

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

# DIPLOMSKO DELO

GREGOR MIKLAVČIČ

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

# DIPLOMSKO DELO

EMPIRIČNA PREVERBA FORMULE EOQ PRI  
NEGOTOVIH PARAMETRIH V PODJETJU X

Ljubljana, september 2003

GREGOR MIKLAVČIČ

## IZJAVA

Študent Gregor Miklavčič izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. ddr. Ludvika Bogataja in dovolim objavo diplomskega dela na fakultetni domači strani.

V Ljubljani, dne 9.9.2003

Podpis:

# KAZALO

UVOD .....	1
1. Teorija zalog .....	3
1.1 Razvoj teorije zalog in formule EOQ .....	3
1.2 Funkcije in vrste zalog .....	4
1.3 Klasifikacija modelov zalog .....	5
1.4 Opredelitev stroškov .....	6
2. Sodobno pojmovanje logistike in oskrbovalnih verig .....	6
3. Prikaz osnovnih podatkov podjetja X potrebnih za nadaljnjo analizo .....	9
3.1 Predstavitev podjetja X .....	9
3.2 Osnovni podatki podjetja X .....	10
3.2.1 Analiza ABC .....	12
3.2.2 Predstavitev in izračun stroškov relevantnih za našo analizo .....	13
3.2.3 Izračun pričakovane vrednosti, variance in standardnega odklona povpraševanja za proizvode J, K in L .....	14
4. Deterministični modeli ekonomične količine naročila .....	16
4.1 Osnovni model ekonomične količine naročila .....	17
4.1.1 Primer uporabe osnovnega modela EOQ v podjetju X .....	19
4.2 Model ekonomične količine naročila, ko vpeljemo količinski popust .....	21
4.2.1 Primer uporabe količinskih popustov v podjetju X za proizvod J .....	23
4.3 Občutljivostna analiza skupnih stroškov v odvisnosti od spreminjanja parametrov $q$ , $K$ , $D$ in $h$ na primeru proizvoda J .....	25
4.4 Model ekonomične količine proizvodnje in model EOQ z odloženo prodajo .....	31
5. Stohastični model točke ponovnega naročila .....	32
5.1 Primer uporabe stohastičnega modela točke ponovnega naročila .....	34
6. Implementacija modelov zalog in ravnanje z njimi .....	36
6.1 Predpogoji za uspešno ravnanje z zalogami .....	37
6.1.1 Podatki o zalogah .....	37
6.2 Implementacija in postopno prilagajanje ravnanju zalog .....	38
6.2.1 Selektivna kontrola zalog .....	38
6.2.2 Posamezni modeli zalog in njihova preslikava v realnost .....	38
6.2.3 Postopna implementacija različnih modelov zalog .....	39

6.2.4 Simulacija in posledice postopne implementacije različnih modelov zalog na kratek rok.....	39
6.2.5 Izobraževanje.....	39
SKLEP .....	40
Literatura.....	42
Viri.....	43
PRILOGA 1	
SLOVARČEK	

## UVOD

Danes ima praktično vsako podjetje določene zaloge surovin, materiala, polizdelkov in končnih izdelkov. Ker zaloge povzročajo velike stroške skladiščenja in vzdrževanja, je zelo pomembno te stroške minimalizirati, po drugi strani pa že sam nakup zalog pomeni izdatek in s tem oportunitetni strošek vezave denarnih sredstev. Zato je za posamezno podjetje, v borbi za obstanek, zelo pomembno optimalizirati gibanje zalog, kar dosežemo z ustreznim ravnanjem z zalogami.<sup>1</sup> Vedo, ki se med drugim ukvarja tudi s teorijo in ravnanjem z zalogami, imenujemo operacijske raziskave (operations research in management science).

Operacijske raziskave se ukvarjajo z raziskovanjem in reševanjem vprašanj ravnanja in koordinacije procesov v okviru posamezne organizacije, z namenom pomagati managerjem, ravnalcem pri sprejemanju svojih odločitev. Pri tem se poslužujejo znanstvenih metod analize in modeliranja, kjer npr. posameznemu proizvodnemu procesu poiščejo čim primernejši teoretični model. Moramo tudi poudariti, da na osnovi postavljenih modelov in rezultatov analize ne moremo slepo sprejemati odločitev, ampak rezultati analize modelov samo pomagajo ravnalcem sprejeti ustrezno rešitev s pomočjo primerne kvantitativne analize. Ko ravnalec kombinira kvantitativni pristop s kvalitativnim, pri tem pa uporablja osebne izkušnje, zdravo pamet in intuicijo, je rezultat skoraj vedno boljše odločanje. Področje uporabe operacijskih raziskav je zelo široko in zajema tako privatni kot tudi javni sektor. Eno izmed področij, katerega si bomo tudi mi poglobljevali, je področje ravnanja z zalogami (Shogan, 1988, str. 1–16).

Pri ravnanju z zalogami v podjetju X si bomo pomagali z matematičnimi modeli ekonomske količine naročila (EOQ – Economic Order Quantity). Formulo EOQ je leta 1915 prvi izpeljal Ford Harris, za njim pa kasneje še mnogi drugi avtorji. Šele po drugi svetovni vojni, ko so se pojavila operacijska raziskovanja, so se znanstveniki začeli ukvarjati s stohastičnimi modeli zalog in s tem tudi s stohastičnim modelom točke ponovnega naročila, ki ga bomo prav tako obravnavali v tem diplomskem delu.

**Namen in cilj diplomskega dela je empirično preveriti formulo EOQ pri negotovih parametrih in vpliv le-teh na skupne stroške podjetja X.**

Dve temeljni vprašanji, s katerima se bomo ukvarjali, sta: **kolikšna je optimalna količina naročila ( $q^*$ ) in kdaj naj sprožimo naročilo ( $r^*$ )**. Pri računanju  $q^*$  in  $r^*$  si bomo pomagali s tremi matematičnimi modeli, kjer prva dva modela predpostavljata deterministično, zadnji pa stohastično povpraševanje. Ti modeli so:

1. osnovni model ekonomske količine naročila,

---

<sup>1</sup> Izraz ravnanje smo povzeli po Rozmanu, ki pravi, da so managerji ravnalci, ravnatelji. Upravljalci in upravljanje v podjetjih opravljajo lastniki, delničarji, zato ta izraz ni primeren in smo ga nadomestili z ravnanjem z zalogami (Rozman, 1993, str. 42).

2. model ekonomske količine naročila, ko vpeljemo količinski popust,
3. stohastični model točke ponovnega naročila.

Zaradi negotovih in včasih težko izračunljivih parametrov bomo poseben poudarek posvetili občutljivostni analizi<sup>2</sup>, kjer bomo pokazali vpliv spreminjanja posameznega parametra formule EOQ na povečanje skupnih stroškov v podjetju X. Pri tem bomo izpeljali "univerzalno" enačbo odvisnosti med relativno spremembo posameznega parametra in relativnim povečanjem skupnih stroškov. Rezultat je z vidika uporabnosti formule EOQ zelo ugoden, kar kaže na stabilno obnašanje modela zalog.

Izračunana optimalna količina naročila –  $q^*$ , dobljena na podlagi Harris-Wilsonove formule, se le malo razlikuje od optimalne količine naročila, dobljene na podlagi bolj sofisticiranih matematičnih pristopov (tradicionalni pristop s povprečnimi stroški in pristop s tokom anuitet oz. pristop maksimiranja neto sedanje vrednosti), kar omogoča široko uporabo Harris-Wilsonove formule (Ferber, 1998, str. 20–26, str. 123; Grubbström, 1994, str. 299–304).

Struktura poglavij diplomskega dela je naslednja. V prvem poglavju bomo najprej predstavili teorijo zalog, njen razvoj ter funkcije in vrste zalog. Ker imamo v literaturi opravka z različnimi modeli zalog, bomo poskušali klasificirati posamezne modele zalog glede na njihove karakteristike, na koncu poglavja bomo pogledali tudi posamezne vrste stroškov.

Zaradi vse ostrejšše konkurence na trgu se podjetja poslužujejo različnih metod racionalizacije poslovanja, ena izmed takšnih konkurenčnih prednosti so tudi oskrbovalne verige, ki jih predstavljamo v drugem poglavju.

Tretje poglavje bomo začeli s predstavitvijo podjetja X, v nadaljevanju bomo prikazali analizo ABC in izračunali stroške, relevantne za našo analizo, na koncu pa bomo izračunali tudi pričakovane vrednosti in mere variabilnosti za povpraševanje po proizvodih J, K in L.

V četrtem poglavju predstavljamo deterministična modela ekonomske količine naročila, osnovni model EOQ in model EOQ, ko vpeljemo količinski popust. Poleg izpeljave obeh modelov si bomo pogledali tudi praktični primer uporabe omenjenih dveh modelov v podjetju X. Rezultati občutljivostne analize, ki jih bomo prikazali v nadaljevanju, so z vidika ravnanja zalog zelo ugodni. Skupni stroški se namreč relativno le malo povečajo, ko spreminjamo posamezne parametre  $q$ ,  $K$ ,  $D$  in  $h$ . Proti koncu poglavja si bomo pogledali tudi razloge, zakaj modela ekonomske količine proizvodnje in modela EOQ z odloženo prodajo nismo vključili v našo analizo.

Stohastični model ekonomske količine naročila bomo na konkretnem primeru podjetja X obravnavali v petem poglavju, kjer se bomo vprašali, kolikšna je optimalna količina naročila

---

<sup>2</sup> Občutljivostna analiza je slovenski prevod angleške besede sensitivity analysis.

in kdaj naj sprožimo naročilo. V zadnjem razdelku so opisani predpogoji za uspešno ravnanje z zalogami in implementacija modelov zalog.

