova.

Smanjenju troškova je pridonio razvoj tehnologije i proizvodnje, no taj pristup nije učinkovit u željenoj razini, te je zbog toga poduzeće primorano tražiti druge alternative u svezi s takvom vrstom problema. Odgovori na takve kompleksne probleme pronalaze se u raznim modelima upravljanja zalihama.

Tijekom vremena ti modeli su se usavršavali i brojčano širili kako bi danas došli do značajnog broja modela upravljanja zalihama. Svaki model ima neka svoja rješenja s obzirom na postavljeni problem. Neki od modela su kroz rad dočarani, u smislu pojašnjenja na koji način funkcioniraju i gdje se sve u stvarnom sustavu mogu primjenjivati, odnosno na koje sve probleme upravo taj model daje rješenje. Na samom kraju su predočeni analitički prikazi tih istih metoda s praktičnom primjenom u stvarnosti.

2. OPĆENITO O UPRAVLJANJU ZALIHAMA

Upravljanje zalihama je vrlo složeni proces te kako bi se mogao bolje predočiti, za početak će biti podrobnije opisane same zalihe. Poznato je kako su zalihe sveprisutne, što govori i opskrbni lanac koji označava sustav za zadovoljenje potreba potrošača, odnosno kupaca, pritom ostvarujući komercijalnu dobit, [1]. Prisutnost zaliha mogu se prikazati kroz strukturu opskrbnog lanca (slika 1) koja se može razlučiti na četiri faze i četiri ciklusa.



Slika 1: Struktura opskrbnog lanca, [1]

Ukratko, zalihe se protežu od ciklusa prodaje, kroz ciklus zaliha i ciklusa proizvoda do ciklusa materijala. Dakle, da bi prodajno mjesto moglo potrošaču ponuditi zahtijevane proizvode, ti proizvodi moraju biti dostupni u bilo kojem trenutku. Zatim slijedi ciklus zaliha koji se nalazi unutar same faze distribucije, što govori da prodajno mjesto prilikom zadovoljenja potreba potrošača troši određene zalihe, odnosno zalihe moraju biti prisutne prije dolaska kupca, iz čega proizlazi da se izvršenje ovog ciklusa mora obaviti prije iskazane potražnje.

Prilikom pada tih zaliha u prodavačevom skladištu naručuju se dodatne zalihe od distributera kako bi se zadovoljile očekivane buduće potražnje, što dovodi do toga da i distributer mora biti dostupan sa zalihama zahtijevanih proizvoda. Dakle, ovaj ciklus zapravo uključuje procese koji su direktno povezani s nadopunjavanjem zaliha prodajnog mjesta. Nadalje, kako bi se taj zahtijevani proizvod ili artikl uopće nalazio na tržištu, potrebno ga je prvo izraditi, te se dolazi do proizvođača koji zapravo ima više vrsta zaliha. Te se zalihe mogu podijeliti na zalihe gotovih proizvoda, čija je završna faza tek kada se uruče potrošaču, i zalihe materijala, poluproizvoda, ili gotovih proizvoda nekog drugog poduzeća čiji je proizvod dio novog proizvoda spomenutog proizvođača. Prethodno navedeni materijali i poluproizvodi, odnosno sirovine i repromaterijali, također moraju biti dostupni u pravoj količini u bilo kojem trenutku kako bi se isto tako moglo zadovoljiti potražnji. Sličnost u opisanim ciklusima i fazama prodavača i proizvođača, proizlazi da proizvođač isto tako ima svog sigurnog „distributera“, odnosno u ovom slučaju dobavljača, koji također ima svoje zalihe robe (sirovine i repromaterijali). Razlika koje se očituje u strukturi opskrbnog lanca je stupanj neizvjesnosti potražnje koja se prenosi (smanjuje ili povećava) kroz faze i cikluse, [1].

Iz prethodnih razmatranja, mogu se definirati zalihe kao „količina robe (materijal, vlastiti proizvodi, poluproizvodi i gotovi proizvodi), koja je akumulirana (uskladištena) radi kontinuiranog (trajnog) opskrbljivanja vremenski i prostorno bliže ili daljnje proizvodne ili osobne potrošnje, [2].“

Zalihe se dakle s obzirom na planirani normativ kao i pretpostavku za kontinuirano odvijanje procesa proizvodnje, tj. prodaje, mogu podijeliti na, [2]:

- minimalne zalihe,

koje predstavljaju najmanju količinu robe koja je potrebna da se pravovremeno zadovolje obveze poduzeća po količini i asortimanu. One mogu poduzeće dovesti do manjka robe na skladištu što bi ugrozilo proces proizvodnje, zapravo cjelovitu opskrbu kupaca, te bi moglo doći do poremećaja u proizvodnji, pa bi se takve zalihe zvale *nedostatne*. Za utvrđivanje njihove količine je potrebno utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe te rokove nabave. Držanje minimalnih zaliha ima smisla u onom trgovačkom poduzeću čije poslovanje nema sezonskih oscilacija te isto tako ima pouzdane dobavljače kako bi se na njih, bez straha, moglo računati po pitanju isporuke naručene robe.

- ❖ maksimalne zalihe,

gornja granica količine robe u skladištu iznad koje se ne smije neko vrijeme nabavljati roba. Držanje ovih zaliha nije samo ekonomski neopravdano već je i štetno. Ono bi imalo smisla kada proizvodnja ili narudžbe kupaca manje ili više osciliraju tijekom godine, pa se politikom držanja tih zaliha osigurava od nestašice robe. Ukoliko dođe do poremećaja viška robe u skladištu i smanjenja koeficijenta obrtaja zaliha, [3], dolazi do *prekonormnih zaliha.*

- ❖ optimalne zalihe,

kod optimalnih zaliha se, za razliku od prethodnih dviju, vodi računa o troškovima nabavki i skladištenja. One se nalaze između tih prethodnih zaliha, a predstavljaju količinu robe koja osigurava optimalnu opskrbu proizvodnje ili kupaca uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja robe. Korištenje takve vrste zaliha ima smisla, pošto svako poduzeće teži njima, jer upravo one u obzir uzimaju i troškove koji se javljaju njihovim držanjem na skladištu.

- ❖ prosječne zalihe,

prosjek stanja zaliha robe tijekom određenog vremenskog razdoblja, najčešće godine, [4].

- ❖ spekulativne zalihe,

količina robe u skladištu, sakupljena s ciljem prodaje kada se cijene znatnije povećaju, [3].

- ❖ sigurnosne zalihe ili mrtve,

su nešto manje od minimalnih zaliha, te ih određuje poduzeće u kojem one predstavljaju razinu zalihu koja se drži zbog nesigurnosti potražnje ili kašnjenja u vremenu dostave. Ona se drži zbog neutralizacije nestašice proizvodnje. Ako poduzeće drži sigurnosne zalihe na višoj razini, i troškovi zaliha koja ova vrsta zaliha uvjetuje će biti veća. Sigurnosnim zaliha se, s druge strane, izbjegava mogućnost dolaska do manjka količina robe na zalihi i time dolazi do određenih šteta, [5].

- ❖ sezonske zalihe,

količina robe sakupljena tijekom godine namijenjene zadovoljenju povećane potražnje u sezoni, no ako roba ima kraći rok uporabe, kao što je npr. voće, one će isto predstavljati sezonske zalihe jer se takva vrsta robe pojavljuje samo u određenom razdoblju tijekom godine.

- ❖ nekurentne zalihe,

obilježava robu u skladištu koja se zbog zastarjelosti, gubitka svojstava, roba koja više nije aktualna i sl. ne može prodati ili se prodaje po znatno nižim cijenama, [4].

2.1. Planiranje, držanje, i upravljanje zaliha

Pošto sve polazi od potražnje, tako se i prvo predviđa i planira potražnja. Za predviđanje potražnje u odnosu na proteklo razdoblje, koriste se statistički podaci i matematičke funkcije. Na osnovi predviđanja planira se samo moguća potražnja kupca, a ne i količina robe koja se može proizvesti u tom razdoblju. Planiranje potrebne količine zaliha se može obavljati prema predviđenoj potražnji, ali i prema konkretnim narudžbama kupaca, [5]. Sljedi planiranje prodaje koja definira proces u kojem se predviđanje potražnje pretvara u izvediv operativni plan koji mogu koristiti proizvođači i prodavači. Planiranjem zaliha se omogućuje razina i lokacija proizvoda koja zadovoljava potražnju i razinu usluge krajnjim korisnicima. Njom se izračunava optimalna razina sigurnosnih zaliha na svakoj lokaciji, [6].

Planiranje nabave vrše veliki distributeri usavršenim programima za planiranje prodaje, dok mala poduzeća vrlo rijetko planiraju prodaju. Cilj je postići ravnotežu prodaje i količine zaliha jer dobra ravnoteža omogućuje poduzeću manji rizik gubitka vrijednosti. Odnosno, ako se zalihe nagomilavaju postoji mogućnost da će roba propasti, ukoliko je ograničena trajanjem ili možda više nije aktualna pa će se teško prodati (spekulativne zalihe).

Proces planiranja se najčešće provodi u tri razine:

1. Strateško ili planiranje na visokoj razini, najčešće godišnje planiranje;
2. Taktično (provedbeno ili planiranje na srednjoj razini, mjesečno ili kvartalno planiranje);
3. Operativno ili planiranje na najnižoj razini, najčešće je riječ o izradi rasporeda, preraspodjela ili samo izvršavanje, a izrađuje se dnevno, tjedno ili u svakoj smjeni, [7].

Optimizacijom koja se dovodi planiranjem se prati do velikih promjena u poduzeću poput smanjenja zaliha, kvalitetnijih korisničkih usluga, povećanom iskorištenosti imovine (sredstva), te na samom kraju i povećanog profita poduzeća. Do kompleksnosti planiranja opskrbnog lanca i rasporeda utjecala je konkurencija te zahtjevi potrošača. Trendovi koji tome doprinose, te utječu na količine podataka koje je potrebno pratiti i planirati su, [7]:

- zahtjevi potrošača za što kraćim vremenom isporuke;
- zahtjevi za posebnim izradama proizvoda;
- globalizacija prodaje i marketinga;
- povećanje korištenja 3PL (Third-party logistics);
- spajanje ili do kupnja poduzeća;
- nova znanja (koja doprinose brzini, većoj količini i ostalo).

U sustav planiranja se provode navedeni trendovi koji direktno utječu na broj proizvoda, količine zaliha i kupaca, distribuciju, proizvodnju, broj potrebnih objekata i dobavljača, [7].

Kada se govori o pojmu držanja zaliha misli se na sve odluke koje imaju utjecaj na stanje zaliha, zbog čega se govori i o menadžmentu zaliha, [5]. Sustav držanja zaliha je jedan od logističkih podsustava koji je usko vezan sa sustavom izvršenja narudžbi, [8].

Držanje zaliha ima svoj cilj ili svrhu koja se očituje u zaštititi poslovanja i proizvodnje u uvjetima neizvjesnosti, mogućnosti ekonomične nabave i proizvodnje, pokriće objektivno prisutne promjene u ponudi i potražnji, te mogućnosti toka materijala unutar proizvodnog, odnosno poslovnog sustava. Kao rezultat toga javljaju se razlozi koji uvjetuju potrebu održavanja zaliha, odnosno, [2]:

- Kako bi poduzeće osiguralo dostupnost robe u slučaju neplaniranih zahtjeva kupaca, neplanirani nedostatak materijala može dovesti do gubitka kupca, odnosno profita. Iako je zahtjev kupca uvijek teško predvidjeti, problem postaje sve izraženiji u novije vrijeme, a razlozi za to su sljedeći:
  - Broj proizvoda kao i njihovih varijanti postaje sve veći, a njihov životni vijek na tržištu sve kraći;
  - U vremenu sve veće globalizacije raste broj konkurentnih proizvoda. Relativno je jednostavno predvidjeti potražnju za određenom vrstom proizvoda, odnosno za ukupnim brojem proizvoda u istoj grupi proizvoda. Međutim, jako je teško predvidjeti zahtjev za pojedinim proizvodom iz te grupe. (Npr. mnogo je lakše procijeniti ukupnu godišnju potražnju europskog tržišta u luksuznoj klasi automobila, nego predvidjeti tržišni uspjeh novog modela iz te klase koji dolazi na tržište);
- Nepouzdana dobava i isporuka robe. Ovdje su uključena moguća kašnjenja ili nedostatak robe kod dobavljača, odnosno njena promjenjiva kvaliteta i cijena;
- Povoljnije cijene transporta za veće količine robe (znači porast količine zaliha);
- Ekonomija obujma (narudžbe veće količine robe omogućuju dogovaranje nižih jediničnih cijena za robu).“

Uočava se da je procjena potražnje za određenom robom ključni faktor u politici određivanja zaliha i formiranja narudžbi, što dovodi do javljanja dva suprotna zahtjeva. Prvi je zahtjev za što većim zalihama kako bi se osigurao kontinuitet proizvodnje ili prodaje, a drugi da na skladištu bude što manje zaliha kako bi poslovanje poduzeća bilo što ekonomičnije.

Prethodna razmatranja navode na proces upravljanja zalihama koji se predstavlja kao jedan od najvažnijih zadaća menadžmenta poduzeća. Njihov je cilj da zalihe budu što manje, no dovoljne za održavanje kontinuiteta procesa reprodukcije. Nadalje, prevelika količina zaliha bi uvjetovala nepotrebne troškove držanja zaliha, dok bi premala stvorila probleme u kontinuitetu proizvodnje i/ili prodaje. Poradi čega je upravljanje zalihama napredovalo, a sve zahvaljujući novim dostignućima u informacijskoj tehnologiji te pojavi raznih modela planiranja i kontrole, [8]. Zahvaljujući spomenutoj informacijskoj tehnologiji, prostorne i vremenske udaljenosti između poduzeća nestaju, jer u svakom trenutku mogu dobiti sve potrebne informacije. Kako internet omogućava 24 satno povezivanje proizvođača, dobavljača, kupaca/potrošača neovisno o tome gdje i kada se nalaze, stvaraju se novi partnerski odnosi.

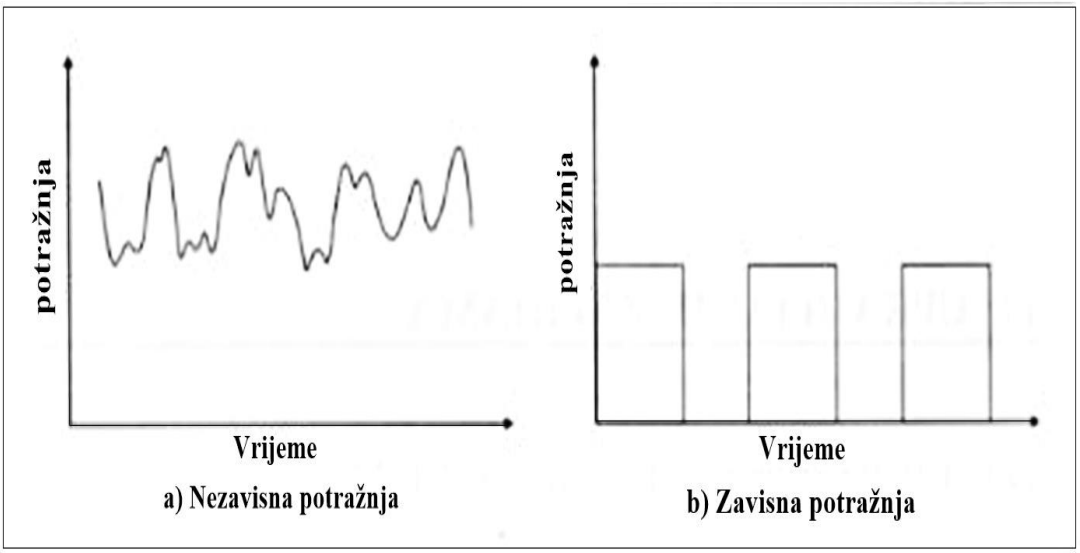
Prethodne činjenice ukazuju na to kako informacijske tehnologije omogućuju poduzećima bolje kontroliranje intenzivne aktivnosti poput naručivanja, transporta i skladištenja proizvoda i materijala. U kombinaciji s računalnim kvantitativnim modelima, informacijske tehnologije povećavaju sposobnost upravljanja tokovima i optimiziranja razina zaliha i njihovog kretanja. Pomoću informacijske tehnologije omogućuje se povezivanje mnogih aktivnosti vezanih za upravljanje materijalima od obrade narudžbi do upravljanja zalihama, što je učinilo proizvodnju racionalnom. Proizvodnja koja je automatizirana uglavnom povlači skraćenje vremena proizvodnje budući da se eliminiraju čekanja, kašnjenja, pogreške i kvarovi, [10].

Kroz aktivnost upravljanja zalihama se organizira dostupnost robe do korisnika, te se uravnotežuju suprotni ciljevi (posjedovati „dovoljno“ robe, uz minimalni trošak). Time se upravljanje zalihama definira kao koordiniranje nabave, proizvodnje i distribucije, [11], gdje kupnjom sirovina i materijala započinje, a uskladištenjem gotovih proizvoda završava upravljanje zalihama. Dakle, u upravljanje zalihama ne ulazi isporuka kupcima, [5]. Funkcija upravljanja zalihama kao podršci poslovnim aktivnostima optimiziraju tri cilja, [13]:

1. usluga korisniku, koja se može promatrati ovisno o vrsti potražnje tako da je roba dostupna na polici ili da se poklapa očekivano i zahtijevano vrijeme isporuke;
2. trošak zaliha, traži minimalnu gotovinu novca zarobljenu u zalihama; te
3. operativni trošak, kojeg je potrebno smanjiti.

Navedeni ciljevi su fokus u upravljaju zalihama u kojemu je potrebno optimizirati ravnotežu upravo između ta tri cilja, gdje će profit biti veći za poduzeće ako je ta ravnoteža bolja.

Različiti modeli potražnje (zavisni i nezavisni - grafikon 1), su osnova za različite pristupe upravljanja zalihama. Na potražnju utječe cijena proizvoda, dohodak potrošača i mnoge druge okolnosti, što predstavlja zalihe gotovih proizvoda i zalihe rezervnih dijelova. Navedeno opisuje potražnju koja se oblikuje izvan proizvodnog procesa (nezavisna potražnja). Zavisna potražnja pak ovisi o nečijoj potrebi za dijelovima ili komponentama.



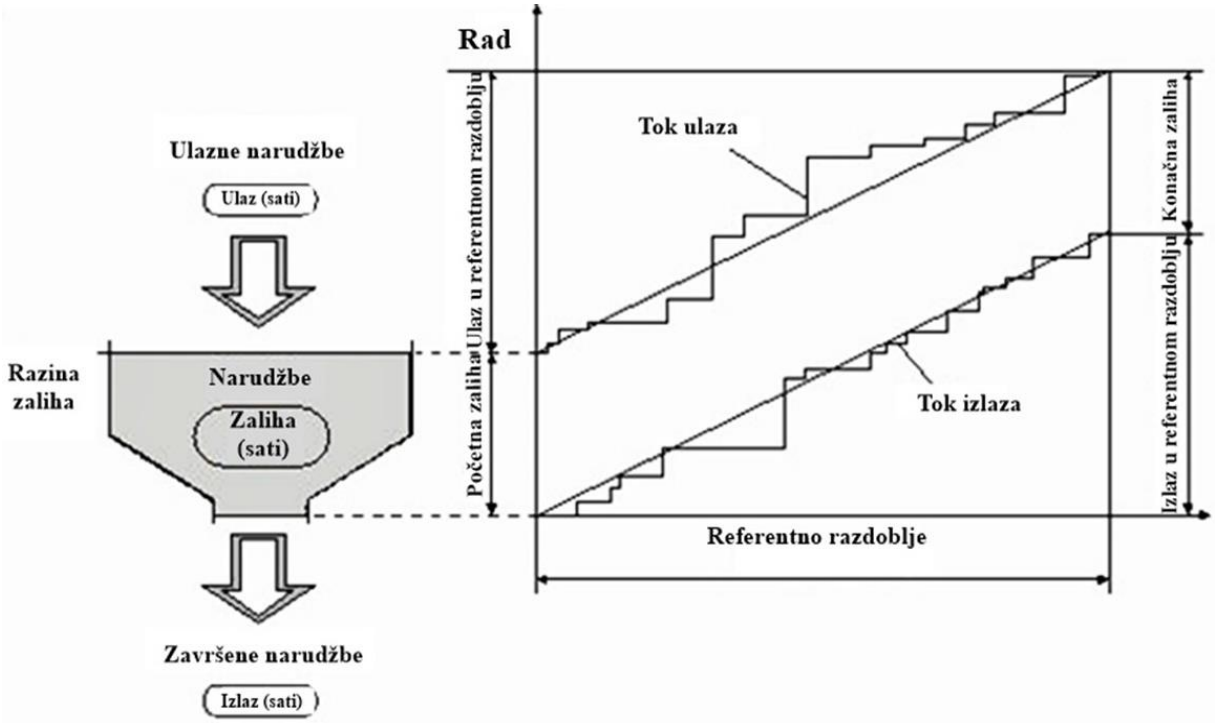
Grafikon 1: Prikaz nezavisne i zavisne potražnje, [11]

Filozofija nadopunjavanja odgovara nezavisnoj potražnji koja govori o zalihama koje se odmah nadopunjavaju nakon njihovog smanjenja s ciljem da roba uvijek bude spremna za kupce, zbog čega je izlaz iz skladišta ujedno i signal za slanje narudžbe. Dok je na filozofiju potreba usmjerena zavisna potražnja, odnosno veličina narudžbi se treba temeljiti na potrebama s visokom razinom materijala (zahtjev veće zalihe u budućnosti), [13].

Kako bi poduzeće bilo što uspješnije potreban je i pravilna kontrola zaliha. Razlikuje se sustav kontinuiranog nadzora i sustav periodičnog nadzora, [14]. Kontinuirani sustav nadzora naručuje narudžbe kada razina zaliha dođe do kritične točke. Drugim riječima, unaprijed se naručuje određena količina zaliha u trenutku kada količina postojećih zaliha padne na razinu koju odredi tvrtka, a ta razina može biti razina signalne ili sigurnosne ili minimalne zalihe. Sustav periodičnog nadzora govori da se razina zaliha provjerava u određenim periodima (svaki dan, tjedan, mjesec itd). Nabava se radi u tim periodima, tj. kada se provjerom utvrdi nedostatak od ciljane razine, [15].

2.2. Problemi sa zalihama

Normalno poslovanje poduzeća se osigurava određenom količinom zaliha kojom raspolaže to poduzeće (slika 2). Količina zaliha stvara probleme u poslovanju, jer kod slučaja velikih zaliha se povećavaju troškovi, blokirana su obrtna sredstva, potrebna su velika skladišta itd., dok kod slučaja premalih zaliha pak postoji opasnost od prekida proizvodnje čime se također dovodi do povećanja troškova, [2]. Problemi kod dopunjavanja zaliha, odnose se na pitanja kada i koliko treba naručiti uz minimalne troškove naručivanja i držanja zaliha. Kada naručiti se određuje na količinski ili vremenski način, odnosno onda kada razina zalihe padne do točke narudžbe ili kada istekne određeno vrijeme (ciklus narudžbe), [5].



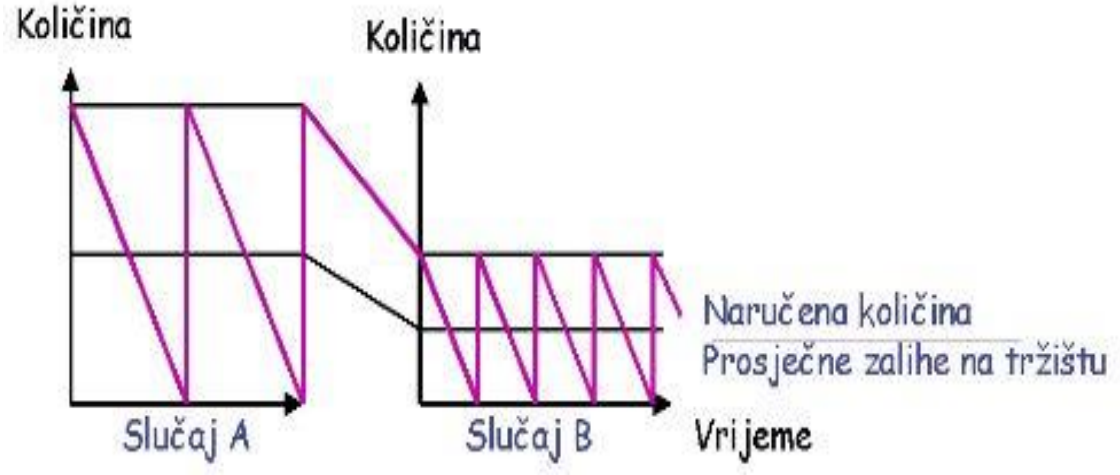
Slika 2: Konstrukcija dijagrama prolaska pomoću modela lijevka, [2]

Poduzeća se također susreću i s problemima koji otežavaju pronalaženje optimalne "politike" upravljanja zaliha, kao što je, [2]:

- nepredvidivost potražnje;
- duga vremena isporuke;
- nepouzdani procesi dobave;
- veliki broj artikala;
- kratka vremenska razdoblja potražnje za određenim proizvodom.

2.3. Troškovi zaliha

Dakle, proizvod se predviđa temeljem inputa prodaje i marketinga, kao i na prošlim iskustvima. Korisničke narudžbe sadrže narudžbe u obradi, buduća ustupanja i ugovorne obveze koje se mogu smanjiti racionalnom politikom naručivanja pa tako smanjiti i pojedine troškove (grafikon 2), dok su promotivne narudžbe naročito važne kada se planiraju upiti korisnika, jer one često predstavljaju veliki postotak ukupnog obujma i imaju važan utjecaj na potrebe kapaciteta. Proizvod koji je spreman za otpremu je zapravo status zaliha. Upravljanje zalihama određuje raspored popunjavanja zaliha između proizvodne i distribucijske infrastrukture, [1].

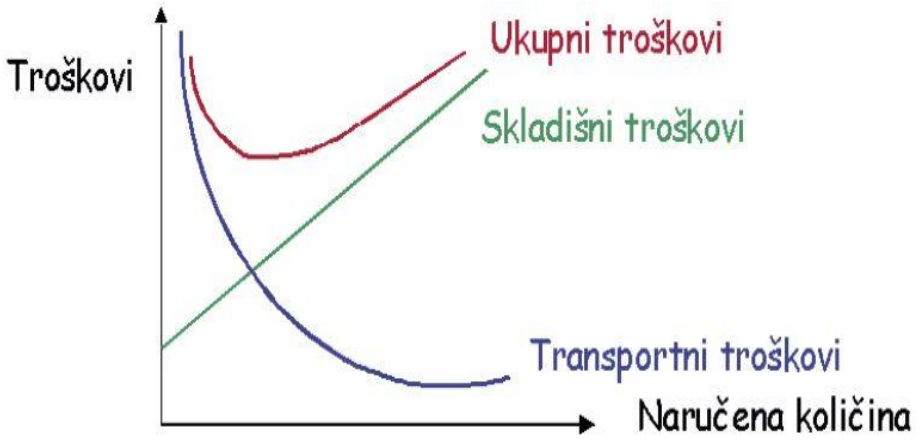


Grafikon 2: Smanjenje zaliha uz racionalnu politiku naručivanja, [12]

Popunjavanje zaliha kada njihovo stanje dođe na određenu razinu ili u utvrđenim vremenskim razmacima temeljno je pravilo tradicijskog sustava planiranja i kontrole. Ono može biti kontinuirano i periodično. Kada se govori o kontinuiranom popunjavanju misli se na nabavu uvijek iste količine zaliha, dok se kod periodičnog sustava zalihe popunjavaju u točno određenim vremenskim intervalima (npr. tjedno, mjesečno i dr.), [5].

Ukupne troškove logistike čine troškovi transporta (približno 41%), troškovi zaliha (23%), troškovi skladištenja (21%), te troškovi administracije (15%).

Iz čega se može zaključiti kako bi smanjenju troškova poduzeća najviše doprinijela brza otprema bez velikog broja manipulacija i zadržavanja u skladištu, što je motivacija za izgradnju robno-transportnog centra (RTC-a). Ipak ni troškovi zaliha ne zauzimaju mali udio u ukupnim troškovima, što se također treba sanirati, odnosno potrebno ih je smanjiti. Kretanje skladišnih troškova, transportnih troškova i ukupnih troškova u zavisnosti o naručenoj količini predočeno je grafikonom 3, gdje se vidi da djelovanje skladišnih troškova i transportnih troškova omogućuje proučavanje ukupnih troškova koji su varijabilni, [12].



Grafikon 3: Odnos troškova naspram naručene količine, [12]

Iz prethodnih razmatranja je vidljivo da se trošak zaliha uočava u:

- jediničnoj cijeni robe;
- operativnom trošku, u koji se ubrajaju troškovi rukovanja robom u svim fazama (manipulacije robom), trošak skladištenja robe te trošak transporta;
- trošku zaliha u transportu, [13].

S ciljem smanjenja jediničnog troška upravljanje zalihama djeluje na upravljanje skladištem sa svrhom bržeg obrtaja zaliha, upravljanjem prijevozom s ciljem boljeg iskorištavanja kapaciteta prijevoznog sredstva i slično. Kada se ciljevi, odnosno svrhe pojedinih aktivnosti nađu u „konfliktu“ nastaje problem, a kao primjer tome navodi se smanjenje zaliha na skladištu što uvjetuje nedostatak robe, povećani trošak otpreme narudžbe i žurni prijevoz, [16]. Nažalost, sa smanjenjem troškova u nekim područjima, stvara se povećanje troškova u drugim, ali istovremeno povezanim područjima.

Troškove je potrebno kontrolirati, a kao tehnika takve kontrole mogu biti i analize troškova. Pod vrste troškova koji se javljaju u modelima zaliha se navode troškovi držanja zaliha (knjigovodstveni troškovi), troškovi naručivanja, troškovi zadovoljenja korisnika, te troškovi proizvodnje i nabave. Troškovi držanja ovise o količini nabave, a u njih spadaju troškovi komunalnih usluga, radna snaga, osiguranje, zaštita, krađa i oštećenja, dotrajalost ili zastarijevanje. Za razliku od troškova držanja, troškovi narudžbe i pokretanja narudžbe ne ovise o količini koja se naručuje, a nastaju kada tvrtka kupi robu od dobavljača koja može uključivati poštarine, trošak telefona, trošak pisanja narudžbe, trošak transporta, trošak kontrole robe kada dođe.