## 1. Teorija zalog

Vsako podjetje, v vseh vejah gospodarstva, se sooča s problemom ravnanja zalog, zato se lahko vprašamo, zakaj naj sploh imamo oziroma vzdržujemo zaloge. Razlogov za vzdrževanje zalog je več, zato naj naštejemo le nekatere. Osnovni razlog leži v povpraševanju, saj ne moremo natančno predvideti, kdaj se bo povpraševanje pojavilo (negotovost povpraševanja), pa četudi nam to uspe, je proizvodnja takrat lahko fizično neizvedljiva. Naslednji razlog za ravnanje z zalogami je ekonomski, saj bi si težko predstavljali trgovino, kjer bi prodajalec za vsak posamezen proizvod poklical proizvajalca ali trgovca in pri njem naročil naš proizvod. Po drugi strani pa pretiravanje z zalogami tudi ni smiselno, zato je eno izmed osrednjih vprašanj: koliko enot posameznega proizvoda naj podjetje vsakokrat naroči. Naslednji ekonomski razlog je cena surovin, saj vemo, da cene surovin skozi leto nihajo, zato jih kupimo, ko je cena nizka, ko je cena visoka pa koristimo zaloge. Lahko se nam tudi zgodi, da nekaterih surovin v določenem obdobju sploh ne moremo kupiti (npr. nekaterih kmetijskih proizvodov), kar predstavlja naslednji, tokrat tehnični razlog za vzdrževanje in ravnanje z zalogami ...

Zato se zalogam, predvsem iz ekonomskih in tehničnih razlogov, ne moremo izogniti. Z zalogami se moramo spoprijeti tako, da imamo čim manjše zaloge in s tem tudi čim manjše stroške, po drugi strani pa moramo vzdrževati zadovoljivo raven oskrbovanja vseh porabnikov, kar pomeni čim višje zaloge. V ta namen moramo najti ravnotežje med konfliktnima ciljema, zato se nam pri tem zastavljata dve temeljni vprašanji: **kolikšna je optimalna količina naročila in kdaj naj sprožimo naročilo**. Ti dve vprašanji sta ključni, ne glede na kompleksnost modela, zato bomo pri empirični preverbi modelov poskušali odgovoriti ravno na ti dve vprašanji. Tudi različni avtorji iz različnih obdobj so si o tem enotni (Hadley & Whitin, 1963, str. 1; Winston, 1997, str. 869; Axsäter, 2000, str. 2; Anderson, 1985, str. 430).

### 1.1 Razvoj teorije zalog in formule EOQ

Čeprav je problem ravnanja z zalogami star prav toliko kot zgodovina, smo bili šele na začetku prejšnjega stoletja priča prvim poskusom reševanja problemov zalog. Prva pobuda za reševanje je prišla iz inženirskih krogov večjih korporacij, prava potreba po analizi zalog pa je prišla iz serijske proizvodnje, kjer so zagonski stroški visoki, proizvodi pa hranjeni v skladišču. Formulo ekonomične količine naročila je prvi izpeljal Ford Harris, leta 1915. Analogno formulo je za njim povsem neodvisno razvilo še mnogo avtorjev, med prvimi R. H. Wilson, ki jo je tudi uspešno prodajal večjim podjetjem. V literaturi jo je zato moč zaslediti tudi pod imenom Hariss-Wilsonova formula. Prvo knjigo, ki je v celoti obravnavala problem



zalog, je izdal F. E. Raymond in je bila namenjena zgolj praktični uporabi formule EOQ (Hadley & Whitin, 1963, str. 2–4).

Šele po drugi svetovni vojni se je pojavila znanstvenoraziskovalna dejavnost, v okviru operacijskih raziskav (Operations Research in Management Science), ki je do danes ohranila svoje ime in namen. Danes so operacijske raziskave veda, ki se ukvarja z raziskovanjem in reševanjem vprašanj ravnanja in koordinacije procesov v okviru določene organizacije, z namenom pomagati vodilnim ljudem pri njihovem odločanju. Pri tem se poslužuje znanstvenih metod analize in modeliranja, saj za konkretne probleme išče primerne teoretične modele. V modelih se največkrat uporabljajo matematične ali statistične metode (linearno programiranje, teorija iger, teorija odločitev, markovske verige, dinamično programiranje, računalniške simulacije itd.) (Peterle, 2002, str. 3).

V obdobju po drugi svetovni vojni je bila pozornost preusmerjena v stohastične modele, saj so do takrat z izjemo Wilsona razvijali le deterministične modele zalog. Zanimivo je tudi, da ekonomisti niso prvi prevzeli aktivne vloge v reševanju problemov zalog, čeprav je ravnanje z zalogami domena ekonomistov. Razlog za pomanjkanje interesa leži v dejstvu, da so se ekonomisti tisti čas ukvarjali s statičnimi modeli ravnotežja. Prva dela na področju ravnanja z zalogami z resnejšo matematično analizo so napisali: Harris, Arrow, Marschak, katerim so sledili še Dvoretzky, Kiefer in Wolfowitz. Za njimi so se zvrstili še mnogi avtorji, ki so, eni bolj drugi manj, zaslužni za celotno zbirko del, ki nam je danes na voljo.

## 1.2 Funkcije in vrste zalog

Poglejmo si nekatere funkcije zalog (Levin, 1982, str. 252):

1. izglajuje neredne dobave; žetev tobaka je npr. enkrat letno v poznih poletnih mesecih, proizvodnja cigaret in cigar, katerih glavna sestavina je tobak, pa poteka skozi vse leto;
2. omogoča nabavo in proizvodnjo v večjih količinah oziroma serijah; če npr. povpraševanje po določenem proizvodu ne more slediti proizvodnji, imamo opraviti s presežno ponudbo, zato je smiselna proizvodnja v serijah;
3. omogočiti proizvodnjo, ko dobava proizvoda ni možna; zaradi nezmožnosti dobave proizvoda skozi vse leto, kot so npr. kmetijski proizvodi, se proizvod nabavi v času žetve in shrani v zalogo za obdobje, ko dobava ni mogoča;
4. omogoča zalogo delovne sile; pri proizvodnji ogrevalnih enot, za katere je povpraševanje predvsem jeseni, zaposleni proizvajajo te enote vse leto, zato jeseni, ko se pojavi presežno povpraševanje, koristijo zaloge delovne sile, ki je bila vložena preko leta.

Med opisom posameznih vrst zalog smo v literaturi zasledili tudi naslednje definicije (Potočnik, 2002, str. 247–254).

**Minimalna zaloga** je zaloga materiala, ki še omogoča proizvodnjo ali prodajo. V skrajnem primeru so zaloge lahko enake nič.

**Varnostna zaloga** je rezerva, ki jo ima podjetje za premostitev nepričakovanih dogodkov.

**Signalna zaloga** je tista količina zaloge, pri kateri sprožimo novo naročilo. Naročilo naj bi prišlo ravno takrat, ko zaloge dosežejo varnostno raven.

**Maksimalna zaloga** je največja zaloga, do katere je še gospodarno uskladiščevati material.

**Povprečno zalogo** izračunamo kot ponderirano povprečje različnih nivojev zalog v določenem obdobju. Točno vrednost dobimo z integriranjem funkcije nivoja zalog v tem obdobju.<sup>3</sup>

**Aktivna zaloga** je dinamični del zalog, ki se vedno spreminja in je praviloma v povprečju enaka polovici ekonomične količine naročila.

**Optimalno zalogo** je najtežje določiti, zato lahko rečemo, da ne sme biti ne prenizka ne previsoka. Optimalna zaloga ni statična, ampak je dinamična in je ne moremo natančno izračunati. Dejansko gre za **optimalno gibanje zalog**, ki zagotavlja smotrno in časovno usklajeno oskrbo porabnikov pri čim nižjih stroških.

### 1.3 Klasifikacija modelov zalog

Razvoj teorije zalog sega na začetek prejšnjega stoletja. Od preteklega stoletja do danes se je v literaturi pojavilo veliko število modelov, ki so se dopolnjevali in nadgrajevali. V svojih delih različni avtorji (npr. Hadley & Whitin, 1963; Shogan, 1988, str. 627–631; Winston, 1997; Axsäter, 2000) različno povezujejo modele zalog. Najpomembnejše karakteristike, na podlagi katerih avtorji razvrščajo modele v posamezne skupine, so:

- ali je povpraševanje deterministično ali stohastično;
- ali je proizvodni sistem enonivojski ali večnivojski;
- ali so proizvodi med seboj odvisni ali neodvisni;
- ali so dobavni odlogi deterministični ali stohastični;
- ali je pregled zalog sproten ali periodičen;
- ali obsega časovni horizont, v katerem obravnavamo zaloge, eno ali več obdobj;
- ali imamo proizvodni ali distribucijski sistem zalog;
- ali je sistem zalog obravnavan statično ali dinamično.

---

<sup>3</sup> Povprečna vrednost ali aritmetična sredina funkcije nivoja zalog  $f(x)$  na intervalu  $[a, b]$  je enaka (Bronstein, 1997, str. 328):

$$m = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx.$$

## 1.4 Opredelitev stroškov

Pri analizi teorije zalog je pomembna opredelitev vseh relevantnih stroškov. Avtorji so si tu bolj enotni, zato imamo v splošnem štiri tipe stroškov.

**Nabavni stroški (purchasing costs)** so variabilni stroški in predstavljajo zmnožek med nabavno ceno in količino nabavljenega proizvoda. Pri tem moramo paziti, saj nabavna cena lahko vključuje tudi strošek transporta, dela, zavarovanja itd. Pri tem si podjetja lahko pomagajo z zbirko mednarodnih klavzul Incoterms.<sup>4</sup>

**Stroški naročil (ordering costs) in zagonski stroški (setup costs).** Stroški naročil so fiksni stroški, neodvisni od količine naročila, in jih predstavljajo administrativni stroški (papir, energija, poština, telefon, delovna sila), stroški prevzema in kontrole blaga v skladišče in lahko tudi del transportnih stroškov. Zagonski stroški ali stroški priprave proizvodnje so prav tako fiksni stroški in neodvisni od velikosti proizvodnje (npr. administrativni stroški, strošek priprave proizvodnje).

**Stroški vzdrževanja zalog (holding costs)** so stroški na enoto proizvoda v določenem obdobju in jih sestavljajo stroški kapitala, vezanega v zaloge, strošek skladiščenja (bruto plače zaposlenih, vzdrževanje in varovanje skladišča, strošek sistema za vodenje evidenc), strošek zavarovanja zalog, strošek poškodovanih, pokvarjenih in ukradenih zalog, stroški zastaranja, strošek inventur ...

**Strošek nezaloženosti ali presežnega povpraševanja (shortage costs)** delimo na stroške odloženih prodaj in na stroške izgubljenih prodaj. Pri izgubljenih prodajah so stroški višji in vključujejo med drugim izgubo marže, dobrega imena in izgubo morebitnih bodočih prodaj. Pri odloženih prodajah predpostavljamo "le" izgubo dobrega imena in morebitne izgube bodočih prodaj. Te stroške je izredno težko določiti, saj je realnost ponavadi nekje med obema ekstremoma.

V naslednjem poglavju si bomo pogledali danes vse bolj pomembno področje logistike in oskrbovalnih verig, saj smo v času globalizacije priča raznoraznim strateškim partnerstvom med posameznimi organizacijami, s ciljem racionalizacije celotne oskrbovalne verige, pri tem pa pridobiti konkurenčno prednost pred tekmeci.

## 2. Sodobno pojmovanje logistike in oskrbovalnih verig

Beseda logistika se je v gospodarstvu začela uporabljati razmeroma pozno, po drugi svetovni vojni. V gospodarstvo so jo najprej vpeljali vojaki, kjer se je pojem logistike tudi pojavil in razvil. V vojski je namreč logistika pomenila oskrbovanje vojakov z materialom, hrano, strelivom ... Šele v sedemdesetih letih se je logistika uveljavila v teoriji in praksi, ko je

---

<sup>4</sup> Incoterms je zbirka mednarodnih trgovskih klavzul, ki določajo standardna pravila o dobavi in prevozu blaga, ter s tem povezanim tveganjem in stroški (prevoz, zavarovanje), ureditev dokumentov in prenos lastninske pravice. Klavzule se uporabljajo, če jih v pogodbeni določila sprejmeta oba pogodbeni partnerja (Potočnik, 2002, str. 389).

zaživela tudi znanstvenoraziskovalna dejavnost. Pojem logistike se ne uporablja enotno, zato poznamo različne pristope (Oblak, 1997, str. 17–25):

1. glede na dejavnost: transportna, skladiščna, špedicijska, distribucijska, nabavna logistika ...;
2. glede na področje uporabe: industrijska, vojaška, poslovna, marketinška logistika ...;
3. glede na področje opazovanja: mikrologistika, makrologistika, podjetniška logistika ...

Do sredine 80. let prejšnjega stoletja je bila logistika pojmovana kot vodenje skladiščenja in transporta. Vodja logističnih operacij je optimaliziral svoje aktivnosti v podjetju neodvisno od ostalih poslovnih funkcij, neozirajoč se na dodano vrednost proizvodov in dobičkonosnost celotnega podjetja. Logistika je bila v preteklem pojmovanju podjetja zazrta navznoter, v proizvodnjo posameznega podjetja (Potočnik, 2002, str. 214).

Dandanes je logistika povezovalni proces, ki zajema celotno oskrbovalno verigo in zajema vse materialne tokove: tok nabavljenega materiala, tok v proizvodnem procesu in tok izdelkov do kupcev. Sodobno pojmovanje logistike lahko opredelimo kot strateško usmerjanje gibanja in skladiščenja materiala, sestavnih delov in končnih izdelkov s ciljem, prispevati k dobičkonosnosti podjetja in učinkovitemu izpolnjevanju naročil kupca (Potočnik; 2002, str. 214–215).

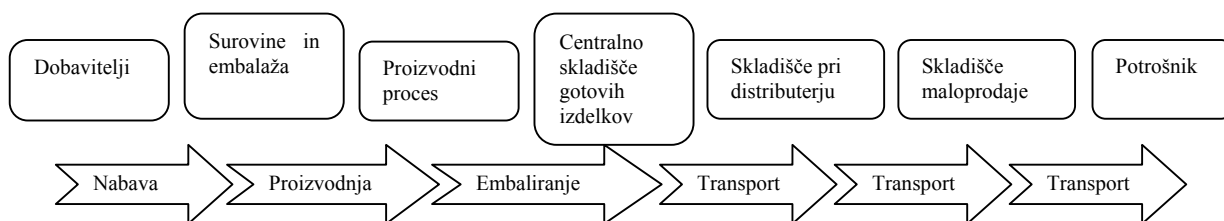
Cilj ravnanja z zalogami kot tudi oskrbovalnih verig je uravnovesiti konfliktne cilje posameznih poslovnih funkcij. Vse prepogosto se v podjetjih še vedno dogaja, da se posamezne poslovne funkcije, kot npr. nabavna, proizvodna, prodajna, optimalizirajo neodvisno ena od druge. To seveda ni mogoče, saj je potrebno ravnanje z zalogami gledati z vidika celotne organizacije, ali še dlje, z vidika celotne oskrbovalne verige. S tem ne bomo samo minimalizirali stroškov ali maksimalizirali dobička, s tem bomo tudi minimalizirali postrežni čas (Potočnik, 2002, str. 217). Ravnalci zalog v okviru finančne funkcije bi zato želeli imeti čim manjše zaloge, saj bi ta denar lahko investirali, ravnalci nabavne funkcije pa bi si želeli velike nakupe, da bi dobili večji popust, s tem pa tudi večje zaloge. Ravnatelji proizvodne funkcije bi prav tako preferirali večje zaloge in s tem bolj tekočo proizvodnjo, po drugi strani pa večje serije proizvodov zaradi manjše izgube časa za pripravo posamezne serije. Ravnatelji prodajne funkcije pa bi si zaradi visokega nivoja zadovoljevanja kupcev želeli imeti visok nivo končnih zalog. Redkokdaj so rešitve trivialne, zato se poslužujemo različnih modelov zalog. V večini primerov so zaloge potrebne, prvič zaradi ekonomije obsega in drugič zaradi negotovosti. Še vedno pa večina organizacij lahko zniža nivo zalog brez povečanja stroškov z bolj učinkovitim pristopom pri ravnanju z zalogami in oskrbovalnimi verigami (Axsäter; 2000, str. 1).

Z razvojem moderne informacijske tehnologije v zadnjih desetletjih prejšnjega stoletja se je pojavila tudi možnost bolj sofisticiranega in učinkovitega ravnanja z oskrbovalnimi verigami. Za več ali manj vse organizacije v vseh sektorjih gospodarstva velja, da je problem

oskrbovalnih verig ključnega pomena. Oskrbovalne verige pojmuje širše od posamezne organizacije, saj predstavlja pot od surovin do končnega uporabnika – kupca (Potočnik, 2002, str. 215–217). Če govorimo o posamezni organizaciji, se le-ta začne pri dobavitelju in konča pri kupcu. Povezuje nabavo, kontrolo (kontrolno vhodnih materialov, kontrolno v proizvodnji in kontrolno končnih izdelkov), proizvodnjo, skladiščenje, transport in prodajo.

Strateški pomen tega področja je vse bolj priznan tudi s strani najvišjih managerjev oz. ravnalcev, ravnateljev. Celotne investicije v zaloge so ogromne, zato je ravnanje s kapitalom vezanim v proizvode<sup>5</sup> še kako pomembno. Večina organizacij se s temi problemi še ni dovolj resno spoprijela, kar je razvidno predvsem iz sposobnosti podjetij po znatnem znižanju stroškov materialnega toka (zalog). Po drugi strani pa opažamo, da prihaja do poslovnih povezav ali celo združevanj podjetij zaradi racionalizacije poslovanja in oskrbovalnih verig, kar podjetja dosežejo predvsem s strateškimi partnerstvi. Na sliki 1 si lahko pogledamo primer enostavne oskrbovalne verige, kamor je vključeno eno ali več podjetij.

Slika 1: Prikaz enostavne oskrbovalne verige



Vir: Lukan, 1999, str. 36.

Analizirajmo posamezne člene oskrbovalne verige, njihove stroške in dodano vrednost (Potočnik, 2002, str. 216–218).

**Dobavitelji** (in dobavitelji dobaviteljev) so prvi člen v verigi. Večina podjetij ima manjše število velikih dobaviteljev, ki skupaj dobavljajo 80 % vseh vhodnih materialov. Pogajanja in partnerstvo omogočajo podjetjem višje popuste, s tem nižje nabavne cene, večjo kakovost in zanesljivost dobav.

**Relacija dobavitelj – podjetje** je že ena izmed priložnosti za logistične prihranke na podlagi lokacije, časa in prevzema lastništva (v kateri fazi oskrbovalne verige podjetje vstopi v logistični proces). Pri strateškem partnerstvu z dobavitelji lahko podjetje zniža zalogo do 60 %, doseže stroškovne prihranke zaradi zmanjšanja števila dokumentov, izboljšanja kakovosti, nižjih nabavnih cen, opuščanja vhodne kontrole in hitrejšega pretoka informacij zaradi informacijskih povezav med obema partnerjema.

**Relacijo podjetje – distributerji** pojmuje kot ožji sistem distribucije. Sistem distribucije poskrbi za prenos končnih izdelkov od skladišč in distribucijskih centrov do prodajnega

<sup>5</sup> Pod pojmom proizvodi mislimo tako na surovine, pomožne materiale, polproizvode in končne proizvode.

mesta. Analiza distribucijskega sistema pokaže možnosti za znižanje stroškov zaradi znižanja zalog, manjših skupnih potrebah po skladiščnih prostorih, skrajšanja obračanja zalog, hitrejšega prevoza itd.