Spomenuti troškovi pokretanja narudžbe nastaju pi proizvodnji robe u cilju prodaje drugima, a mogu sadržavati trošak pripreme strojeva, kao što je čišćenje, kalibracija i dr., obučavanje osoblja. Pod troškovima zadovoljstva kupca se podrazumijeva mjera zadovoljstva korisnika politikom zaliha. Kupac koji je nezadovoljan može otići konkurenciji, što znači gubitak prodaje, ili čekati dok mu se narudžba ne ispuni. Ako se kupac odluči čekati na ispunjenje narudžbe, tada se razlikuju dvije vrste troška, odnosno trošak nabave i trošak proizvodnje. Takav trošak predstavlja trošak po jedinici robe stavljene na zalihe. Kod nabave to znači jedinična cijena kupovina (uključujući i transporta), a kod proizvodnje je to jedinična cijena proizvodnje, [14].

Kako bi smanjili troškove držanja zaliha, trgovci u praksi znaju dati količinski popust, kojim ujedno motiviraju kupce da povećaju količine koje naručuju, što se odražava na znatne uštede kod velikih narudžbi, [3].

3. PRIKAZ MODELA U UPRAVLJANJU ZALIHAMA

Na vođenje politike zaliha u skladištima mogu utjecati brojni čimbenici, kao što su primjerice: opseg i asortiman proizvodnje (u proizvodnim poduzećima); ugovorene količine robe s kupcima (u trgovačkim poduzećima); broj posrednika u logističkim lancima, u logističko opskrbnim lancima i logističkim mrežama; lokacija skladišta i distribucijskih centara te njihova opremljenost i poslovnost; manipulacijsko-transportne mogućnosti; prometna infrastruktura i prometna suprastruktura na distribucijskim područjima; priroda robe na zalihama; zemljopisne, gospodarske, političke prilike na distribucijskim područjima; učestalost kupoprodaje robe na zalihama; uvjeti kreditiranja obrtnih sredstava i slično, [17].

Za razvoj optimalne politike zaliha se koriste modeli u upravljanju zalihama, a ona se ogleda u dva osnovna parametra. Prvi parametar označuje količinu koja se naručuje, a drugi predstavlja točku na kojoj se naručuje, [14].

Na osnovi obrađenih, a prije toga prikupljenih, podataka i informacija analitičke informacijske tehnologije omogućuju postavljanje objektivnih dijagnoza o logističkim problemima, te osmišljavanje budućih mogućih rješenja. Kod implementacije takvih tehnologija rabe se, [18]:

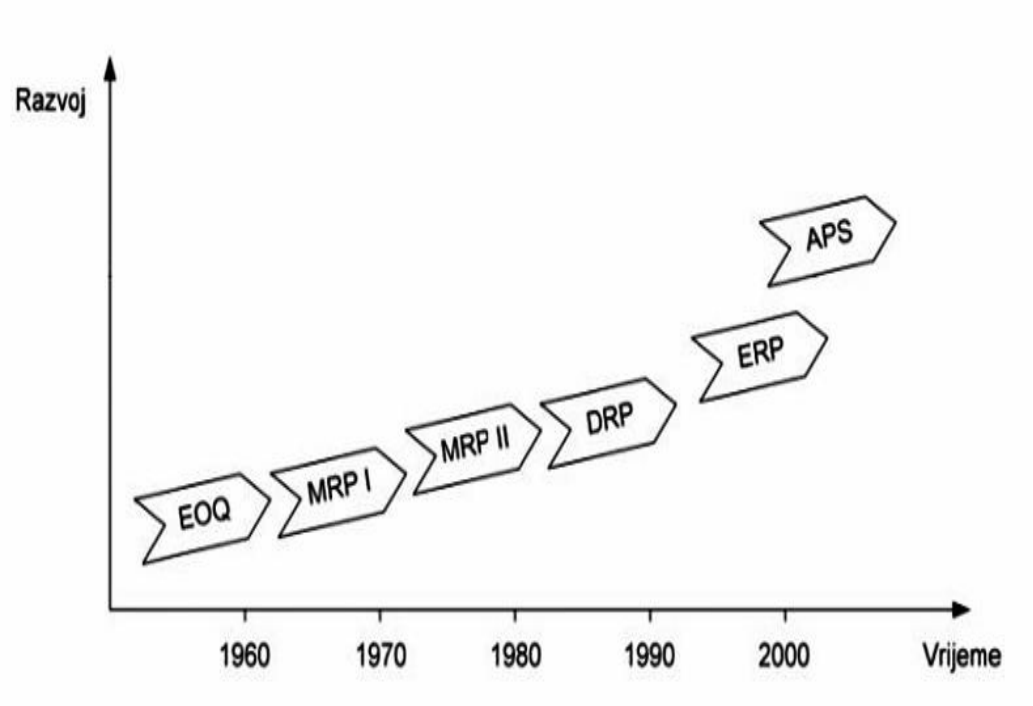
- Deskriptivni modeli (npr. modeli za predviđanje potražnje logističkih proizvoda);
- Normativni modeli ili modeli optimizacije logističkih procesa u logističkoj industriji (npr. modeli linearnog programiranja.

U postavljanju apstraktnih modela pomažu matematičko statističke metode. Pri tome se nastoji uočiti mnogo pojedinačnih problema koji bi se promatrali u specifičnim modelima, a ne da se pronađe i razvije neki općeniti model koji bi ujedno rješavao mnoge pojedinačne probleme, [19].

Kod potražnje za upravljanje zalihama koja je nezavisna, razvijene su različite vrste modela koji se mogu koristiti za nadopunjavanje zalihama, od kojih je najpoznatiji model ekonomične količine nabave. S druge strane kod zavisne potražnje zaliha razvijeni su različiti modeli, od kojih su najpoznatiji model Planiranja potreba za materijalom MRP-I i model Planiranja resursa proizvodnje MRP-II , [13], o kojima će biti više riječi kasnije.

Poduzeća se danas prilikom upravljanja zalihama rukovode modelima koji se baziraju na držanju zaliha, te sukladno tome, skladištenju sirovina, materijala, nedovršenih proizvoda i gotovih proizvoda, [19], a neki od njih će biti opisani u nastavku.

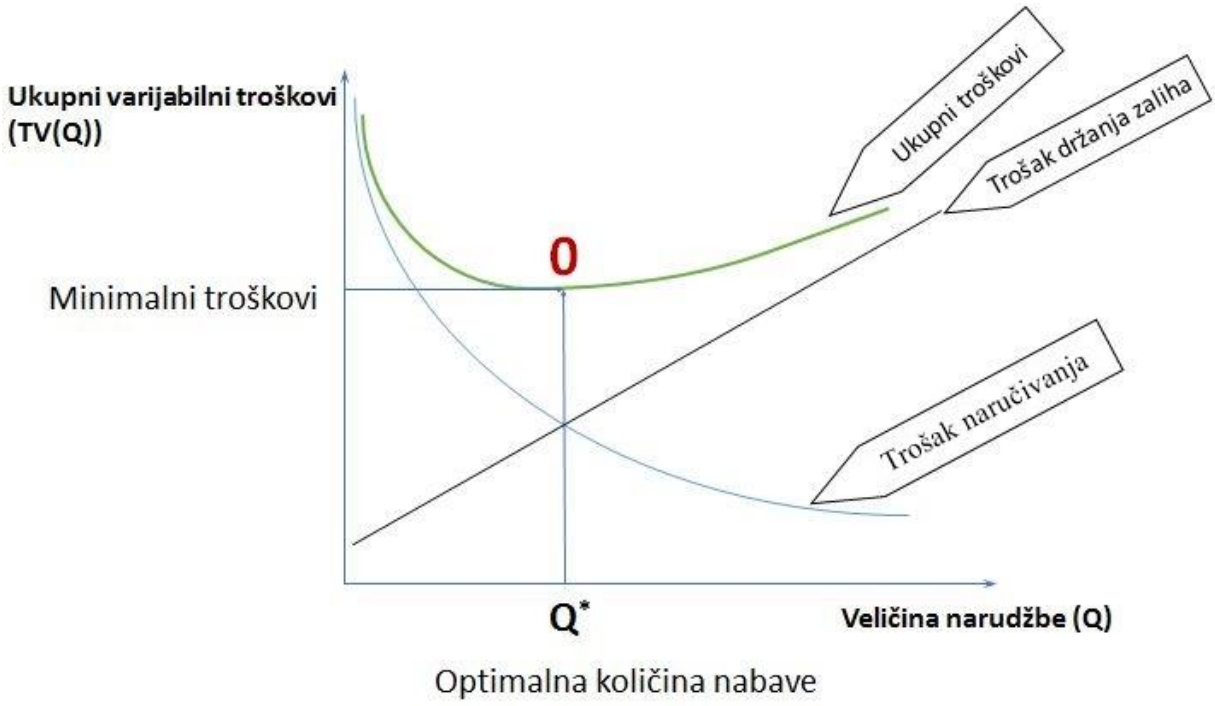
Slikom 3 je prikazan razvoj sustava logističkog planiranja kroz samo šest modela, od kojih će biti detaljnije opisani samo četiri.



Slika 3: Prikaz razvoja nekih sustava logističkog planiranja, [6]

3.1. Ekonomična količina nabave

Ekonomična količina nabave EOQ (eng. Economic Order Quantity) je zapravo uobičajena klasična tehnika za optimizaciju zaliha. Predstavlja osnovni model koji se definira kao optimalna količina nabave kojom se minimaliziraju ukupni varijabilni troškovi u nabavi i držanju zaliha, što je grafički prikazano na grafikonu 4, [18]. Dakle, cilj ovog modela je svesti troškove nabave, dopreme, skladištenja i zaliha na minimum, [19].



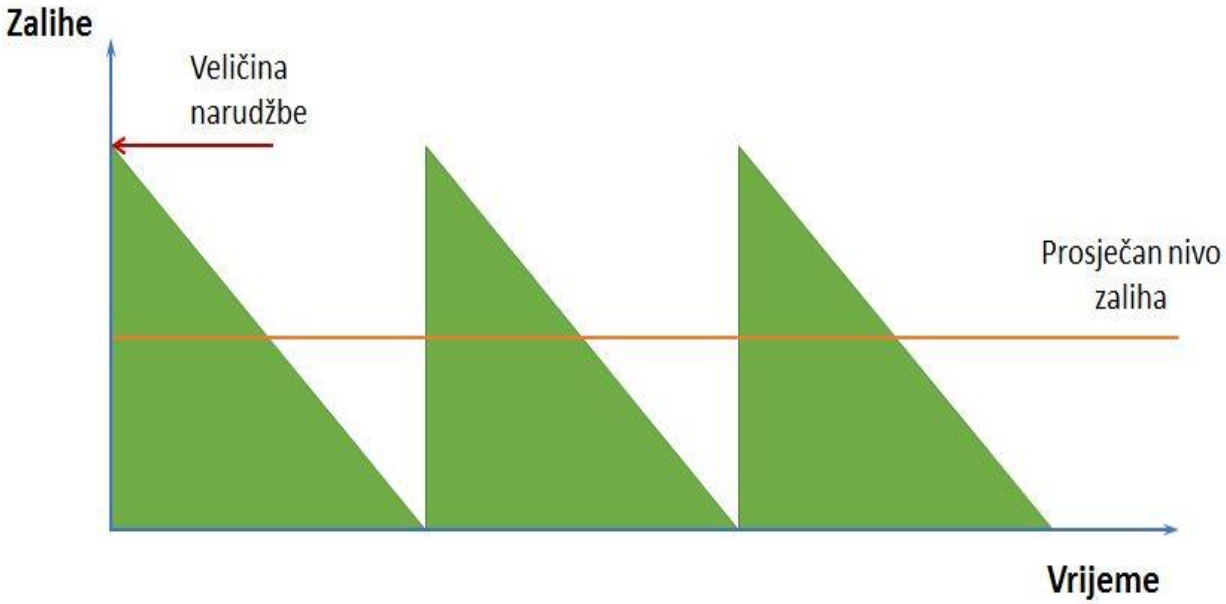
Grafikon 4: Prikaz ukupnog varijabilnog troška i ekonomične količine nabave, [7]

Ovaj jednostavan klasični model ukazuje odnose između cijena nabavljanja (narudžbe) i čuvanja robe. Ispunjenjem pretpostavka poput poznate potražnje koja se događa u relativno konstantnim periodima, roba treba imati dovoljno dug rok trajanja, te se nadzire kontinuiranim sustavom nadzora, parametri troškova tijekom beskonačnog perioda vremena ostaju identični, te cijela narudžba dolazi u jednoj isporuci, ovaj model je pogodan za primjenu u analizi zaliha, [14]. Odnosno, jednostavnije rečeno, skladište se puni u trenutku kada mu stanje dođe na nulu (dobavljanje nije ovisno o vremenu, zbog toga je nedostatak zaliha prema definiciji isključen, a troškovi nedostatka zaliha se ne uzimaju u obzir), količina narudžbe je konstantna, troškovi skladištenja po uskladištenoj jedinici zaliha kao i fiksni troškovi narudžbe po narudžbi su konstantni, cijena uskladištenog materijala je konstantna i neovisna o naručenoj količini, promatra se samo jedan proizvod (utjecaj ostalih proizvoda se ne uzima u obzir), veze s ostalim područjima poslovanja (npr. s proizvodnjom, financiranjem) tržištem su zanemarene. Navedene pretpostavke govore kako je ovaj model primjenjiv samo u nerealno postavljenim situacijama, ali je ipak dosta značajan zbog toga što su u obzir uzete sve vrste troškova, [18].

Iako teorija EOQ daje jednostavne odgovore, općenito daje previsoku razinu zaliha i može se koristiti samo u slučajevima kada ne postoji alternativa. Postoji mnogo razloga zašto EOQ daje pogrešne odgovore u praksi, a u to spadaju, [20]:

- Troškovi naručivanja i troškovi držanja zaliha se pretpostavljaju da su stalni, ali ti se troškovi trebaju razlikovati ovisno o situaciji narudžbe i zaliha;
- Pri procjeni ukupnih ili graničnih (marginalnih) troškova vrednovanje će dati različite rezultate;
- Pretpostavlja se da je potražnja redovita, a zanemaruju se problemi određivanja i vremena koji imaju velike utjecaje na troškove naručivanja u stvarnosti;
- Podjela isporuke i rasporedi se ne uklapaju u jednadžbe većine troškova;
- EOQ ignorira uravnoteženje zaliha koji je najvažniji čimbenik u proizvodnji i mnogim drugim fazama;
- Ne postoji dodatak za koordinaciju narudžbi za slične stavke gdje se trošak naručivanja može podijeliti.

Da bi se dobila optimalna EOQ politika, ona se mora sastojati od narudžbi jednakih veličina, [14], (grafikon 5).



Grafikon 5: Prikaz profila zaliha primjenom EOQ modela, [2]

3.2. Model spekulativne kupnje

U ovom se modelu razmatra slučaj koji se javlja s promjenom cijene na tržištu. Pri popustu na količinu izrađuje se analiza koja se svodi na pitanje je li cjenovna razlika koja se ostvaruje veća od transakcijskih troškova i troškova držanja zaliha. Sličan pristup se javlja i kada se unaprijed zna da će se cijena povisiti.

Iz navedenog se nameće pitanje koliko više naručiti prije nego što cijena proizvoda poraste, uzimajući u obzir da će pri tome porasti troškovi držanja zaliha. Proizvod koji je u narednoj narudžbi naručen u većoj količini nego inače, ili obrnuto (naručene manje količine od uobičajene, u slučaju sniženja cijene), smatraju se spekulativnim zalihama.