**Relacija prodajalec – potrošniki** je zadnja faza logističnega procesa in njegova gonilna sila.

Iz povedanega sledi, da se v podjetju X ne moremo omejiti samo na ravnanje z zalogami, ampak moramo podjetje opozoriti tudi na pomembnost oskrbovalnih verig. Kot smo ugotovili že zgoraj, so oskrbovalne verige pojmovane širše od posameznega podjetja in širše od posameznih poslovnih funkcij znotraj podjetja. Zato se mora podjetje najprej osredotočiti na ravnanje z zalogami v okviru podjetja, kar bomo podrobneje spoznali v nadaljevanju, zatem pa še izven meja podjetja, pri svojih dobaviteljih, distributerjih in končnih kupcih. Ne glede na položaj podjetja v oskrbovalni verigi, je vzpostavitev strateških partnerstev dolgotrajen proces, ki ga ne moremo doseči čez noč in temelji na obojestranskem zaupanju. Cilj takšnega partnerstva je izboljšana logistika in kakovost, razvijanje novih izdelkov, izmenjava informacij, skupna vlaganja, prevzem tveganj, trajnejša poslovna povezava in s tem medsebojno zaupanje, učenje med partnerji, zaščita pred prevzemi ... Podjetje mora v bodočem partnerstvu, če želi biti uspešno, videti predvsem skupne koristi in prednosti, sicer si vzajemnega sodelovanja ne znamo predstavljati. Na kakšen način in s kom bodo podjetja vzpostavila strateško partnerstvo, pa je odvisno od njih samih in od strateških partnerjev.

### 3. Prikaz osnovnih podatkov podjetja X potrebnih za nadaljnjo analizo

#### 3.1 Predstavitev podjetja X

Podjetje X je bilo ustanovljeno leta 1951, po velikosti spada med manjša podjetja in posluje kot delniška družba. Podjetje ima okoli 200 zaposlenih in letnega prometa za okoli dve milijardi tolarjev. Nekaj let pred ustanovitvijo je skupina tehnikov začela razvijati idejo o lastni proizvodnji, ki so jo kasneje uresničili pod okriljem skupine Y. Do leta 1970 je proizvajalo zgolj za domači trg, kasneje pa je vedno več svojih izdelkov izvozilo na zahtevne zahodne trge. Investicije in modernizacija proizvodnje so omogočile tranzicijo od velikoserijske proizvodnje manj kakovostnih proizvodov, do proizvodnje visokokakovostnih proizvodov za vnaprej znanega kupca. Danes se domala celotna proizvodnja izvozi, proizvaja pa se zgolj po naročilu. Po razpadu Jugoslavije v začetku devetdesetih se je leta 1992 podjetje privatiziralo in v obdobju do leta 2000 pridobilo dva certifikata kakovosti, in sicer ISO 9001 in ISO 14001.<sup>6</sup>

---

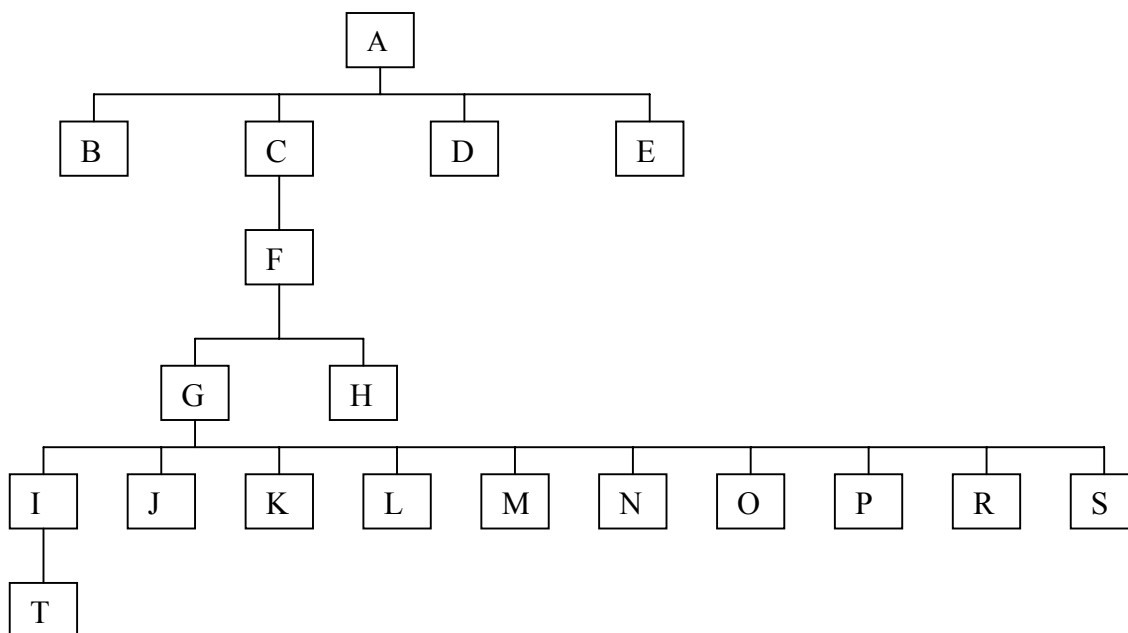
<sup>6</sup> Pri prvem gre za mednarodni konsenz o dobri poslovni praksi s ciljem zagotoviti organizaciji, da skozi daljše časovno obdobje zagotavlja svojim strankam kakovostne proizvode ali storitve, pri drugem pa zahtevamo okoljevarstveno poslovanje podjetja, ali z drugimi besedami, v podjetju si prizadevajo narediti vse, da bodo s svojimi aktivnostmi okolju prijazni, saj je to konkurenčna prednost (URL: <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/index.html>).

Podjetje je razdeljeno v osem sektorjev: sektor marketinga in prodaje, sektor za raziskave in razvoj, proizvodni sektor, sektor avtomatizacije, sektor za finance in računovodstvo, sektor za zagotavljanje in kontrolo kakovosti, nabavni sektor in kadrovske sektor. Kot lahko vidimo, nimajo posebnega sektorja za logistiko, s katerim bi lahko ustvarili povezavo med posameznimi poslovnimi funkcijami in ustvarili boljše okolje za sodelovanje s strateškimi partnerji.

### 3.2 Osnovni podatki podjetja X

V podjetju X proizvedejo letno približno 52 milijonov končnih proizvodov, kar znaša približno 4,3 milijone mesečno. Ker se končni proizvodi med seboj razlikujejo, bomo predpostavili, da podjetje proizvaja le en "hipotetični" proizvod A, ki smo ga določili na podlagi celoletne porabe posameznih proizvodov in celoletne proizvodnje različnih končnih proizvodov podjetja X. Slika 2 prikazuje drevesno strukturo za proizvod A, ki vsebuje deset surovin, štiri nedokončane proizvode (polizdelke) in štiri pomožne materiale.

Slika 2: Drevesna struktura proizvoda A



Vir: Sestavljeno na podlagi internega gradiva podjetja X.

V tretjem stolpcu tabele 1 prikazujemo količinske potrebe po proizvodih za sliko 2.

V tabeli 1 prikazujemo posamezne proizvode od A do T, oznako posameznega proizvoda, količinsko potrebo po posameznem proizvodu, ki kaže koliko enot posameznega proizvoda potrebujemo za eno enoto proizvoda na višjem nivoju (tako npr. za eno enoto končnega proizvoda A potrebujemo 0,00226 enote proizvoda B in D, eno enoto proizvoda C in 0,0000556 enote proizvoda E). V tabeli prikazujemo tudi merske enote, dobavne odloge,

letne porabe proizvodov, cene proizvodov in letne stroške proizvodov, ki so tudi podlaga za analizo ABC.<sup>7</sup>

Iz tabele 1 lahko vidimo tudi, da je dobavni odlog za pomožne materiale in surovine dan v dnevih, za polizdelke in končni proizvod pa v sekundah. Dobavni odlog za pomožne materiale in surovine je čas od sprožitve naročila do prejema blaga na skladiščno mesto. Dobavni odlog za polizdelke pa je določen za en proizvod in proizvodne norme, ki je v podjetju za posamezen proizvod dana. Za dobavni odlog proizvoda A smo upoštevali odlog proizvoda z največjim prometom. Proizvodnja polizdelkov obsega štiri proizvodne faze, peta je proizvodna faza končnega proizvoda A. Dobavni odlog pri proizvodnji se začne s pripravo proizvodnje in konča z odpremo proizvoda do naslednjega proizvodnega mesta.

Tabela 1: Prikaz osnovnih podatkov za posamezne proizvode

Proizvod	Oznaka proizv.	Količinska potreba proizvoda	ME – merska enota	$\tau$ – dobavni odlog	Letna poraba, proizvodnja	Cena na enoto (v SIT)	Vrednost letne porabe (v SIT)
A	KP	1	kos	0,3 s	51.941.343	/	/
B	PM	0,00226	kos	3 dni	117.380	6	704.280
C	PI	1	kos	2,9 s	51.941.343	/	/
D	PM	0,00226	kos	2 dni	117.380	20	2.347.600
E	PM	0,0000556	kos	2 dni	2.888	272	785.536
F	PI	1	kos	3,27 s	51.941.343	/	/
G	PI	1	kos	0,52 s	51.941.343	/	/
H	PM	$3,522 \times 10^{-6}$	kos	90 dni	183	66.713	12.208.479
I	PI	0,008435	kos*	60 s	438.125	/	/
J	S	0,00283	kg	30 dni	146.994	3.723	547.258.662
K	S	0,001484	kg	30 dni	77.060	1.855	142.946.300
L	S	0,00089	kg	45 dni	46.266	1.349	62.412.834
M	S	0,00564	kg	30 dni	292.960	145	42.479.200
N	S	0,00116	kg	30 dni	60.250	52	31.571.000
O	S	0,00104	kg	30 dni	54.038	382	20.642.516
P	S	0,00038	kg	7 dni	19.721	650	12.818.615
R	S	0,00026	kg	90 dni	13.488	221	2.980.848
S	S	0,00052	kg	30 dni	27.000	1.492	40.284.000
T	S	3,385	kg	3 dni	1.483.050	30	44.491.500

Legenda: KP – končni proizvod; PM – pomožni materiali; PI – polizdelki; S – surovine  
\* – pod pojmom kos razumemo model za vlivanje

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

<sup>7</sup> Dobavni odlog (lead time) je časovni interval med trenutkom naročila in trenutkom, ko prejmemo blago na skladiščno mesto ali na prodajno polico. Dobavni rok (delivery time) določa dobavitelj in je pojmovan ožje od dobavnega odloga, zato bomo uporabljali dobavni odlog skozi celotno diplomsko delo.



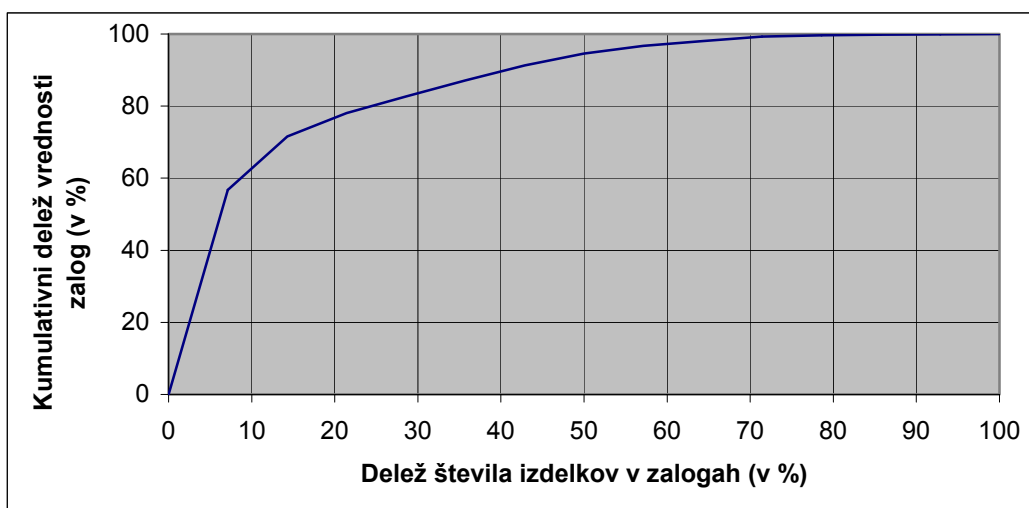
Skupne letne stroške materiala smo dobili iz letne porabe materiala in cene materiala, ki predstavljajo interne podatke podjetja X, uporabili pa jih bomo tudi pri našem naslednjem problemu, to je pri analizi ABC.

### 3.2.1 Analiza ABC

Analiza ABC se ukvarja s problemom ravnanja z zalogami, ki je tudi naše osrednje vprašanje. Imamo namreč podjetja, ki imajo v svojih skladiščih preko 10.000 proizvodov, razlika v ceni med proizvodi pa je precejšnja, zato bi bilo zelo nesmiselno posvečati enako pozornost vijaku, ki stane nekaj deset tolarjev, in na drugi strani letalskemu motorju, ki ima vrednost več deset milijonov tolarjev. Zato se je razvila analiza, kjer podjetje posamezne proizvode rangira glede na njihovo letno tolarško vrednost. Skupino proizvodov s 70 % letne tolarške vrednosti zalog naj bi predstavljalo le okoli 10 % vseh proizvodov v zalogah. To skupino proizvodov imenujemo proizvodi A. Skupina proizvodov B naj bi dosegala 20 % letne tolarške vrednosti zalog s 30 % vseh proizvodov, skupina C pa 10 % letne vrednosti zalog s 60 % vseh proizvodov (Levin, 1982, str. 254).

Različni avtorji navajajo različne vrednosti, zato si pogledjmo Winstona, ki pravi, da so proizvodi tipa A tisti, katerih skupna vrednost predstavlja 55–65 % letne tolarške vrednosti zalog in zajemajo od 5 % do 20 % vseh zalog, proizvodi tipa B so tisti z 20–40 % letne vrednosti zalog in jih je od 20 % do 30 % celotnih zalog, zadnji so proizvodi tipa C s 5–25 % letne tolarške vrednosti zalog in jih je od 50 % do 75 % vseh vzdrževanih zalog (Winston, 1997, str. 934).

Slika 3: Graf odvisnosti deleža letne tolarške vrednosti zalog od deleža proizvodov v zalogah



Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

S slike 3 lahko vidimo, da 10 % vseh proizvodov v zalogah akumulira okoli 65 % letne tolarške vrednosti zalog. Ti proizvodi so tipa A, tipa B so proizvodi s 25 % letne tolarške vrednosti zalog in jih je v skupnih zalogah 30 %. Zadnji tip proizvodov so proizvodi tipa C,

ki predstavljajo 10 % letne tolarske vrednosti zalog in jih je 60 % vseh proizvodov. Na podlagi analize ABC smo se odločili, da bomo poglobljeje pogledali proizvode J, K in L. Vsi trije proizvodi predstavljajo okoli 80 % letne tolarske vrednosti zalog, kar pomeni, da bomo tem proizvodom posvetili posebno pozornost, še posebej pa proizvodu J, ki predstavlja skoraj 60 % letne vrednosti zalog.

### 3.2.2 Predstavitev in izračun stroškov relevantnih za našo analizo

Za podjetje X smo na podlagi analize ABC v prejšnjem podpoglavju za nadaljnjo obravnavo izbrali proizvode J, K in L. Proizvod J, ki je z vidika letne vrednosti zalog najpomembnejši, nas bo spremljal skozi celotno analizo, proizvoda K in L pa bomo obravnavali v osnovnem modelu EOQ in v modelu s stohastičnim povpraševanjem. Za vse tri proizvode J, K in L, ki so za nas, kot smo že omenili, surovine, bomo izračunali strošek posameznega naročila in strošek vzdrževanja zalog za posamezen proizvod v obdobju enega leta. V tabeli 2 si najprej pogledajmo strošek naročila po posameznih proizvodih, zatem pa v tabeli 3 prikazujemo tudi izračun stroška vzdrževanja zalog za proizvode J, K in L.

Tabela 2: Izračun stroškov naročila K za posamezne proizvode J, K in L

Proizvod	J	K	L
Administrativni stroški (v SIT)	40.000	40.000	35.000
Stroški prevzema in kontrole blaga (v SIT)	45.000	45.000	35.000
Transportni in špedicijski stroški (v SIT)	115.000	115.000	30.000
<b>Strošek naročila K (v SIT)</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>	<b>100.000</b>

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

Strošek naročil v tabeli 2 sestavljajo: administrativni stroški, ki znašajo 40.000 SIT za proizvoda J in K in 35.000 za proizvod L, sledijo jim stroški prevzema in kontrole blaga s 45.000 SIT za proizvoda J in K ter 35.000 SIT za proizvod L. Transportni stroški znašajo 115.000 SIT in 30.000 SIT. Tako so celotni stroški posameznega naročila za proizvoda J in K enaki 200.000 SIT, za proizvod L pa so enaki 100.000 SIT. Pri vseh zgoraj omenjenih stroških gre za fiksne stroške, ki so neodvisni od količine naročila. Pri izračunavanju zgornjih kategorij stroškov moram dodati, da sem imel omejen dostop do podatkov podjetja, zato so tudi izračuni po posameznih kategorijah stroškov lahko netočni. Povsem točen izračun stroškov je tudi sicer, ko imamo na razpolago vse podatke, skoraj nemogoč ali pa predrag, zato bomo posebno pozornost posvetili občutljivostni analizi, s pomočjo katere si bomo ogledali, kako spremembe v posameznih stroškovnih parametrih K in h vplivajo na skupne stroške podjetja X. Že sedaj lahko povemo, da so rezultati občutljivostne analize, z vidika uporabnosti modela EOQ, ugodni.

Tabela 3: Izračun stroška vzdrževanja zalog za proizvode J, K in L

Proizvod	J	K	L
Oport. strošek kapitala vezanega v zaloge (v %)	13	13	13
Strošek zavarovanja zalog (v %)	1	1	1
Ostali stroški (v %)	1	1	1
$h = p_k \times I_k; k = J, K \text{ in } L$	$3.723 \times 0,15$	$1.855 \times 0,15$	$1.349 \times 0,15$
Strošek vzdrževanja enote proiz./leto – h (v SIT)	<b>558,5</b>	<b>278,3</b>	<b>202,4</b>

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

Strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto – h smo izračunali v tabeli 3 kot odstotek od nabavne cene posameznega proizvoda –  $p_k$ , pri čemer  $I_k$  predstavlja vzdrževalno obremenitev (inventory carrying charge). Vzdrževalna obremenitev nam pove, kolikšen del od nabavne vrednosti (cene) ene enote proizvoda predstavlja strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto – h. Zato lahko zapišemo:

$$h = p_k \times I_k; \quad k = J, K \text{ in } L.$$

Oportunitetni strošek kapitala, vezanega v zaloge, smo določili v višini 13 %, strošek zavarovanja v višini 1 % in ostali stroški prav tako v višini 1 % od nabavne cene posameznega proizvoda. Med ostalimi stroški pretežni del zavzemajo stroški skladiščenja, deloma tudi stroški inventur; stroške poškodovanih, pokvarjenih in ukradenih zalog ter stroške zastaranja pa smo zanemarili, saj je narava proizvodov takšna, da teh stroškov v podjetju X ni zaslediti. Razlog za izračun stroška vzdrževanja enote proizvoda na leto, kot odstotka od nabavne vrednosti proizvoda, je v poenostavitvi, pri čemer je napaka zanemarljiva. Tudi pri izračunavanju zgoraj obravnavanih stroškov ne morem mimo težav, s katerimi sem se soočal (predvsem pomanjkanje podatkov in informacij), ko sem izračunaval posamezne kategorije stroškov, zato tudi tu dopuščam odprto možnost za spremembe. Strošek vzdrževanja zalog je zato še razlog več za občutljivostno analizo, ki si jo bomo pogledali v poglavju 4.3.