Pri uobičajenim (normalnim) uvjetima naručila bi se optimalna količina nabave, međutim ako se narudžba plasira neposredno prije poskupljenja, potrebno je proračunati koliko više naručiti kako bi se što više uštedjelo. Pristup koji daje odgovor na ovo postavljeno pitanje navodi se model spekulativne kupnje, koji se zapravo temelji na EOQ modelu.

Poznato je da je korisno dodati još jednu jedinicu, odnosno određenu količinu proizvoda, u zadnju narudžbu prije nego se cijena povisi, ako trošak te dodatne jedinice nije veći od prosječnih troškova pod tim cjenovnim konceptom. Isto tako se mogu procijeniti prosječni troškovi pomoću nove strukture cijena, koju je analiza optimalne količine s cjenovnim razredima pokazala kako se određuje optimalna količina u ovisnosti o troškovima.

Potrebno je pronaći jednadžbu koja će prikazivati cijenu te dodatne jedinice prije nego što cijena poraste, što će biti opisano u idućem poglavlju, [17].

3.3. Planiranje potreba za materijalom

Alat za planiranje proizvodnje naziva se Planiranje zahtjeva za materijalima, odnosno Planiranje potreba za materijalom MRP-I (eng. Material Requirements Planning). MRP-I je zapravo sustav nadzora proizvodnje i zaliha utemeljen na računalu, koji minimalizira zalihe, te u isto vrijeme osigurava da su odgovarajući materijali dostupni za proizvodnju. Takav se sustav sastoji od tri funkcije, [5]:

- Prva odgovara na pitanje kada izraditi narudžbe i u kojoj veličini, dakle odnosi se na planiranje i nadzor narudžbi;
- Druga odgovara na pitanje kakav je očekivani datum raspoloživosti u usporedbi sa željenim datumom za svaki artikl, odnosno planiranje i nadzor prioriteta;
- Treća se odnosi na planiranje potreba za kapacitetom i razvijanje širih poslovnih planova.

Sustav se može razlučiti na glavni raspored proizvodnje, datoteka s popisom materijala, datoteka sa stanjem zaliha, MRP-I paket te izlazna izvješća koji čine međuovisne komponente, [5].

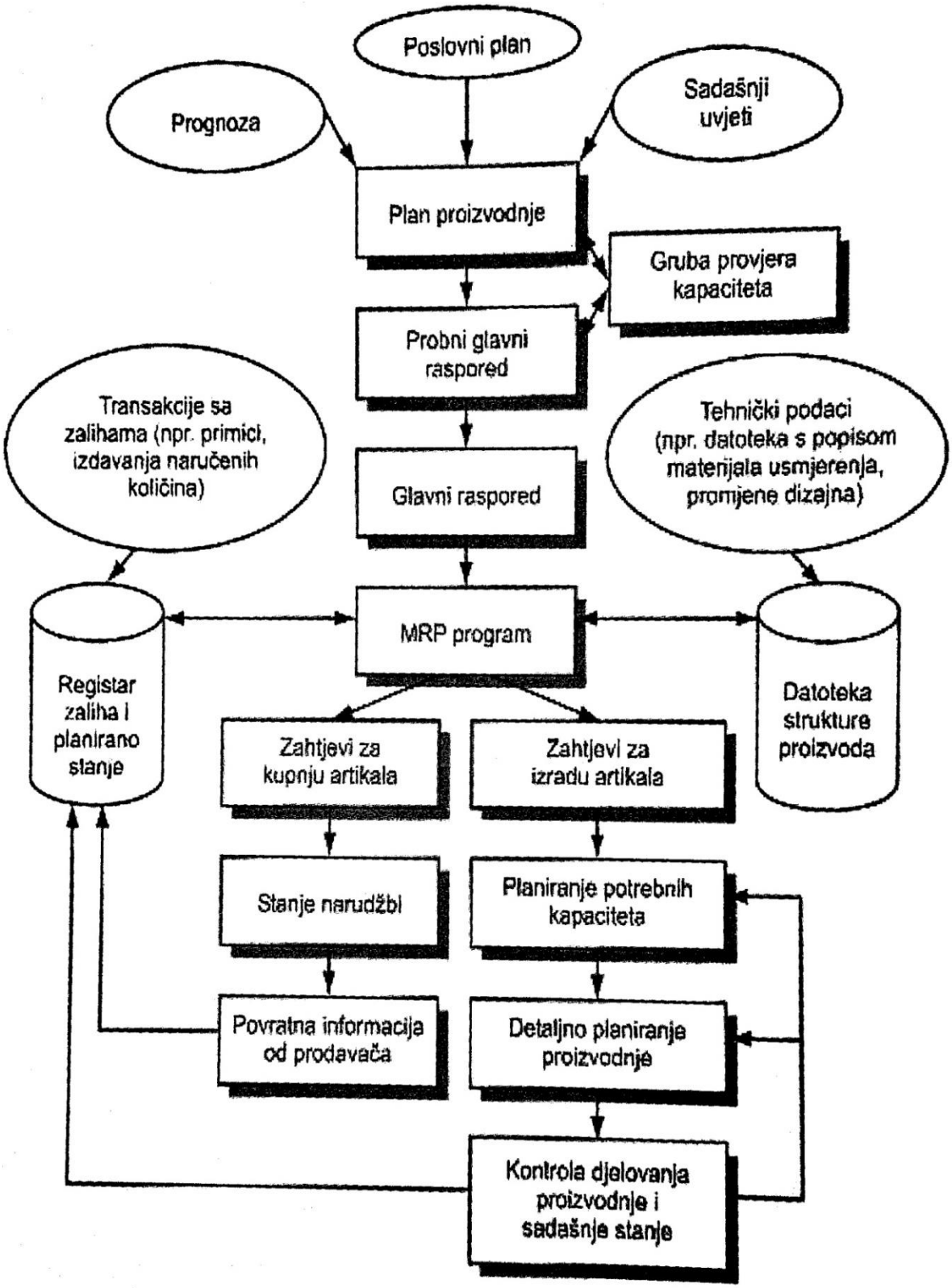
MRP-I planira potrebnu količinu predmeta rada putem računalnih programa ili posebnih matematičkih modela, na osnovi čega se planira i upravljanje zalihama. Cilj te tehnike je reducirati vrijeme čekanja dobara na skladištu, izbjeći statički koncept ponavljanja fiksnih narudžbi, izbjeći držanje velike količine sigurnosnih zaliha i uskladiti proizvodnju s potražnjom, [19].

Dakle, MRP-I se koristi kod planiranja proizvodnje, a temelji se na normativu utroška materijala. Izvršavanje kompleksnih računanja i obradu velike količine podataka omogućile su tehnike računalne obrade podataka koje su uvedene nakon 1950. godine. U to je vrijeme razvijen sustav MRP-I, te je prvi puta u upravljanje zalihama uveden čimbenik vremena, iz čega proizlazi da sustavi MRP-I rade na bazi postojanja tzv. fazne potražnje (eng. „time-phased“), i čimbenika vremena u kontroliranju zaliha. Sustav obuhvaća mnoge tehnike informacijske znanosti za planiranje nabavke materijala, tj. ulaz potrebnih sirovina i dijelova, i proizvodni postupak na temelju utvrđenog proizvodnog plana za gotove proizvode, a proizvodni se plan utvrđuje na temelju tržišnih i prodajnih očekivanja. Sastav svakog proizvoda je poznat u pogledu dijelova (sirovine, sekundarni materijali, i poluproizvodi) i

utvrđena je sastavnica materijala. Planer uz utvrđeni proizvodni program za određeni period, koristi MRP-I da izračuna koji su dijelovi potrebni, u kojim količinama, i u koje vrijeme, ispitivanjem vremena protoka (eng. “lead time”) ili vremena isporuke dijela (određivanje rokova).

Kao i svaki sustavi, metode i slično, MRP-I ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti se očituju kroz poboljšani poslovni rezultati, poboljšani rezultati izvedbe proizvodnje, poboljšan nadzor nad proizvodnjom kroz točnije i pravodobne informacije, smanjenje zaliha (što vodi smanjenju zastarjelosti), veća spremnost za isporuku u skladu s potražnjom (budući da se narudžbe upravljaju proizvodnim procesom), niži proizvodni troškovi zbog povećane učinkovitosti. S druge strane, nedostaci su vidljivi u tome što MRP-I nužno ne optimizira troškove nabave materijala, što vodi višim troškovima zbog češćih i manjih narudžbi, manjim narudžbama povećavaju cijenu prijevoza i obično povećavaju jedinične troškove zbog izgubljenih količinskih popusta, proizvodnja može biti usporena ili ugušena ako je isporuka spora ili ako je nestašica komponenti, te ne uzima u obzir kapacitet postrojenja i kapacitet distribucije, [2].

Drugim riječima, kada je poznata potreba za određenim proizvodom, bilo da se radi o rezultatu predviđanja potrebe ili o potpisanom ugovoru kojim su definirane količine, moguće je, pomoću MRP-I koncepta (slika 4), na relativno jednostavan način definirati potrebne količine za sirovine i poluproizvode, te upravljati nabavom i zalihama. MRP-I sustav uzima u obzir međusobne zavisnosti dijelova na zalihama u upravljanju planom proizvodnje, na način da se zalihe osiguravaju za trenutak kada će biti potrebne, a ukoliko nije planirana proizvodnja nekog proizvoda, nije potrebno ni imati sirovine ili poluproizvode na zalihama, za određeni proizvod. To se postiže povezivanjem MRP-I sustava s planom proizvodnje i planom prodaje. Postupak određivanja potrebne količine i trenutka naručivanja je izuzetno jednostavan, ali zbog ogromne količine podataka koje je potrebno uzeti u obzir i obraditi je nemoguće obaviti “ručnim” postupkom za ozbiljniju proizvodnju, pa se stoga postupak primjenjuje isključivo uz pomoć računala, [8].



Slika 4: Koncept „Planiranja potreba za materijalom (MRP-I)“, [5]

3.4. Planiranje resursa proizvodnje

U model rješavanja zaliha navodi se MRP-I koji se vodi kao osnovni model, no postoji i tzv. model Planiranja resursa proizvodnje MRP-II (eng. Manufacturing Resource Planning). On za razliku od MRPa-I, koji se odnosi na unutarnji tijek zaliha, a obuhvaća još i financije, marketing i integralnu logistiku. Dakle, MRP-II ne razmatra samo unutarnji tijek materijala nego i koncept postrojenja. Takav model upravlja raspoređivanjem proizvodnje, potrebama za radnicima i proračunom zaliha. Korištenjem tog modela smanjuju se nedostaci i nestašice zaliha robe, i samim time se unaprjeđuje usluga kupcima, poboljšava se dostava, omogućuje se veća fleksibilnost planiranja, [5].

U početku se koncept MRP-I sadržavao od tehnike naručivanja, komponenti i sirovina, koje se zasnivao na sastavnici finalnog proizvoda. Ta sastavnica je sadržavala podatke o finalnom proizvodu, tipa od čega se sve proizvod sastoji, a pratili su i podaci o stanju na skladištu, prosječnom vremenu nabavljanja stavki, odnosno prosječnim vremenima izrade proizvoda. Nadogradnjom koncepta MRP-I razvio se koncept MRP-II, s novim modulima koji su sadržavali funkcije operativne prodaje, glavnog planiranja, operativne nabave, tehnologije obrade i montaže, balansiranje kapaciteta, terminiranja i prikupljanja povratnih informacija iz pogona, te evidentiranje direktnih troškova proizvodnje, [21].

Planiranje proizvodnih resursa (ili potencijala ili kapaciteta) je proširenje MRPa-I, što se vidi i iz prethodnih razmatranja, a predstavlja neograničeni kapacitet. Tim proširenjem uključuje se proračun potrebnog kapaciteta. MRP-II se na temelju potrebnog proizvodnog programa izračunava unatrag od datuma isporuke kako bi odredio koji je kapacitet potreban u kojoj količini i u kojem trenutku kako bi se narudžbe isporučile na vrijeme. Važno je već u ranoj fazi znati za koji element kapaciteta u procesu (stroj, ljudi, tok gotovine, dobavljač, itd.) postoji vjerojatnost da će postati usko grlo i kada, [2].

3.5. Planiranje distribucijskih potreba

Model koji se temelji na prognoziranju potražnje naziva se Planiranje distribucijskih potreba DRP (eng. Distribution Requirement Planning), ili šire Planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije. Ovakav model primjenjuje MRP-II načela na tijek gotovih roba prema skladištima na terenu i kupcima. „DRP prilagođava model naručivanja, ako potrebe za zalihama variraju, spremnije odgovara potrebama za zalihama cijelog sustava i bolje se nosi s dostupnošću proizvoda i vremenskim poklapanjem primitka, [5].“

DRP omogućuje planiranje rasporeda unaprijed, za sve otpreme poredane prema datumu naloga skladišta. Budući da se opskrbom planira zadovoljiti potrebe koje se nalaze u budućnosti, stopa potraživanja na neki način će se promijeniti pa i rezultat nadopunjavanja isporuka može biti prerano ili kasno da bi se vremenski zahtjev zadovoljio.

Pomoću ovog modela opskrbni planeri mogu primiti unaprijed potpuni raspored za sve otpreme, koji su uređeni po datumu i skladištima, a prijevoz mora biti tako napravljen da popunjava raspored. DRP model se gradi na tom glavnom rasporedu, i prati zahtjeve za normalno vrijeme isporuke. Svrha takvog modela je proizvesti za fazne potražnje dostavne zahtjeve za dobavljače, [20].

Drugim riječima za prognozu potražnje se koristi DRP, koji se temelji na metodi pomičnog presjeka, te mu je cilj identičan kao i u MRP-I tehnici (reducirati vrijeme čekanja dobara na skladištu, izbjeći statički koncept ponavljanja fiksnih narudžbi, izbjeći držanje velike količine sigurnosnih zaliha i uskladiti proizvodnju s potražnjom, [19]. Nadalje, distribucijska mreža se sastoji većinom od nekoliko uzastopnih inventarnih točaka (tvornice, središnjeg distribucijskog centra i nacionalnog prodajnog distribucijskog centra). Načela MRPa-II, koja su prethodno navedena, odnosno, ovisna potražnja i periodičnost fazne potražnje, također se koriste u upravljanju zalihama u distribucijskim mrežama DRP, gdje DRP predstavlja informacijski sustav koji podržava koordinaciju unutar distribucijske mreže. Bilježenje tokova roba i zahtjeva da informacije moraju barem biti dostupne o tome gdje se drže zalihe, koja je roba u tranzitu i kakva su kretanja zaliha je svrha takvog sustava, koji svakako omogućava koordinaciju odluka koje su donesene u različitim točkama distribucijske mreže, [2].

3.6. Metoda najpovoljnijeg momenta naručivanja

Odluka u kojim intervalima se treba obavljati pribavljanje zaliha se treba zasnivati na povezanosti troškova držanja zaliha s troškovima koji su nastali nedostatkom zaliha. Ukoliko poduzeće više ulaže na narudžbe za zamjenu zaliha sirovina i materijala, može prije doći do situacije nedostatka zaliha, što ima za posljedicu nastanak dodatnih troškova proizvodnje zbog propuštenih prihoda od prodaje i dobitka od prodaje proizvoda. U utvrđivanju učestalosti pribavljanja zaliha koja smanjuje ukupne troškove držanja i nedostatka je nametnuto optimalno rješenje. U ovoj metodi se podrazumijeva utvrđivanje trenutka plasiranja narudžbe. Na procjeni one količine zaliha koja će biti utrošena od trenutka puštanja narudžbe, pa dok isporučena količine ne stignu u skladište (odnosno, na zalihe), zasnovano je utvrđivanje minimalne količine zaliha. Procjena obuhvaća faktore, [22]:

- vrijeme koje je potrebno za izvršenje narudžbe;
- utrošak dane pozicije zaliha u tom vremenskom intervalu.