### 3.2.3 Izračun pričakovane vrednosti, variance in standardnega odklona povpraševanja za proizvode J, K in L

V tem podpoglavju bomo izračunali pričakovane vrednosti, varianco in standardni odklon povpraševanja za proizvode J, K in L. Za pričakovano vrednost smo izbrali aritmetično sredino, ki jo bomo izračunali iz posameznih vrednosti, s pomočjo naslednje enačbe (Košmelj, 1997, str. 8):

$$\mu_y = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N y_i \right], \quad (1)$$

pri čemer je:  $\mu_y$  – aritmetična sredina mesečnega povpraševanja po posameznem proizvodu,  $N$  – število mesecev in  $y_i$  – dejanska poraba proizvoda v posameznem mesecu  $i$ .

Celoletno povpraševanje –  $D$  (v primeru, ko je povpraševanje deterministično) in pričakovano celoletno povpraševanje –  $E(\mathbf{D})$  bomo izračunali s pomočjo naslednje enačbe:

$$E(\mathbf{D}) = D = 12 \times \mu_y. \quad (2)$$

Varianco bomo prav tako izračunali iz posameznih mesečnih vrednosti, po naslednjem obrazcu (Košmelj, 1997, str. 10):

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)^2 \right], \quad (3)$$

in standardni odklon, ki je enak:

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2}, \quad (4)$$

pri čemer je  $\sigma_y^2$  – varianca in  $\sigma_y$  – standardni odklon mesečnega povpraševanja.

V podjetju X so mi priskrbeli podatke o mesečni porabi proizvodov J, K in L za leto 2002. Za leto 2003 in 2004 v podjetju ocenjujejo podobno porabo proizvodov, saj se v podjetju soočajo s polno zasedenimi zmogljivostmi in razmišljajo o povečanju proizvodnih kapacitet. Zato so izračunane vrednosti, ki jih predstavljam v tabeli 4, dober približek pričakovani porabi v letu 2003 in 2004, razen če v tem obdobju ne povečajo svojih proizvodnih zmogljivosti in s tem tudi porabe proizvodov J, K in L.

Tabela 4: Izračun pričakovanih vrednosti in mer variabilnosti povpraševanja za proizvode J, K in L na podlagi podatkov iz leta 2002

Proizvod	J	K	L
$\mu_y$ (kg)	12.249,5	6.421,7	3.855,5
$\sigma_y^2$	2.513.815	901.948	443.976
$\sigma_y$ (kg)	1.586	950	666
$E(\mathbf{D}) = D$ (kg)	146.994	77.060	46.266
$\tau$ (v dnevih)	30	30	45
$E(\mathbf{X})$ (kg)	12.082	6.334	5.704
$\sigma_x$ (kg)	1.586	950	816

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

Dejanske mesečne podatke in podrobnejše izračune prikazujem v prilogi 1 na koncu diplomskega dela.

Aritmetična sredina mesečnega povpraševanja za proizvod J je enaka 12.249,5 kg, za proizvod K je enaka 6.421,7 kg in za proizvod L 3.855,5 kg. Standardni odklon mesečnega povpraševanja je za proizvod J enak 1.586 kg, za proizvod K 950 kg in za proizvod L 666 kg. Celoletno povpraševanje – D in pričakovano celoletno povpraševanje – E(D) smo izračunali iz enačbe (2) in za proizvod J dobili 146.994 kg, za proizvod K 77.060 kg in za proizvod L 46.266 kg.

X je slučajna spremenljivka, ki predstavlja povpraševanje na intervalu  $(t, t + \tau]$  s pričakovano vrednostjo, varianco in standardnim odklonom  $E(X)$ ,  $\sigma_x^2$  in  $\sigma_x$ . V stohastičnem modelu točke ponovnega naročila bomo potrebovali pričakovano vrednost in standardni odklon povpraševanja v času dobavnega odloga. Pričakovana vrednost povpraševanja v času dobavnega odloga za proizvod J je enaka 12.082 kg (in je izračunana iz enačbe (26) v poglavju 5), za proizvod K je enaka 6.334 kg in za proizvod L 5.704 kg. Standardni odklon povpraševanja v času dobavnega odloga –  $\sigma_x$  smo za proizvod J ocenili na 1.586 kg, za proizvod K na 950 kg in za proizvod L na 816 kg. Ker je dobavni odlog za proizvoda J in K enak 30 dni, kar je približno enako enemu mesecu, smo za  $\sigma_x$  izbrali kar  $\sigma_y$ , ki predstavlja standardni odklon mesečnega povpraševanja. Pri izračunu standardnega odklona za proizvod L pa smo uporabili naslednjo enačbo (Winston, 1997, str. 913):

$$\sigma_x = \sigma_y \sqrt{\frac{L}{30}} = 666 \sqrt{\frac{45}{30}} = 816, \quad (5)$$

s pomočjo katere smo izračunali iskano količino  $\sigma_x$  za proizvod L.

Pri nadaljnji analizi različnih modelov zalog, najprej determinističnih nato še stohastičnih, bomo podrobno spremljali le proizvod J, proizvoda K in L pa bomo obravnavali pri osnovnem determinističnem modelu EOQ in pri modelu s stohastičnim povpraševanjem. Povsem enako kot bomo obravnavali proizvod J, bi lahko obravnavali tudi ostala dva proizvoda K in L, zato smo nepotrebno ponavljanje izračunov izpustili.

#### 4. Deterministični modeli ekonomične količine naročila

Vsem obravnavanim determinističnim modelom je skupno vnaprej znano povpraševanje, za razliko od stohastičnega povpraševanja, kjer povpraševanja vnaprej ne poznamo, napovedujemo lahko le povpraševanje z manjšo ali večjo verjetnostjo. Deterministični modeli so zato razmeroma enostavni za reševanje in pod določenimi predpostavkami tudi hitro rešljivi. Poglejmo si nekaj najpogosteje uporabljenih modelov s primeri v podjetju X.

#### 4.1 Osnovni model ekonomične količine naročila

Da osnovni model ekonomične količine naročila lahko izpeljemo, moramo vpeljati določene predpostavke (Winston, 1997, str. 871):

1. povpraševanje je enakomerno in deterministično;
2. kadar je sproženo naročilo v velikosti  $q$ , se pojavijo stroški naročila  $K$ ;
3. dobavni odlog za posamezno naročilo je enak nič, oziroma nam je poznan z gotovostjo;
4. nezaloženost s proizvodi ni dovoljena;
5. strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto je enak  $h$ ;
6. pregledovanje zalog je sprotno.

Definirajmo  $D$  kot povpraševanje po določenem proizvodu v enem letu. Če upoštevamo prvo zgoraj omenjeno predpostavko, potem velja, da je povpraševanje kadarkoli na intervalu dolžine  $t$  enako  $tD$ , pri čemer je  $t \in [0, \infty)$ . Strošek naročila  $K$  je dodatni strošek, poleg nabavnih stroškov posameznega proizvoda  $pq$ . Pri tem predpostavljamo, da je cena  $p$  neodvisna od količine naročila  $q$ . To izključuje možnost popustov na količino, ki jih bomo v nadaljevanju uvedli in s tem dodali novo predpostavko. Tretja predpostavka govori o tem, da je naročilo dostavljeno v trenutku naročila oziroma da imamo dobavni odlog, ki nam je poznan z gotovostjo. Predpostavka štiri pravi, da ne smemo imeti presežnega povpraševanja, kar pomeni, da zaloge ne smejo biti negativne (nezaloženost s proizvodi). Predzadnja predpostavka pravi, da je strošek vzdrževanja enote proizvoda za obdobje enega leta enak  $h$  in je enako, kot če držimo dve enoti proizvoda pol leta ali dvanajst enot proizvoda en mesec. Nazadnje še predpostavimo, da je pregledovanje zalog sprotno.

Osnovni model ekonomične količine naročila izpeljemo iz celotnih letnih stroškov, ki jih sestavljajo letni strošek naročil, letni stroški vzdrževanja zalog in enoletni nabavni strošek proizvoda. Formula celotnih stroškov je (Winston, 1997, str. 874):

$$TC(q) = \frac{KD}{q} + \frac{qh}{2} + pD. \quad (6)$$

Če želimo minimalizirati celotne stroške, moramo zgornjo enačbo odvajati in izenačiti z nič. S tem dobimo:

$$TC'(q) = -\frac{KD}{q^2} + \frac{h}{2} = 0. \quad (7)$$

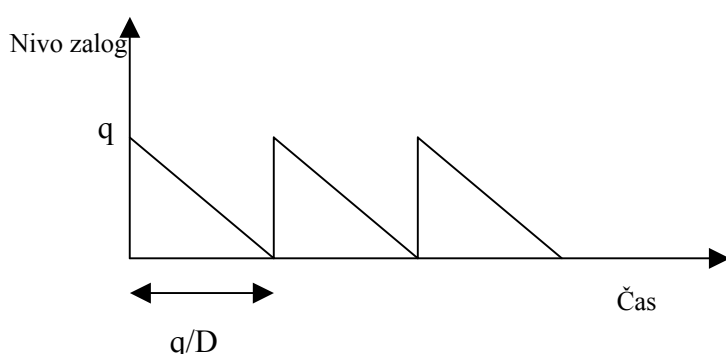
Iz tega sledi:

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}, \quad (8)$$

pri čemer velja: TC – celoletni stroški,  
K – strošek posameznega naročila,  
D – letno povpraševanje po proizvodu,  
h – strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto,  
p – cena proizvoda,  
q\* – optimalna količina naročila.

Poglejmo si, zakaj so letni stroški naročil, stroški vzdrževanja zalog in nabavni stroški ravno taki, kot so zapisani v enačbi (6). Letni stroški naročil so sestavljeni iz stroška posameznega naročila – K in števila naročil v enem letu –  $D/q$ , kjer je D letno povpraševanje po določenem proizvodu in q vsakokratna količina naročila. Če bi bilo povpraševanje samo za eno leto, bi morali izračun  $D/q$  zaokrožiti na najbližje celo število, ker pa predpostavljamo, da je povpraševanje deterministično in poteka enakomerno skozi daljše obdobje od enega leta, izračuna ne bomo zaokrožili. Naslednji so stroški vzdrževanja zalog, ki jih določimo na podlagi zmnožka povprečnega stanja zalog v enem letu  $q/2$  in stroška vzdrževanja enote proizvoda na leto – h. Slika 4 prikazuje gibanje zalog v času t za osnovni model EOQ. Hitro lahko vidimo, da je povprečno stanje zalog za osnovni model EOQ enako  $q/2$ , letni strošek vzdrževanja zalog pa je enak  $qh/2$ . Zadnji stroški so nabavni stroški, ki jih dobimo z zmnožkom cene proizvoda in letnega povpraševanja D. Ti stroški pri osnovnem modelu EOQ ne vplivajo na  $q^*$ , saj od njih niso odvisni. Že v naslednjem modelu bomo dodali novo predpostavko, kjer bo cena proizvoda odvisna od količine naročila.

Slika 4: Prikaz gibanja zalog skozi čas pri osnovnem modelu EOQ



Vir: Axsäter, 2000, str. 31.

Zgoraj smo že odgovorili na prvo temeljno vprašanje, ki smo si ga zastavili, in sicer: kolikšna je optimalna količina naročila. Poglejmo si še odgovor na vprašanje: kdaj naj sprožimo naročilo. Na začetku izpeljave osnovnega modela EOQ smo predpostavili, da je dobavni

odlog za posamezno naročilo enak nič, kar pomeni, da sprožimo naročilo šele, ko zaloge dosežejo ničelno raven. Čas med posameznimi naročili –  $T$  (v dnevih) izračunamo kot razmerje med vsakokratno količino naročila  $q$  in celoletnim povpraševanjem  $D$  ter pomnožimo s 365 (glej sliko 4). Zato je:

$$T = \frac{q}{D} \times 365. \quad (9)$$

Tudi če dobavni odlog ni enak nič, to ne spremeni optimalne količine naročila iz enačbe (8), za nas je pomembno le, da dobavni odlog poznamo z gotovostjo (se pravi, da je determinističen). V tem primeru glede na dolžino dobavnega odloga sprožimo naročilo toliko prej, da ko zaloge dosežejo ničelno raven, prejmemo naročeno količino (predpostavljamo enakomerno in deterministično povpraševanje tudi v času dobavnega odloga). Točko ponovnega naročila –  $\check{r}_0$  izračunamo s pomočjo naslednjega obrazca:

$$\check{r}_0 = \frac{\tau \times q}{T} = \frac{\tau \times D}{365}, \quad (10)$$

pri čemer je:  $\tau$  – dobavni odlog za posamezen proizvod (v dnevih). Če je  $\check{r}_0 \geq q$ , moramo namesto  $\check{r}_0$  izbrati  $r_0 = \check{r}_0 - nq$ , pri čemer moramo zadostiti dvema pogojema, in sicer, da je  $n$  – naravno število ( $n \in \mathbf{IN}$ ) in da je  $r_0$  večji ali enak nič in manjši od  $q$  ( $0 \leq r_0 < q$ ).

Zato moramo najprej izračunati točko ponovnega naročila –  $\check{r}_0$  iz enačbe (10) in če  $\check{r}_0$  zadošča pogoju  $0 \leq \check{r}_0 < q$ , je to že optimalna točka ponovnega naročila za primer osnovnega modela EOQ. V nasprotnem primeru, ko je  $\check{r}_0 \geq q$ , moramo izračunani vrednosti  $\check{r}_0$  odšteti zmnožek med količino naročila  $q$  in naravnim številom  $n$ , tako da  $r_0$  zadošča pogoju  $0 \leq r_0 < q$ . Razlog za korekcijo enačbe (10) leži v dejstvu, da zaloge niso nikoli večje od  $q$ . V nadaljevanju si bomo pogledali praktični primer uporabe osnovnega modela EOQ, pri tem pa bomo podali tudi odgovor na temeljni vprašanje.

#### 4.1.1 Primer uporabe osnovnega modela EOQ v podjetju X

Enačbo optimalne količine naročila (8) bomo sedaj uporabili v podjetju X. V poglavju 3.2.2 in 3.2.3 smo za podjetje X izračunali strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto –  $h$ , strošek posameznega naročila –  $K$  in letno povpraševanje po posameznem proizvodu –  $D$ , ki je dano in je enakomerno. Na podlagi  $h$ ,  $K$  in  $D$  lahko z uporabo osnovnega modela EOQ določimo optimalno količino naročila in jo primerjamo z dejansko. V tabeli 5 so podani rezultati izračunov za proizvode J, K in L, ki so bili izbrani na podlagi analize ABC v prejšnjem poglavju 3.2.1.



Tabela 5: Primer uporabe formule  $q^*$  in  $r_o$  v podjetju X

Proizvod	J	K	L
D (kg)	146.994	77.060	46.266
h (SIT)	558,5	278,3	202,4
K (SIT)	200.000	200.000	100.000
$q^*$ (kg)	<b>10.260</b>	<b>10.524</b>	<b>6.761</b>
q – dejanska	8.000	10.000	22.000
T (v dnevih)	25	49	53
$\tau$ (v dnevih)	30	30	45
$\check{r}_o, (r_o)$ (kg)	12.082 ( <b>1.822</b> )	<b>6.334</b>	<b>5.704</b>

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

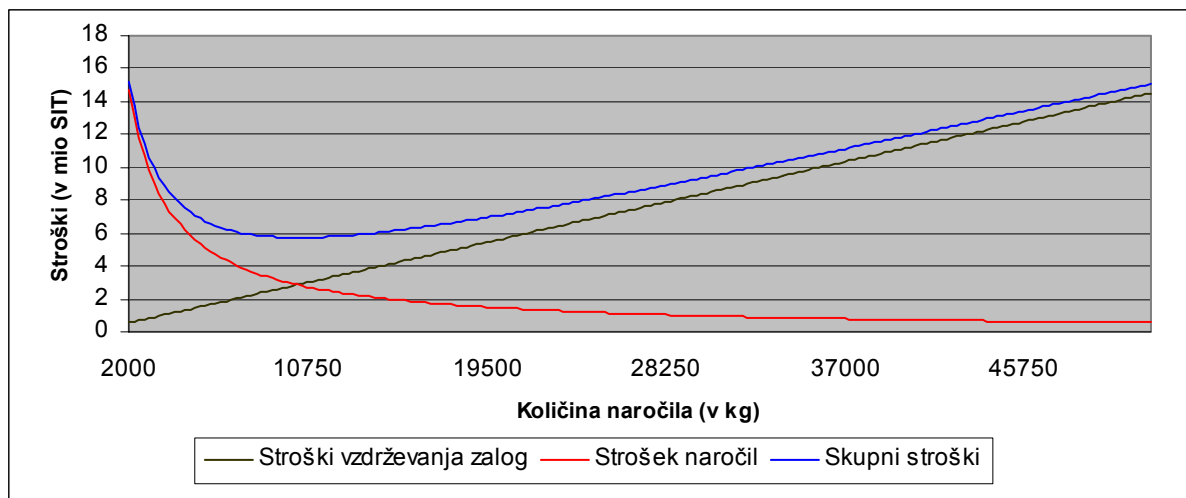
Izračunana optimalna količina naročila za proizvod J je nekoliko višja od dejanske, kar pa ne vpliva bistveno na skupne letne stroške naročil in vzdrževanje zalog. Letni skupni stroški se zaradi izbire neoptimalne količine naročila relativno povečajo le za dobre 3 % (izračunano iz enačbe (17) v nadaljevanju). Podjetje bi lahko povečalo dejansko količino naročila z 8.000 na 10.260, pri tem pa bi morale paziti najprej na skladiščne kapacitete, na morebitne spremembe v stroškovnih parametrih, kjer so le-ti odvisni od količine naročila, in na ostale predpostavke modela. Za proizvod K je dejanska količina naročila skoraj optimalna, zato tu ne bi bilo smiselno spreminjati dejanske količine naročila, če je postavljeni model dober približek realnosti. Pri proizvodu L pa imamo povsem obratno situacijo, saj podjetje naroča bistveno preveč. Tu moramo biti še bolj pazljivi pri odločanju, saj ima lahko podjetje večja naročila zaradi količinskih popustov, morda zaradi negotovega povpraševanja po tem proizvodu ... Če v podjetju ugotovijo, da ni nobenega tehtnega razloga za tako velika naročila, potem lahko s postopnim zmanjševanjem količine naročila in s spremljanjem skupnih stroškov ugotovijo, ali je to zmanjševanje smotno ali ne. V poglavju 6 bomo govorili ravno o takih in drugačnih težavah, s katerimi se soočajo podjetja pri implementaciji modelov zalog.

Točko ponovnega naročila  $\check{r}_o$  smo izračunali iz enačbe (10) in za proizvod J dobili 12.082 kg, za proizvod K 6.334 kg in za proizvod L 5.704 kg. Pri proizvodu J smo točko  $\check{r}_o$  morali korigirati z  $r_o$ , saj sproženo naročilo prejmemo šele, ko zaloge drugič padejo na ničelno raven. Za optimalno točko ponovnega naročila smo za proizvod J izračunali 1.822 kg. V tem primeru imamo situacijo, ko je dobavni odlog daljši od časa med posameznimi naročili – T, kar je lepo razvidno tudi iz tabele 5. Pri proizvodu K in L je dobavni odlog krajši od T, zato korektura ni potrebna.

Na sliki 5 prikazujemo strošek naročil, stroške vzdrževanja zalog in skupne stroške za podjetje X. Za letne stroške naročil je značilno, da padajo s pojemajočo absolutno vrednostjo

prvega odvoda v odvisnosti od  $q^8$ , letne stroške vzdrževanja zalog pa predstavlja premica z naklonom  $h/2$ . Skupni letni strošek je vsota obojih. S slike je tudi razvidna "sploščenost" skupnih stroškov, ki kaže na relativno majhno povečanje skupnih stroškov, če variiramo količino naročila blizu optimalne. Naslednja lastnost funkcije skupnih stroškov je tudi ta, da je v optimalni točki naročila strošek naročil enak stroškom vzdrževanja zalog. Na obe lastnosti bomo opozorili tudi v nadaljevanju oziroma pri občutljivostni analizi. Značilnost osnovnega modela EOQ je tudi ta, da enačba ni odvisna od nabavne cene dotičnega proizvoda, zato so letni nabavni stroški neodvisni od količine naročila. V naslednjem modelu bomo to predpostavko opustili in model razširili na primer, ko nastopajo količinski popusti.