Ukupno vrijeme koje je potrebno za izvršavanje narudžbe ovisi o vremenu potrebnom da se narudžba sprovede i vremena koje je potrebno da dobavljač pripremi i isporuči naručenu količinu, [22].

3.7. Metoda signalnih zaliha

Za početak je potrebno definirati signalnu zalihu. Ona predstavlja količinu zalihe kod koje treba započeti proces nabavljanja kako bi se zalihe pravovremeno nadopunile tako da se tijekom perioda nabavljanja ne mora doći do uporabe sigurnosnih zaliha. Sigurnosne zalihe su već definirane kao zalihe koje su nešto manje od minimalnih, a služe za pokrivanje potreba samo u slučajevima kada dođe do veće potrošnje predmeta rada nego što je planirano, zatim u slučajevima kašnjenja isporuka ili isporuka na krivom mjestu ili isporuka pogrešnog materijala i sl, ili ako je zbog gubitaka i krađa stvarna zaliha manja nego što pokazuju podaci u evidenciji.

Iz navedenog proizlazi da se signalne zalihe mogu nalaziti između minimalnih i sigurnosnih zaliha, a kao što i sam naziv kaže, one signaliziraju poduzeće da su iscrpili zalihe do te razine gdje ih je potrebno ponovno naručiti. Signalne zalihe se utvrđuju na temelju informacija o potrošnji u planskom razdoblju, te o rokovima isporuke dobavljača, dakle o dužini perioda nabavljanja, [4].

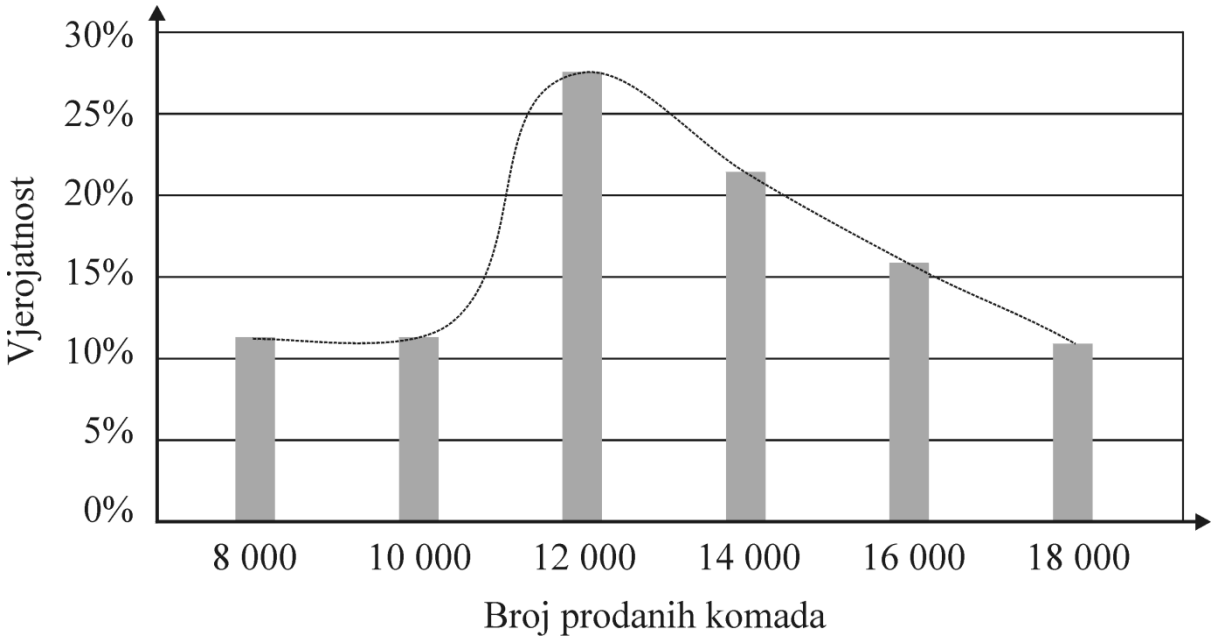
3.8. Model obnavljanja zaliha do zadanog nivoa

Mnoga poduzeća i tvrtke planiraju proizvodnju oslanjajući se na predviđenu potražnju, iako su svjesni mogućnosti pogrešne procjene, što i nije rijedak slučaj. Procjena potražnje postaje sve problematičnija, a odluku o kapacitetu proizvodnje je potrebno donijeti na osnovu iscrpne analize vjerojatnosti mogućih scenarija potražnje te odnosa profita i troškova koji slijede za pojedini režim proizvodnje. Model obnavljanja zaliha do zadanog nivoa se još naziva i efekt postojećih zaliha. Ovaj se model primjenjuje kada tvrtka ima prošlogodišnje zalihe proizvoda, a za istu takvu robu planira proizvodnju, odnosno prodaju u novoj sezoni. Logično je da se u slučaju u kojem su zalihe veće od proizvodne serije tog proizvoda koja daje najveći prosječno očekivani profit, ne pokreće proizvodnja. Međutim, ako su zalihe manje od tog iznosa, treba uvidjeti da li se isplati financirati novu proizvodnju, te ako se isplati u kojoj količini?

Kako proizvođač odlučuje o ovoj konstataciji, na njemu je hoće li se odlučiti na proizvodnju koju treba imati u vidu da mora pokriti fiksne troškove njenog pokretanja, a koji su neovisni o količini proizvoda, a ako odluči ne proizvoditi nove proizvode, on može isporučiti samo količinu postojećih proizvoda (na zalihi).

Za primjer ovakvog problema navodi se tvrtka koja izrađuje proizvode sezonskog tipa koje su podložene čestim promjenama dizajna. Takva tvrtka mora planirati proizvodne količine za svaki od svojih proizvoda kako bi mogla organizirati proizvodnju, otprilike šest mjeseci prije početka prodaje. Budući da je nepoznato kako će tržište reagirati na novi dizajn, nemoguće je točno odrediti, tj. predvidjeti količinu buduće potražnje. Što predstavlja problem u skladištima, jer ako se procjeni veća potražnja na skladištima će ostati neprodane zalihe, dok bi preniska potražnja, kao dio procjene, dovela do nestašice proizvoda i gubitaka potencijalnih potrošača, a samim time i profita. Pristup ovom problemu obavlja se na način da se marketinškom odjelu postavi zadatak da na osnovu podataka o prodaji prošlih sezona procjeni trenutno tržišno stanje i ostali relevantni utjecaji, te statističkim metodama postavi vjerojatnu prognozu potražnje. Vjerojatnost veličine potražnje s drugim pristupom slučaja ne mora biti ocijenjena na osnovu marketinške procijene, već nekog drugog relevantnog podatka. Najčešće se promatra prosječna potražnja i njena standardna devijacija u proteklim periodima. Na osnovu ovakve procjene dolazi se do podataka da, npr. postoji 27,5% vjerojatnosti da će potražnja iznositi 12.000 komada, odnosno 12% za 18.000 komada (grafikon 6).

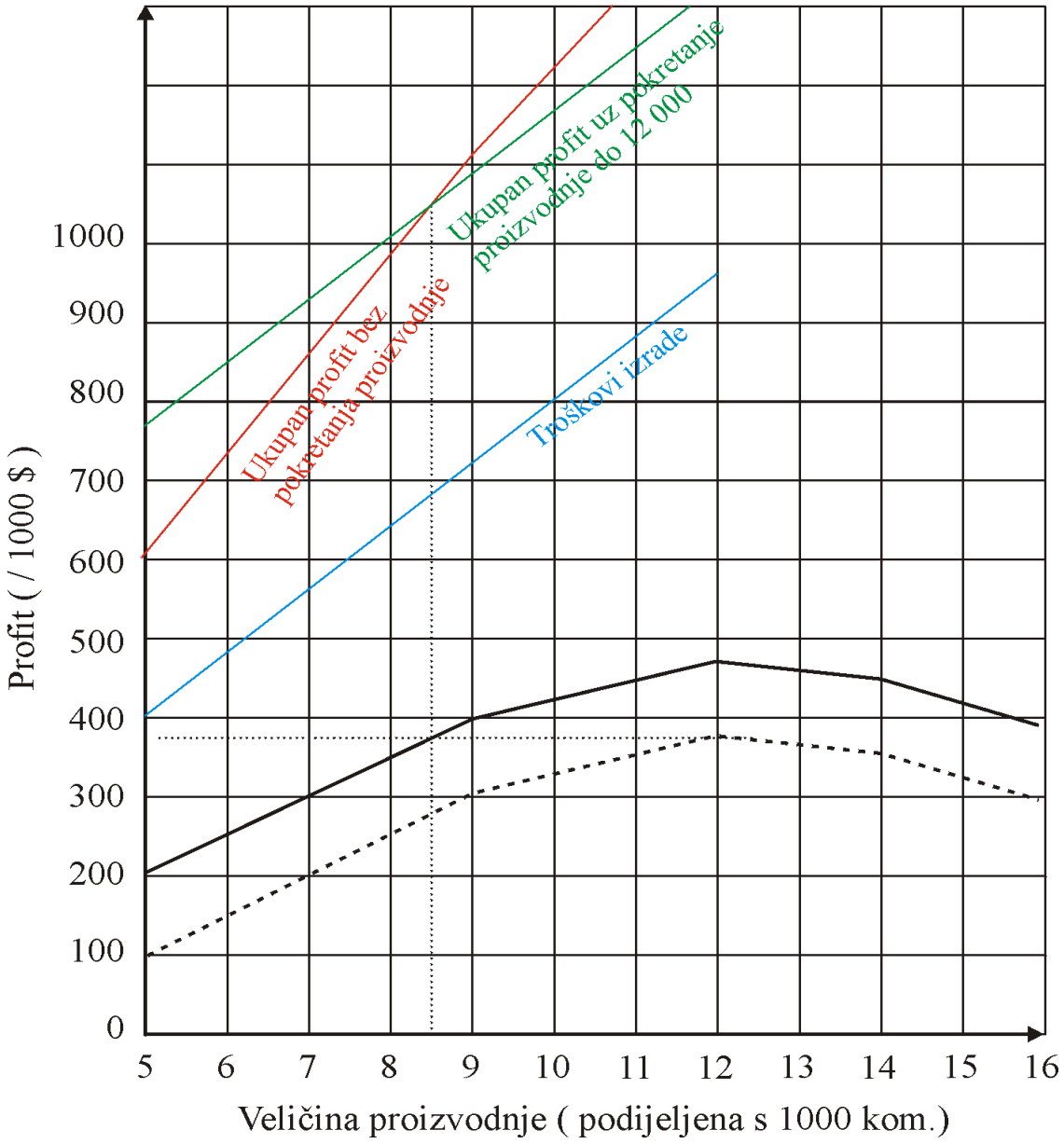
Ovi naizgled nevažni podaci mogu dati odgovore po pitanju količine planiranja proizvodnje, te se otprilike mogu procijeniti troškovi, cijena samog proizvoda, prodajna cijena tog proizvoda, te diskontna cijena proizvoda, ako se ne proda u predviđenom roku. Procjenom navedenih podataka može se poprilično točno odrediti profit koji će se ostvariti nakon promatranog vremena. Izračunom profita, čija će se računica obaviti u sljedećem naslovu, s različitim događajima koji se u budućnosti mogu dogoditi, dolazi se postupno do jasnog cilja, odnosno pronalazak one količine proizvodnje koja će dati najveći prosječni profit, te se ta količina smatra optimalnom. Naposljetku ove metode dolazi se do optimalne proizvodne serije ili narudžbe koja će rijetko biti jednaka predviđenoj potražnji. Također se može uočiti da će s povećanjem veličine serije do određenje točke prosječan previđeni profit rasti, a prelaskom preko te točke profit će početi padati, što govori da s povećanjem proizvodnje raste mogućnost povećanja profita, no postoji i mogućnost povećanja rizika gubitka, [21].



Grafikon 6: Prognoza (vjerojatnost) potražnje za određeni raspon količina, [21]

Pomoću grafikona 7 može se vidjeti predviđeni prosječni profit ovisno o veličini proizvodnje (isprekidana crna linija), prosječni profit ovisno o veličini proizvodnje za nepostojanje fiksnih troškova proizvodnje (crna linija). Nadalje plava linija predstavlja troškove izrade odgovarajućeg broja proizvoda, a odnosi se na određeni broj proizvoda koji već postoje na zalihama čiji se ukupan očekivani profit uvećava za trošak njihove izrade. Ukoliko se donese odluka da se ništa ne proizvodi, ne postoje fiksni troškovi pokretanja

proizvodnje, niti troškovi izrade proizvoda. Zato je prosječni očekivani profit jednak sumi profita očitanog na punoj crnoj liniji (za proizvodnju bez fiksnih troškova) i cijene proizvodnje postojećih proizvoda koje su očitane na plavoj liniji, a čiju sumu pokazuje crvena linija. Ako se proizvođač odluči na pokretanje proizvodnje za nadopunu do 12.000 proizvoda, koja je prethodno ocijenjena kao ona koja daje najveći prosječni očekivani profit, tada će očekivani ukupni profit biti suma očekivanog profita za 12.000 proizvoda (isprekidana crna linija iznad 12.000) i cijene izrade postojećeg broja proizvoda (plava linija), ovu sumu pokazuje zelena linija, [21]. Konačno objašnjenje ovog slučaja će biti objašnjen kroz rezultate rješenja ovog problema u slijedećem poglavlju.



Grafikon 7: Utjecaj postojećih zaliha, [21]

3.9. Model zaliha s ograničenjem

Prilikom rješavanja problema optimalnog upravljanja zalihama često se dolazi do problema optimalne veličine narudžbe koja ne može biti realizirana radi ograničenja nekih od resursa. Jedan od tih ograničenja predstavlja nedostatak skladišnog prostora, [23].

Model zaliha s ograničenjem polazi od postavke da se na skladištu ne nalazi samo jedan već više proizvoljnih proizvoda. Skladišni prostor i financijska sredstva predstavljaju gornju granicu po pitanju veličina zaliha, ukoliko se u kratkom vremenu ne može proširiti skladišni prostor, ili se ne mogu povisiti financijska sredstva namijenjena zalihama, [18].

Podaci koji su potrebni za primjenu ovog modela su sljedeći, [23]:

- ograničenje skladišnog kapaciteta;
- početna razina zaliha u skladištu;
- količina robe koju treba kupiti u određenom razdoblju;
- količina robe koju treba prodati u određenom razdoblju;
- prodajna cijena po jedinici proizvoda u određenom razdoblju;
- troškovi skladištenja po jedinici proizvoda.

4. ANALITIČKI PRIKAZ PRIMJENE MODELA U UPRAVLJANJU ZALIHAMA

U nastavku ovog poglavlja bit će predočeni analitički prikazi modela pomoću formula koji predstavljaju te modele, te će biti popraćeni primjerima stvarnih problema kojima se susreću poduzeća.

4.1. Analitički prikaz modela ekonomične količine nabave

Zbog opisanog modela u prethodnom poglavlju, navode se elementi koje je potrebno izračunati za ovaj model:

- optimalna (ekonomična) količina narudžbe,
- optimalan broj narudžbi, i
- optimalno vrijeme naručivanja.

Prema ovome se modelu nova količina zaliha naručuje kada se zalihe smanje gotovo na nulu, pri čemu je potrebno utvrditi optimalnu veličinu narudžbe koja minimizira troškove zaliha. Izračun ukupnih troškova glasi, [13]:

$$\mathbf{TC(Q) = (Q/2)C_h + (D/Q)C_o + DC} \tag{4.1.1}$$

$$\mathbf{C_h = H * C} \tag{4.1.2}$$

pri čemu TC(Q) označuje godišnje troškove, izraz $(Q/2)C_h$ su ukupni godišnji troškovi držanja zaliha, dok je izraz $(D/Q)C_o$ ukupan godišnji trošak naručivanja, C_o predstavlja troškove naručivanja zaliha (u novčanim jedinicama NJ po narudžbi ili po pokretanju proizvodnje), a izraz DC ukupne godišnje troškove nabave (kupovine). Nadalje, C_h su godišnji troškovi držanja zaliha po jedinici na zalihama, gdje H predstavlja godišnju stopu troška držanja zaliha (%), a C jedinični trošak robe na zalihama (kupovine ili proizvodnje).

Zatim slijedi obrazac za utvrđivanje optimalne veličine narudžbe, koji izgleda ovako, [13]:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \tag{4.1.3}$$

Optimalna količina narudžbe proporcionalna je s duplom stopom potražnje (D, uobičajeno godišnja) i troškovima naručivanja zaliha (C_o), a obrnuto je proporcionalna s godišnjim troškovima držanja zaliha (C_h). Spomenute veličine su umanjene izračunavanjem drugog korijena što znači da kako se povećava uporaba bilo koje vrste zaliha optimalna veličina narudžbe i prosječne zalihe sporije se povećavaju čime omogućavaju ekonomski prihvatljivije i racionalnije upravljanje zalihama.

Izračunom optimalne količine zaliha je potrebno izračunati i optimalan broj narudžbi. Odnosno koliko puta treba naručiti optimalnu količinu, a izračunava se na sljedeći način, [13]:

$$\mathbf{N = D/Q} \tag{4.1.4}$$

gdje N označava optimalan broj narudžbi optimalne količine zaliha, D stopa ukupne uporabe (potrošnja, potražnja) zaliha, i Q veličina narudžbe

Vrijeme ciklusa (T) predstavlja vrijeme koje protekne između dvije uzastopne narudžbe, [13]:

$$\mathbf{T = Q/D.} \tag{4.1.5}$$

Također uvijek postoji vrijeme isporuke (L) koje treba biti uključeno u proračun kada naručiti, a točka ponovne nabave (R) je ta pozicija (razina) zaliha pri kojoj se radi nova narudžba, a računa se kao umnožak vremena isporuke (L) i potražnje (D), odnosno, [13]:

$$\mathbf{R = L*D} \tag{4.1.6}$$

gdje vrijeme isporuke i potražnja moraju biti izražene u jednakim vremenskim jedinicama, [11].

Kao primjer primjene ove metode navodi se tvrtka koja proizvodi smrznute pite od raznih voća za prodaju lokalnim restoranima. Potražnja za jednog od najboljih prodavača jabuka je prosječno oko 150 komada pita na dan. Tvrtka posjeduje proizvodni pogon koji je u stanju proizvoditi 50 pita po satu. Tvrtka radi osam sati dnevno, sedam dana u tjednu. Proizvodnja jedne pite tvrtku košta 2,25$, te je procjena da njihova godišnja stopa držanja iznosi 20%. Jer kad god se proizvodi nova vrsta kolača strojevi se moraju temeljito očistiti, trošak postavljanja proizvodnje se procjenjuje na 90$. Potrebno je odrediti optimalnu količinu proizvodnje pite od jabuka, [24].

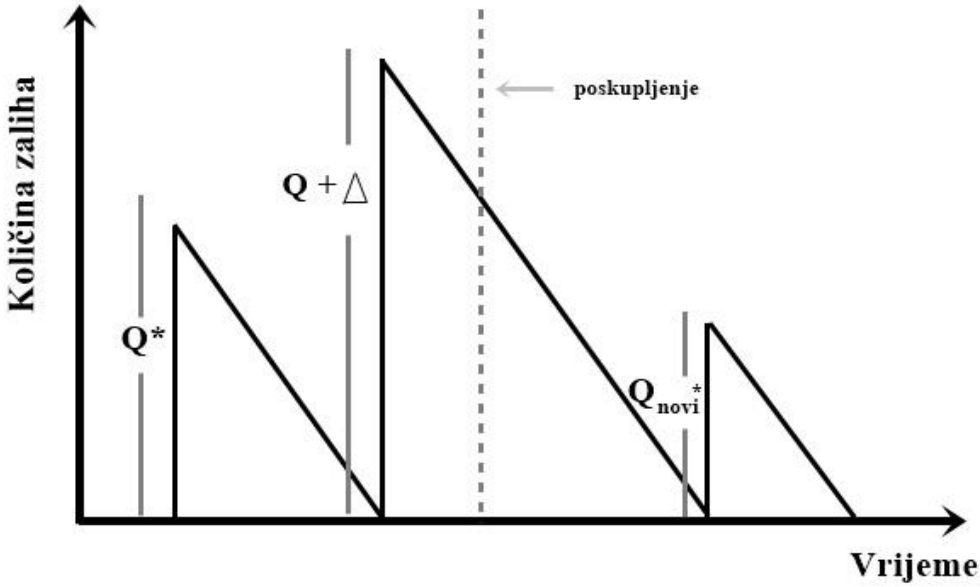
Prema navedenom se vidi da je:
D = 150 kom/dan ili 54.750 kom/god
C = 2,25$
H = 20 %
C_o = 90$

Tvrtka godišnje može proizvesti 145.600 pita (50 pita po satu*8 sati dnevno *7 dana tjedno*52 tjedana u godinu = D za sveukupnu proizvodnju), Prema formuli (4.1.2) se može izračunati trošak držanja zaliha, a iznosi C_h =0,45$ (=2,25 * 20%). Optimalna količina u ovom slučaju proizvodnja će iznositi prema formuli (4.1.3) za prodavača jabuka 4.679,74 komada godišnje (ili 12,82 kom/dan), dok će za sveukupnu proizvodnju optimalna količina iznositi 7.631,51 pita godišnje, odnosno 20,9 pita po danu.

Također se mogu izračunati i ukupni troškovi, koji bi po formuli 4.1.1 za sveukupnu proizvodnju iznosili 331.034,18$ godišnje, optimalan broj proizvodnji prema 4.1.4 bi iznosili približno 19 proizvodnji, a proporcionalno tome, odnosno prema 4.1.5 dobili bi vrijeme ciklusa od 0.05 godišnje ili svakih 18.25 dana (0.05*365).

4.2. Analitički prikaz modela spekulativne kupnje

Dodatne jedinice u odnosu na onu optimalnu količinu, prikazana je pomoću njihova profila grafikonom 8.



Grafikon 8: Profil ekonomične količine naručivanja ukoliko roba poskupljuje, [17]

Prijašnju optimalnu količinu zaliha prema grafu predstavlja Q*, koja se zbog promjena, poput poskupljenja ili sniženja cijene proizvoda, u okolini mijenja. Ukoliko dođe do poskupljenja, kao što je prikazano grafikonom 8, naručit će se nešto više (Δ više jedinica), sljedeća narudžba će biti nešto manja jer proizlazi iz nove veće cijene proizvoda, a nakon nje bi nova količina opet bila jednaka optimalnoj količini zaliha (Q*), pošto se nakon toga okolina vraća u normalu (odnosno cijena proizvoda je opet po staroj cijeni). Prije poskupljenja je naručeno Δ više jedinica, pa će te zalihe trajati, [17]:

$$\frac{\boldsymbol{Q} * + \Delta}{D} \tag{4.2.1}$$

vremena. Trošak te Δ dodatne jedinice prije poskupljenja je suma nabavne cijene (C) i troška držanja zaliha za vremena, odnosno, trošak dodatne jedinice, [17].

Za primjenu ove metode se može navesti primjer neke Vinoteke koja nabavlja određeno vino vrhunske kvalitete od proizvođača vina, koji u narednih mjesec dana želi poskupiti tu određenu sortu za 20 NJ po komadu. Redovna nabavna cijena ovog vina je 65 NJ po komadu, a njegova potražnja je 500 litara u tjedan dana. Optimalna količina nabavljanja ove vrste vina je Vinoteka odredila na 2.525 komada butelja od jedne litre godišnje, pritom je godišnja stopa držanja zaliha za vremena veće narudžbe 10%.

Prema prethodnim razmatranjima, izračun dodatne jedinice Δ iznosi 71,5 NJ (65 NJ + (65*0,1)). Kada je izračunata dodatna jedinica može se izračunati vrijeme u kojem će butelje vina biti dostatne za potražnju, jer će sada to vrijeme biti dulje od uobičajenog zbog veće količine nabave. Rezultat tog vremena, koji se računa izrazom 4.2.1, iznosi 0,1 godišnje, odnosno 36,5 dana u godini ((2.525*75,1)/(500*52)*365).

4.3. Analitički prikaz metoda najpovoljnijeg momenta naručivanja

Uz sve prethodno spomenuto za ovu metodu, može se reći da u uvjetima pune izvedivosti, kada je fiksno vrijeme izvršenja narudžbe i konstantna upotreba zaliha za proces proizvodnje, moment postavljanja narudžbe bi se mogao utvrditi pomoću sljedeće formule, [25]:

$$Moment_postavljanja_narudžbe = Vrijeme_izvršenja_narudžbe * Dnevna_potreba \quad (4.3.1)$$

Ako npr. poduzeće zna da je potrebno šest dana da ispostavljena narudžba sirovina i materijala stigne do dobavljača, odnosno da se završi naručena količina artikala, i da se dnevno potroši pet proizvoda na zalihama, onda moment za plasiranje narudžbe dospijeva kada zalihe padnu na nivo od 30 proizvoda. Što znači da bi, čim zalihe padnu na taj nivo, trebalo postaviti narudžbu za količinu koja je jednaka ekonomskoj veličini narudžbe, pošto bi ta količina bila primljena točno u trenutku kada se postojeće zalihe iscrpe.

S obzirom na to da u realnom ekonomskom život poduzeća upotreba zaliha nije povezana s izvješćima, već se ona mijenja u zadanom vremenskom periodu, pa se teško može računati s konstantnim vremenom za izvršenje narudžbi, a utvrđivanje minimalnog nivoa zaliha se znatno komplicira.

Naredni model upravljanja zalihama se odnosi na utvrđivanje najpovoljnijeg momenta za postavljanje nove narudžbe, vezano za stanje i promjenu zaliha sirovina i materijala u uvjetima kada je neophodno staviti u proces novu narudžbu. Treba pretpostaviti uvjete, [25]:

- Planirane količine korištenja zaliha su poznate suglasno dinamici plana proizvodnje (standardi, norme potrošnje, serije i sl.), element ***A***;
- Utvrđeno je vrijeme izvršavanja narudžbi koje je neophodno za nabavljanje novih (dodatnih) zaliha, element ***L***;
- Ugovorom je određen fiksan broj proizvoda po jednoj narudžbi, element ***Q***;
- Procijenjen je faktor tolerancije nedostatka zaliha u nekoj procjeni gdje se potražnja stalno mijenja, element ***F***.

Obrazac po kojem se utvrđuje moment stavljanja u proces nove narudžbe glasi, [25]:

$$N_{opt} = (A*L) + F\sqrt{A * Q * L} \tag{4.3.2}$$

Navedena formula omogućuje da se izračuna kritični nivo zaliha sirovina i materijala kada treba staviti u proces novu narudžbu, kako bi se uz najmanji rizik i trošak osigurao neprekidnost procesa proizvodnje. Uvjeti osiguranja ovog modela se odnose na pouzdano planiranje potrošnje, čvrste terminske planove proizvodnje i sigurnost dobavljača i transportera u rokovima isporuka. Samo u uvjetima danih obilježja važi formula za utvrđivanje najpovoljnijeg momenta naručivanja.

Za primjer ovog modela se navodi ona ista tvrtka iz primjera za EOQ model, koja proizvodi voćne pite. Osim navedenog u pretprošlom zadatku, tvrtki je potrebno 5 dana za izvršenje narudžbe, a faktor tolerancije nedostatka zaliha je 3%.

A = 4.745 kom/god (13 pita od jabuke * 365 dana u godini)
L = 5 dana
Q = 7.631,51 kom/god (21 kom/dan)
F = 3%

Iz čega se može izračunati najpovoljniji moment naručivanja dodatnih kila jabuka (ako je za jednu pitu potrebna 1 kila jabuka) prema jednadžbi 4.3.2:

$$N_{opt} = (13 * 5) + 0{,}03*\sqrt{13 * 21 * 5} = 3{,}37 \text{ dana}$$

Zaključuje se kako je najpovoljniji moment naručivanja materijala za proizvodnju, u ovom slučaju jabuka, 3,37 dana, odnosno približno svaka 3 dana.

4.4. Analitički prikaz metoda signalnih zaliha

Jedan od utvrđivanja veličine signalnih zaliha se vrši po formuli, [22]:

$$Zsig = Urt * (\overline{L} + F_r\sqrt{\overline{L}}) \tag{4.4.1}$$

gdje je, [22]:

Z_{sig} – optimalna signalna zaliha;
U_{rt} – utrošak materijala u jedinici vremena (dan, tjedan, mjesec, polugodište, kvartali, itd.);
L – rok isporuke, srednja vrijednost karakteristična je za danog dobavljača;
F_r – veličina rizika u smislu procjene tolerancije da zalihe budu nula.

S obzirom na to da na vrijeme isporuke koje je često promjenjivo (kolebljivo), uzima se srednje vrijeme isporuke. U uvjetima kada je stvarni rok dulji u odnosu na prosječan, očito je da će se pojaviti manjak materijala i sirovina. Zato se u formulu uvodi faktor rizika po tablici normalnog rasporeda, s tim da se uvijek prije toga mora odlučiti o veličini rizika koji se tolerira. Za primjer se navodi procijenjeni rizik od 5% i 100 narudžbi, gdje se tolerira 5 slučajeva u kojima zalihe padnu na nulu prije nego što stigne naručeni materijal.

Signalne zalihe ne moraju biti velike, samo pod uvjetom da se veće narušavanje rokova isporuke ili povećano trošenje pravovremeno predvidi. U tim uvjetima se mogu koristiti hitne narudžbe, [22].

Također se signalne zalihe mogu izračunati na sljedeći način, [3]:

$$s = P * v_N + Z_{sign} \tag{4.4.2}$$

$$Z_{sign} = P * v_H \tag{4.4.3}$$

gdje S predstavlja signalnu zalihu, P prosječnu količinu potrošnje u planskom razdoblju, v_n period nabavljanja, te Z_{sign} sigurnosnu zalihu, u kojoj v_h predstavlja razdoblje nabavljanja hitne narudžbe.

Često se signalna zaliha grubo procjenjuje kao dvostruka sigurnosna zaliha.

Dakle, signalna će zaliha biti veća ako je vrijeme potrošnje zaliha duže, ili je duži period nabavljanja. Kako su vrijeme potrošnje zaliha i dužina perioda nabavljanja stohastičke varijable, tako se signalne zalihe moraju predviđati statističkim metodama, [3].

Primjer u proizvodnji u kojoj se dnevno utroši 100 komada (P) LED žarulja. Potrebno je izračunati razinu signalnih zaliha koje omogućuju nesmetano odvijanje proizvodnje, ako je vrijeme hitne isporuke 3 dana (v_h), a uobičajene isporuke 8 dana (v_N). Utrošak je 53,4 kom/dan.

Primjenom formule 4.4.1 dolazi se do veličine signalnih zaliha od približno 300 komada (53,4*((8+3/2)+(0,05*$\sqrt{(3+8)/2}$)), gledajući po danima, a mjesečno bi bilo 10 komada, dok bi godišnje sigurnosna zaliha iznosila 0,83 komada.

Ukoliko bi se primjenjivala jednadžba 4.4.2, signalne zalihe bi iznosile:

$$Z_{sign} = 100*3 = 300 \text{ kom, a}$$

$$S = 100*8+300 = 1.100 \text{ kom (promatrajući po danu)}$$

4.5. Analitički prikaz modela obnavljanja zaliha do zadanog nivoa

Promatrajući primjer koji je dan u teorijskom dijelu moguće je primijeniti ovu metodu na sljedeći način.

Uz podatke koji su vidljivi na grafikonu 6, postavljeni su i sljedeće pretpostavke, [21]:

- Troškovi pokretanja proizvodnje jednaka je 100.000 novčanih jedinica (NJ),
- Cijena proizvodnje jednog proizvoda iznosi 95 NJ.
- Prodajna cijena proizvoda je 135 NJ.
- Diskontna cijena proizvoda koji nije prodan u sezoni je 35 NJ.

Na temelju analize marketinške procjene donesena je odluka o proizvodnji 10.000 proizvoda, te ukupne potražnje 12.000 proizvoda (grafikon 6).

Ostvareni profit se lako može izračunati, odnosno on je razlika prihoda od prodaje i fiksnih i varijabilnih troškova proizvodnje. U ovom slučaju on iznosi, [21]:

$$\text{Profit} = \text{prihod od prodaje} - \text{fiksni troškovi} - \text{varijabilni troškovi}$$

$$\text{Profit} = 135 \cdot 10.000 - 100.000 - 95 \cdot 10.000 = 300.000 \text{ NJ}$$

U slučaju iste proizvodnje u konačnoj prodajnoj bilanci bude plasirano 7.500 proizvoda po punoj i 2.500 po diskontnoj cijeni profit je:

$$\text{Profit} = 135 \cdot 7.500 + 35 \cdot 2.500 - 100.000 - 95 \cdot 10.000 = 150.000 \text{ NJ}$$

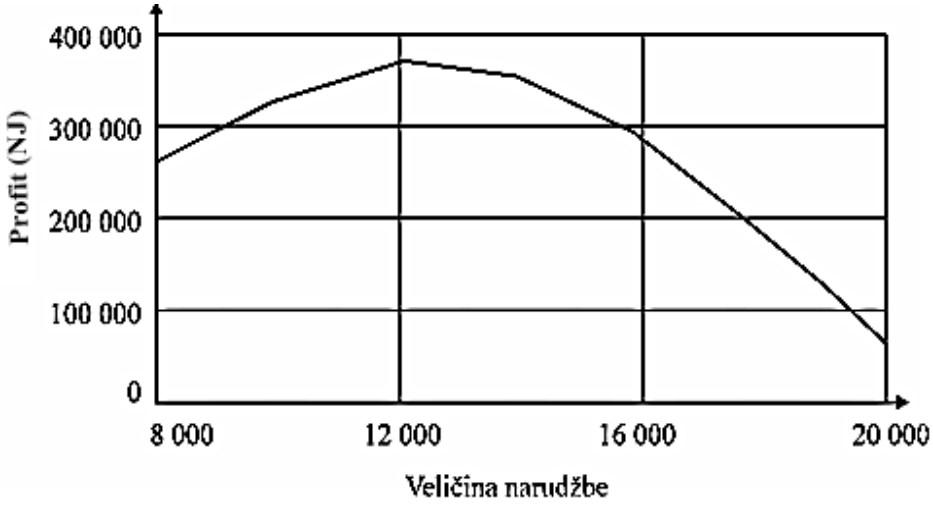
Iz grafikona 6 se uočava da je procijenjena vjerojatnost potražnje za 8.000 komada 12%, a za 12.000 komada 27%. To znači, da se za proizvodnju od 10.000 komada sa 27 postotnom vjerojatnosti predviđa profit od 300.000 NJ, a profit od 150.000 NJ sa 12% vjerojatnosti.

Prosječan profit proizlazi iz zbroja profita za sve varijante u odnosi na vjerojatnost njihovog pojavljivanja, pa se on računa iz sljedeće jednadžbe, [21]:

$$PROFIT = \frac{\sum_i VJEROJATNOST\ VARIJANTEi \cdot PROFIT\ VARIJANTEi}{\sum_i VJEROAJTNOST\ VARIJANTEi} \tag{4.5.1}$$

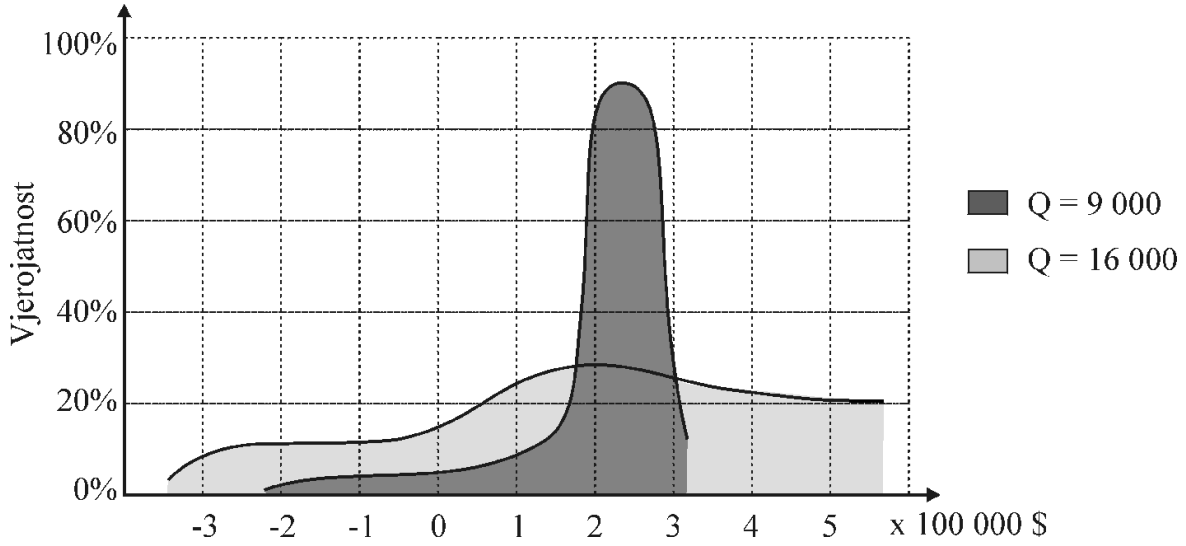
Kako se traži iz raznih varijanta najveći profit, postavlja se pitanje kakav je odnos između optimalne proizvodne serije i prosječno predviđene potražnje (u primjeru 13.500 proizvoda), odnosno da li je optimalna proizvodnja jednaka, veća ili manja od srednje predviđene potražnje?
Marginalni profit se uvodi kao pojam kako bi se moglo odgovoriti na ovo postavljeno pitanje, odnosno marginalnog gubitka na proizvodnji jednog dodatnog proizvoda.

Npr. za opisani slučaj, ako se proizvedeni dodatni proizvod (trinaest tisuća petsto i prvi) uspije prodati u odgovarajućem vremenu, ostvarit će se dodatni profit koji je jednak prihodu od prodaje ovog proizvoda, minus trošak njegove proizvodnje, što za dati slučaj iznosi npr. 45 NJ. No, ako se proizvod ne proda na vrijeme, već po diskontnoj cijeni, tada će on donijeti negativan prihod odnosno gubitak koji će za promatrani slučaj iznositi 60 NJ. Iz čega proizlazi da je za ovaj slučaj, gubitak zbog neuspjele prodaje dodatnog proizvoda veći od eventualnog profita koji bi donijela njegova prodaja. Zaključuje se da je optimalna veličina proizvodnje manja od prosječno predviđene potražnje.



Grafikon 9: Prosječan očekivani profit kao funkcija proizvedene količine, [21]

Iz grafikona 9 se vidi da je optimalna proizvodnja serija s maksimalnim prosječnim profitom proizvodnja od 12.000 proizvoda, no također se uočava kako je prosječni profit za proizvodne serije od 9.000 i 16.000 proizvoda približno jednak, zbog čega se nameće pitanje koju seriju odabrati ukoliko je potrebno birati između njih? Za odgovor na ovo pitanje potrebno je proučiti rizike koji se pojavljuju u slučaju. U ovu svrhu može se konstruirati prikaz odnosa ostvarivog profita i vjerojatnosti njegovog događaja za pojedinu od proizvodnih varijanti, kao što je prikazano grafikonom 10, koji daje načelan prikaz za promatrani slučaj.



Grafikon 10: Prikaz odnosa ostvarivog profita i vjerojatnosti njegovog događaja, [21]

Krajnje točke u dijagramu predstavljaju najveći prihod koji je ostvariv za prodanu svu robu, te najveći gubitak, za neostvarenu prodaju niti jednog proizvoda. Varijanta koja predviđa proizvodnju od 9.000 proizvoda, s relativno visokom vjerojatnosti predviđa profit u uskom rasponu vrijednosti, dok druga varijanta predviđa veliki raspon mogućih ostvarivih profita, s mnogo manjom vjerojatnosti. Znači da veća proizvodnja donosi mogućnost mnogo veće zarade, ali istovremeno uključuje rizik manjeg profita ili gubitka, [21].

Nakon čega slijedi pretpostavka da postojeća zaliha iznosi 5.000 proizvoda.

Dakako, u slučaju da se odustane od pokretanja nove proizvodnje, prosječno očekivani profit iznosi:

$$\text{Prosječno očekivani profit} = 200.000 + 5.000 \cdot 95 = 675.000 \text{ NJ}.$$

Prvih 200.000 očitano je s pune crne linije (grafikon 7), a $5\,000 \cdot 95$ predstavlja troškove proizvodnje 5.000 komada proizvoda (plava linija). Ako se proizvođač odluči na pokretanje proizvodnje, za zadovoljenje količine od 12.000 proizvoda, tada će prosječni očekivani profit iznositi:

$$375.000 + 5.000 \cdot 95 = 850.000 \text{ NJ}.$$

Ovdje ovih 375.000 pokazuje isprekidana linija na slici, a drugi dio je kao i prije, ušteda na troškovima proizvodnje postojećih 5.000 komada proizvoda. Budući da je očekivani prosječni profit veći za slučaj povećanja broja proizvoda, slijedi da je ipak optimalna politika pokretanje proizvodnje.

Za slučaj kada postoji prošlogodišnja zaliha od 10.000 proizvoda, istom analizom dolazi se do zaključka da je profit koji se ostvaruje prodajom samo te količine, veći od srednjeg očekivanog profita za slučaj pokretanja proizvodnje dodatnih 2.000 proizvoda:

- Bez proizvodnje: $\text{Profit} = 425.000 + 10.000 \cdot 95 = 1.375.000 \text{ NJ}$,
- uz proizvodnju do 12.000: $\text{Profit} = 375.000 + 10.000 \cdot 95 = 1.325.000 \text{ NJ}$.

Što govori da eventualni prihod od prodaje novoizrađenih proizvoda ne opravdava ulaganje u novi proizvodni ciklus.

Najveći ukupan očekivani profit ostvariv u slučaju pokretanja proizvodnje jednak je 375.000 NJ, plus ušteda na proizvodnji postojećih proizvoda, odnosno:

$$\text{Najveći ukupni očekivani profit} = 375.000 + 95 \cdot \text{zalihe}.$$

On je jednak ukupno očekivanom profitu u slučaju da se ne pokreće proizvodnja, a na zalihama postoji 8.500 proizvoda (375.000 + 95 · zalihe).

Što znači da stanje zaliha ispod 8.500 komada opravdava ulaganje sredstava u novu proizvodnju, ali za veće zalihe to nije isplativo (vidljivo i iz grafikona 8). Iznad 8.500 proizvoda presijecaju se linije očekivanog profita za slučaj nepokretanja i pokretanja proizvodnje.

Isti se princip, kao što je na ovom primjeru, može primijeniti u planiranju veličine narudžbi robe za popunjavanje zaliha, gdje su fiksni troškovi proizvodnje zamijenjeni fiksnim troškovima narudžbe, gdje se period planiranja ne mora odnositi na sezonu, već on može imati bilo koju prikladnu dužinu.

Prethodno definiranom analizom je prikazan primjer efikasnog modela upravljanja zaliha realnih sustava, koji se još naziva "*(s, S)"*, *"min-max"* ili ***"****model obnavljanja zaliha do zadanog nivoa"*. Prema tom se modelu, zalihe koje padnu ispod točno određene vrijednosti ***s***, obnavlja narudžba ili se pokreće proizvodnja do postizanja traženog nivoa ***S***. U opisanom primjeru nivo ***s*** je 8.500, a traženi nivo ***S*** je 12.000 proizvoda. Točan iznos razlika vrijednosti ***S*** i ***s*** uvjetovan je veličinama fiksnih troškova proizvodnje, narudžbe ili transporta, [21].

4.6. Analitički prikaz modela zaliha s ograničenjem

Kroz primjer će biti prikazan jednostavniji slučaj u kojem će se predočiti analitički prikaz modela zaliha s ograničenjem. Dakle, neko poduzeće upravlja zalihama dva proizvoda, koja se mogu dobiti istovremeno. Neka q_1 i q_2 budu količine koje se naručuju od jednog i od drugog proizvoda, L_s neka bude skladišni prostor [m^3], a l_1 i l_2 neka budu specifične zapremine tih dvaju proizvoda.

Ako se želi odrediti optimalna količina, problem će glasiti:

Neka se minimizira $K_Z = K_1 + K_2$, tako da vrijedi, [4]:

$$\sum q_i l_i \leq L_s \tag{4.6.2}$$

$$q_i \geq 0 \tag{4.6.3}$$

Pretpostavlja se da je ograničenje ispunjeno u vidu jednadžbe, odnosno oba proizvoda su kod istovremenog ponovnog skladištenja zadovoljili potpuni kapacitet skladišta. Pomoću tehnike Lagrangeovih multiplikatora[1] može se odrediti optimalna veličina zaliha q_{10} i q_{20}, na sljedeći način:

Proširena Lagrangeova funkcija[2] problema, [18]:

$$K_{(q_1,q_2,\lambda)} = \sum_{i=1}^{2} K_i - \lambda\left(L_s - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} q_i l_i \right) \qquad \text{(min!)} \tag{4.6.4}$$

Izraz $\frac{1}{2}\sum \boldsymbol{qili}$ predstavlja prosječnu zapreminu raspoloživog prostora. Prosječan broj jedinica na zalihama je $\frac{\boldsymbol{qi}}{\boldsymbol{2}}$. Vrijednost količinske jedinice zaliha iznosi $\frac{\boldsymbol{k3i}}{\boldsymbol{qi}} + k_1$ ili organizacijski troškovi povezani s pripremom svake narudžbe plus proporcionalni troškovi.

[1] Skalarne varijable koje služe za rješavanje optimizacijskih problema s ograničenjima, a uvode se kao skalarne varijable za svaki parametar i čine linearni sustav multiplikatora s parametrima, te tako ograničeni sustav može se napisati kao neograničen

[2] *Lagrangeova funkcija* je razlika kinetičke i potencijalne energije sustava. Najopćenitije Lagrangeove jednadžbe gibanja nešto su složenije. Newtonove jednadžbe gibanja samo su specijalan slučaj Lagrangeovih (franc. matematičar i astronom), što se odnosi na fiziku. Nadalje, traženje uvjetnog ekstrema funkcije f svodi se na traženje običnog ekstrema tzv. Lagrangeove funkcije (matematika):
$F(x_1, x_{2,\ldots,}x_n) = f(x_1; x_2,\ldots, xn) + \lambda_1\varphi_1(x_1,x_2,\ldots,x_n) + \ldots + \lambda_m\varphi_m(x_1,x_2,\ldots, x_n)$

Prosječna vrijednost zaliha proizvoda može se napisati, [18]:

$$\frac{q_i}{2}\left(\frac{k_{3i}}{q_i}+k_{1i}\right)=\frac{k_{3i}+k_{1i}q_i}{2} \tag{4.6.5}$$

Ako se sa **r** označi postotak troškova stavljanja na zalihe prema prosječnoj vrijednosti zaliha u tijeku mjeseca, mogu se izraziti troškovi zaliha proizvoda, [4]:

$$K_i=\frac{n_i}{q_i}k_{3i}+n_ik_{1i}+r\cdot\frac{k_{3i}+k_{1i}q_i}{2} \tag{4.6.6}$$

$$K_{(q_i\lambda)}=\sum_{i=1}^{2}\left(\frac{n_i}{q_i}k_{3i}+n_ik_{1i}+r\frac{k_{3i}+k_{1i}\cdot q_i}{2}\right)-\lambda\left(L_s-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2}q_il_i\right) \tag{4.6.7}$$

Optimalni rezultat postiže se nakon derivacije o k_1, k_2 i po λ, te izjednačavanjem parcijalnih derivacija nulom, [18]:

$$-\frac{n_1}{q_1^2}k_{31}+\frac{r}{2}k_{11}+\frac{1}{2}\lambda l_1=0 \tag{4.6.8}$$

$$-\frac{n_2}{q_2}k_{32}+\frac{r}{2}k_{12}+\frac{1}{2}\lambda l_2=0 \tag{4.6.9}$$

$$L_s-\frac{1}{2}(q_1l_1+q_2l_2)=0 \tag{4.6.10}$$

Te ako se riješi po q_i dobije se, [18]:

$$q_{io}=\sqrt{\frac{2n_ik_{3i}}{rk_{1i}+\lambda l_i}} \tag{4.6.11}$$

Za primjenu ove metode u praksi se navodi proizvođač dva proizvoda s poznatom mjesečnom potražnom i odgovarajućim troškovima kako pokazuje tablica 1:

Tablica 1: Primjer zadatka (poznata potražnja i troškovi)

	n_i	k_{3i}	k_{1i}
q_1	230	95	15
q_2	370	35	13

Izvor: [18, str. 479]

i r = 0,004.

Ako se uzme u obzir da je L = 12000 m^3 ukupno raspoloživ prostor, a l_1 = 4 m^3, l_2 = 30 m^3 neka su specifične prostorne zapremine prvog, odnosno drugog proizvoda, optimalne veličine zaliha uz zanemarivanje dodatnog ograničenja ($\lambda = 0$) se može izračunati:

$$q_{1o} = \sqrt{\frac{2*230*95}{0{,}004*15}} = 853 \text{ kom}$$

$$q_{2o} = \sqrt{\frac{2*370*35}{0{,}004*13}} = 715 \text{ kom}$$

Ukupni troškovi iznose:

$$K = \frac{230}{853} * 95 + \frac{370}{715} * 35 + 230 * 15 + 370 * 13 + 0{,}004 * \frac{95+15*853}{2} + 0{,}004 * \frac{35+13*715}{2}$$

$$K = 8.348{,}15 \text{ NJ}$$

Za pronađene optimalne vrijednosti q_{1o} i q_{2o} bio bi potreban prostor za skladištenje:

$$4 * \frac{853}{2} + 30 * \frac{715}{2} = 12.431 \text{ } m^3$$

Budući da se ne raspolaže tolikim skladišnim prostorom za skladištenje, potrebno je odrediti vrijednost λ, tako da se potreban prostor nešto smanji. Iz formule 4.6.11 su poznate veličine n_i, k_{3i}, k_{1i}, l_i, ali je λ nepoznata veličina.

Da bi se pronašle optimalne veličine koje bi riješile zadano ograničenje u pogledu prostora koji stoji na raspolaganju, uzimaju se različite vrijednosti za λ (tablica 2) sve dok se ne postigne broj 12.000 koji predstavlja raspoloživ skladišni prostor.

Tablica 2: Tablica vrijednosti ograničenja (λ)

λ	q_1	q_2	$\frac{1}{2} * (4 * q1 + 30 * q2)$
0	853	715	12.431
0,0001	851	686	11.992
0,0002	848	668	11.716
0,0003	845	652	11.470
0,0004	842	636	11.224

Izvor: [18, str 481.]

Vrijednosti q koje se nalaze u tablici su izračunate prema formuli 4.6.11, a iz tablice se može zaključiti da bi optimalne kombinacija zaliha bila za q_{1o} = 851, a za q_{2o} = 686 komada. U tom bi slučaju troškovi iznosili:

$$K = \frac{230}{851} * 95 + \frac{370}{686} * 35 + 230 * 15 + 370 * 13 + 0{,}004 * \frac{95+15*851}{2} + 0{,}004 * \frac{35+13*686}{2}$$

$$K = 8.348{,}18 \text{ NJ}$$

Pri tome je iskorišteno 11.992 m^3 prostora, a optimalna vrijednost za λ iznosi oko vrijednosti λ = 0.0001, [18].

5. ZAKLJUČAK

Kroz rad je prezentirano da se zalihe odnose na količine sirovina i materijala, nedovršene proizvodnje i gotovih artikala koji se nalaze u skladištima poduzeća, a koje su namijenjene za daljnje vršenje procesa rada, sve dok ne dođu do krajnjeg potrošača zbog kojega i postoje ti artikli, odnosno proizvodi.

Nadalje, držanje zaliha je neophodno kako bi se nesmetano odvijali proizvodni procesi. Ukoliko u određenom trenutku dođe do pomanjkanja zaliha dolazi do neželjenog zastoja u proizvodnji i realizaciji, čime se poduzeću nanose ogromne štete. Zbog osiguranja da ne bi došlo do takvih posljedica, poduzeća povećavaju količine na držanju zaliha, no prelaskom u prevelike zalihe bi poduzeću pružile angažiranje sredstava, a sa stajališta likvidnosti bi predstavljale teret.

Sukladno prethodno navedenim problemima kod držanja zaliha razvili su se brojni modeli i metode upravljanja zalihama. Neka od tih modela i metoda su grubo opisana u ovom radu, te su predočene njihove primjene u stvarnom sustavu kroz različite primjere.

Kroz primjere se može vidjeti kako te metode funkcioniraju, te što zahtijevaju od pretpostavka koje trebaju biti ispunjene kako bi te metode uopće funkcionirale u realnom sustavu. Također se može uočiti da se pojedine metode mogu kombinirati, te upotpuniti politiku upravljanja zaliha. Pod takve metode spada na primjer Model signalnih zaliha, jer se takav model može primjenjivati u bilo kojem poduzeću, pošto skoro sva poduzeća koriste signalne zalihe kao osiguranje od zaustavljanja procesa proizvodnje, i slično. Kombiniranjem modela u upravljanju zalihama poduzeće može ostvariti veći profit, jer analiziranjem može bolje procijeniti buduću potražnju, što se provodi kroz različite modele.

Naposljetku se dolazi do zaključka da se svaki model prikazan analitički temelji na EOQ modelu, odnosno optimalnoj količini nabave ili proizvodnje. Dapače, ti modeli mogu predstavljati nastavak EOQ modela, zbog toga što se svi modeli mogu primjenjivati zajedno s EOQ modelom i tako ga učiniti primjenjivim u stvarnom sustavu.

Dakle, Metoda signalnih zaliha govori kako postavljanje određene razine zaliha kao upozorenje za naručivanje nove količine proizvoda kako bi se poduzeće osiguralo od zaostatka u proizvodnji, koje dakako dovodi do dodatnih troškova.

Takva metoda se može primijeniti i u EOQ modelu, kao i Model spekulativne kupnje koji se bavi narudžbama ako dođe do porasta ili smanjenja nabavne cijene, što u početku poremeti optimalnu količinu naručivanja, ali se dokazalo da takav princip smanjuje ukupne troškove poduzeća, tj. pridonosi njegovom profitu, a pristup takvom modelu se također polazi od optimalne količine naručivanja.

Metoda najpovoljnijeg momenta naručivanja također polazi od optimalne količine naručivanja dobivenog iz EOQ modela, no uzimajući u obzir faktor tolerancije nedostatka zaliha, čime se određuje kvaliteta usluga poduzeća. Zapravo se ovom metodom procjenjuje najpovoljniji trenutak naručivanja kojim poduzeće želi postići postavljeni cilju razine usluga (izraženom u postotku).

Nadalje, Model obnavljanja zaliha do zadanog nivoa prikazuje do koje je optimalne veličine proizvoda isplativo proizvoditi ili naručivati, a da poduzeće nema dodatne nepotrebne troškove, pošto nakon određene količine proizvedenih proizvoda troškovi premašuju dosad zarađeni profit, što također govori da se prvo postavlja optimalna količina naručivanja.

Model zaliha s ograničenjem se može nadovezati na prethodni model, pošto takav model govori o tome gdje se nalaze uska grla koja onemogućuju poduzeću ostvarenje željenog profita, već se stvaraju dodatni troškovi. Usko grlo se najčešće pojavljuje kod premalog skladišnog prostora, gdje su za njegovo proširenje potrebne dodatne investicije, što pojedinim tvrtkama trenutno stvara problem, te rješenja traže u alternativama.

Na samom kraju se može nadodati da modelima MRP-I, MRP-II, te DRP, koriste ostalim modeli za lakše praćenje, kontroliranje i predviđanje buduće potražnje, jer su ti modeli zapravo popisi materijala, te korisnih podataka spremljeni i vođeni u računalu, te imaju velike utjecaje na ostale modele što se tiče preciznosti, brzine i kvalitete.

LITERATURA

[1] Nastavni materijali iz kolegija Planiranje logističkih procesa; Šafran, M.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [16.08.2016.]

[2] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Šafran, M.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [16.08.2016.]

[3] http://web.efzg.hr/dok//trg/bknezevic/mnab2012/mnab2012sem03kc.pdf, [19.08.2016.]

[4] http://web.efzg.hr/dok/TRG/11.nastavna%20cjelina.pdf, [20.08.2016.]

[5] Andrijanić, I., Grgurević, D.: Poslovna logistika, Visoka škola za ekonomiju, poduzetništvo i upravljanje „Nikola Šubić Zrinski“, Zagreb, 2011.; (str. 38; 40- 43)

[6] Ivaković, Č.,Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2010.; (str. 334)

[7] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Auditorne vježbe 3.; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti; [17.08.2016.]

[8] Budić, H: Držanje zaliha, prezentacija, Veleučilište u Požegi, 2013.

[9] Krpan, Lj., Maršanić, R., Jedvaj, V.: Upravljanje zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji; stručni rad; Rijeka, 2014.

[10] Zelenika, R., Skender Pavlić, H.: Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2007.; (str. 237; 276- 277; 335)

[11] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [17.08.2016.]

[12] Nastavni materijali iz kolegija Planiranje logističkih procesa; skripta.; Šafran, M.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti; [17.08.2016.]

[13] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Auditorne vježbe 3 i 4; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [17.08.2016.]

[14] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Laboratorijske vježbe 5; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [17.08.2016.]

[15] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Zalihe u autoindustriji; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [18.08.2016.]

[16] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Laboratorijske vježbe 3; Božić, D.; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti, [18.08.2016.]

[17] Gašparini, A.: Upravljanje zalihama u dobavnom lancu, diplomski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2013.; (str. 25- 26); dostupan na: http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.LMPP/259-2014.pdf, [22.08.2016.]

[18] Barković, D.: Operacijska istraživanja, Ekonomski fakultet Osijek, Osijek, 2002.; (str. 447; 458- 460; 477- 479; 481)

[19] Zelenika, R., Skender Pavlić, H.: Logistički modeli upravljanja zalihama u trgovačkom poduzeću, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, Hrvatska gospodarska revija 1999.; (str. 23; 26)

[20] Wild, T.: Best Practice in Inventory Management – Second Edition, Great Britain, 2002.; (str. 146; 225- 226)

[21] Uvod u upravljanje logističkim lancom, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, Split, 2002.; (str. 24- 25)

[22] Upravljanje zalihama u trgovini; seminarski rad; dostupan na: http://www.seminarski-diplomski.co.rs/RACUNOVODSTVO/Upravljanje-Zalihama-u-Trgovini.html, [21.08.2016.]

[23] Mihaljević, A.: Analiza modela upravljanja zalihama robe s ograničenim vijekom trajanja, završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015

[24] Lawrence, A, J.; Pasternack, A., B.: Applied Management Science – Second edition; Wiley India, 2009.; (str. 493)

[25] Seminarski rad, Sabados, M.:Upravljanje zalihama u trgovini, Srbija, 2007.

POPIS KRATICA

3PL	(Third-party logistics)	Treća strana logistike
DRP	(Distribution Requirement Planning)	Planiranje distribucijskih potreba
EOQ	(Economic Order Quantity)	Ekonomična količina nabave
MRP-I	(Material Requirement Planning)	Planiranje potreba za materijalom
MRP-II	(Manufacturing Resorce Planning)	Planiranje resursa proizvodnje
NJ		Novčane jedinice

POPIS SLIKA

Slika 1: Struktura opskrbnog lanca 2
Slika 2: Konstrukcija dijagrama prolaska pomoću modela lijevka 9
Slika 3: Prikaz razvoja nekih sustava logističkog planiranja 14
Slika 4: Koncept „Planiranja potreba za materijalom (MRP-I)“ 20

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Prikaz nezavisne i zavisne potražnje 8
Grafikon 2: Smanjenje zaliha uz racionalnu politiku naručivanja 10
Grafikon 3: Odnos troškova naspram naručene količine 11
Grafikon 4: Prikaz ukupnog varijabilnog troška i ekonomične količine nabave 15
Grafikon 5: Prikaz profila zaliha primjenom EOQ modela 16
Grafikon 6: Prognoza (vjerojatnost) potražnje za određeni raspon količina 25
Grafikon 7: Utjecaj postojećih zaliha 26
Grafikon 8: Profil ekonomične količine naručivanja ukoliko roba poskupljuje 31
Grafikon 9: Prosječan očekivani profit kao funkcija proizvedene količine 37
Grafikon 10: Prikaz odnosa ostvarivog profita i vjerojatnosti njegovog događaja 37

POPIS TABLICA

Tablica 1: Primjer zadatka (poznata potražnja i troškovi) 42
Tablica 2: Tablica vrijednosti ograničenja (λ) 43