Slika 5: Prikaz stroškov naročil, stroškov vzdrževanja zalog in skupnih stroškov za proizv. J



Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

#### 4.2 Model ekonomične količine naročila, ko vpeljemo količinski popust

Pri osnovnem modelu ekonomične količine naročila smo predpostavili, da cena proizvoda ni odvisna od količine naročila, kar ponavadi ni res, saj pri večji količini naročila dobavitelji ponavadi ponudijo popust. Količinski popusti vplivajo na ceno proizvoda in jih moramo zato upoštevati pri izračunu optimalne količine naročila, kar pomeni, da bomo morali v analizo vključiti tudi letne nabavne stroške. Poleg teh stroškov pa se spremenijo tudi stroški vzdrževanja zalog, če so le-ti določeni kot odstotek od nabavne cene proizvoda. Zato je pristop pri izpeljavi optimalne količine naročila povsem drugačen od osnovnega modela EOQ. V osnovni model bomo vnesli dodatno predpostavko o količinskem popustu. Če je naročena količina  $q$  večja ali enaka  $b_1$ , potem je cena proizvoda enaka  $p_2$  za vse naročene proizvode, če je  $q$  večja ali enaka  $b_2$ , potem je cena enaka  $p_3$  itd.

<sup>8</sup> Letni stroški naročil so enaki  $\frac{KD}{q}$ , z odvajanjem dobimo  $-\frac{KD}{q^2}$ . Ta izraz nam pove, da funkcija letnih

stroškov naročil, ko gre  $q \rightarrow \infty$ , pada (zaradi minusa), in to s pojemajočo absolutno vrednostjo prvega odvoda, kar se vidi tudi pri naklonu na omenjeno funkcijo.

To lahko zapišemo tudi kot:

če je  $q < b_1$ , potem vsak proizvod stane  $p_1$ ;

če je  $b_1 \leq q < b_2$ , potem vsak proizvod stane  $p_2$ ;

....

....

če je  $b_{k-1} \leq q < b_k$ , potem vsak proizvod stane  $p_k$ ;  $k = 2, 3, 4 \dots$

Na tem mestu bom še enkrat poudaril, da se popust nanaša na vse naročene proizvode, za razliko od nekaterih popustov, ki vključujejo nižjo nabavno ceno samo za proizvode, ki so nabavljeni nad določeno količino  $b_1, b_2, b_3 \dots$

Ostale predpostavke in simboli ostajajo enaki. Optimalno količino naročila bomo izpeljali iz funkcije celotnih stroškov (Axsäter, 2000, str. 37–38):

$$TC_1 = \frac{KD}{q} + \frac{qh_1}{2} + p_1D \quad \text{za } q < b_1 \quad (11)$$

$$TC_2 = \frac{KD}{q} + \frac{qh_2}{2} + p_2D \quad \text{za } b_1 \leq q < b_2 \quad (12)$$

....  
....

$$TC_k = \frac{KD}{q} + \frac{qh_k}{2} + p_kD \quad \text{za } b_{k-1} \leq q < b_k = \infty; k = 2, 3 \dots \quad (13)$$

Optimalno količino naročila dobimo z izračunavanjem posameznih funkcij celotnih stroškov,  $TC_1, TC_2$ , njihovih optimalnih količin naročila in definicijskega območja posamezne funkcije. Postopek začnemo z najnižjo ležečo krivuljo celotnih stroškov ( $TC_k$ ) in njeno optimalno količino naročila. Če je optimalna količina naročila znotraj definicijskega območja omenjene funkcije celotnih stroškov, je to že optimalna količina naročila. Če temu ni tako, moramo pogledati prvo višje ležečo funkcijo celotnih stroškov, izračunati njeno optimalno količino naročila, pogledati, če ta točka leži v definicijskem območju, in če je, potem primerjamo celotne stroške funkcije  $TC_{k-1}$  v njeni optimalni točki  $q^*$ , s celotnimi stroški funkcije  $TC_k$  v njenem minimumu, to je kar točka  $b_{k-1}$ . Če pa  $q^*$ , v funkciji  $TC_{k-1}$ , ne leži v definicijskem območju, primerjamo stroške funkcije  $TC_k$  s funkcijo  $TC_{k-1}$  v njenem minimumu, to je v točki  $b_{k-1}$  in  $b_{k-2}$ , nato pa nižji znesek od obeh zopet primerjamo z naslednjo višje ležečo funkcijo celotnih stroškov  $TC_{k-2}$ , izračunamo njeno optimalno količino naročila in tako ponavljamo postopek do končne rešitve. V nadaljevanju si bomo pogledali primer uporabe količinskih popustov v podjetju X za proizvod J. Podobno bi lahko izračunali tudi za proizvoda K in L.

#### 4.2.1 Primer uporabe količinskih popustov v podjetju X za proizvod J

Predpostavimo, da nam npr. dobavitelj proizvoda J ponuja 1 % oziroma 2 % popust na nabavno ceno posameznega naročila, ki je večje ali enako 50.000 kg. Dobavitelj je namreč izračunal, da je proizvodnja večjih serij dobičkonosnejša in nam zato ponuja dodatni popust na vse proizvode. Kako se bomo odločili, ali bomo ponudbo sprejeli ali ne?

Za proizvod J smo zbrali naslednje podatke:

$$K = 200.000 \text{ SIT}$$

$$D = 146.994 \text{ SIT}$$

$$h_1 = 558,5 \text{ SIT}$$

$$p_1 = 3723 \text{ SIT}$$

$$p_2 = p_1 - 0,01p_1 = 3685,77$$

$$h_2 = 0,15 \times p_2 = 552,87$$

$$p_3 = p_1 - 0,02p_1 = 3648,54$$

$$h_3 = 0,15 \times p_3 = 547,28$$

Najprej si bomo pogledali vse funkcije celotnih stroškov, optimalne količine naročila in njihova definicijska območja. Imamo tri funkcije celotnih stroškov, od katerih imata dve enako definicijsko območje, le popust je enkrat 1 %, drugič pa 2 %. To lahko zapišemo tudi kot:

$$TC_1 = \frac{KD}{q_1} + \frac{q_1 h_1}{2} + p_1 D; \quad q < 50.000$$

$$TC_2 = \frac{KD}{q_2} + \frac{q_2 h_2}{2} + p_2 D; \quad 50.000 \leq q < \infty$$

$$TC_3 = \frac{KD}{q_3} + \frac{q_3 h_3}{2} + p_3 D; \quad 50.000 \leq q < \infty$$

Za izračun celotnih stroškov potrebujemo še optimalne količine naročila, ki jih dobimo prek osnovne enačbe za  $q^*$  (8). Vse izračune podajam v tabeli 6.

Tabela 6: Prikaz definicijskega območja funkcije,  $q^*$  ter minimuma celotnih stroškov

Funkcija	Spodnja meja def. območja	Zgornja meja def. območja	Cena – p (v SIT)	Strošek – h (v SIT)	$q^*$ (v kg)	q, kjer ima funkcija minimum	Minimum TC (v mio SIT)
TC <sub>1</sub>	0	50.000	3723	558,5	10.260	10.260	552,989
TC <sub>2</sub>	50.000	$\infty$	3685,77	552,87	10.313	50.000	556,196
TC <sub>3</sub>	50.000	$\infty$	3648,54	547,28	10.365	50.000	550,583

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

Primer izračuna minimuma celotnih stroškov TC<sub>2</sub> iz zgornje tabele:

$$\text{Letni strošek naročil} = 200.000 \times 146.994 \div 50.000 = 587.976 \text{ SIT}$$

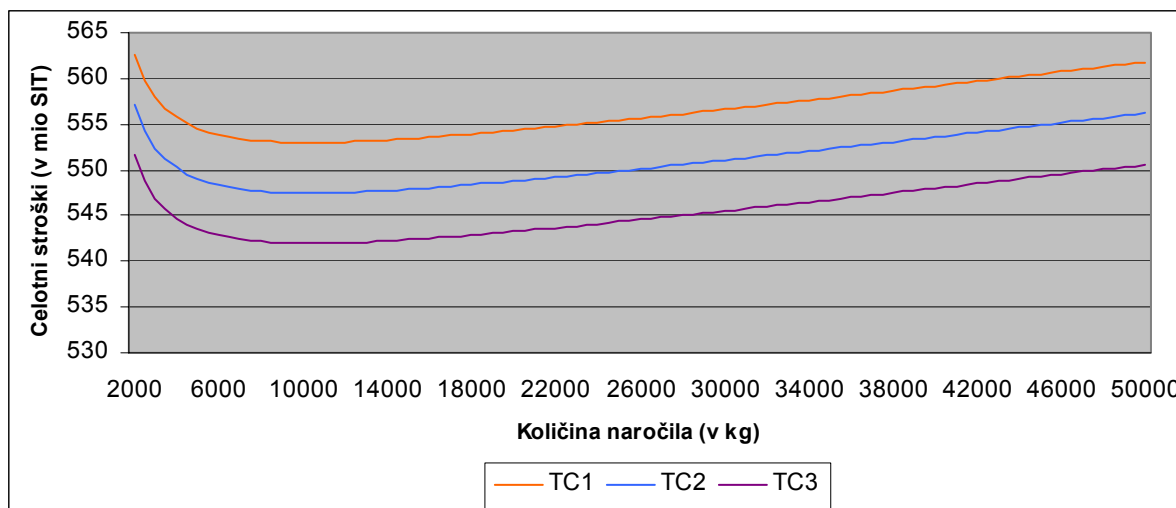
Letni strošek vzdrževanja zalog =  $552,87 \times 50.000 \div 2 = 13.821.750$  SIT

Letni nabavni stroški =  $3685,77 \times 146.994 = 541.786.075$  SIT

Minimum  $TC_2 = 556.195.801$  SIT

Iz tabele 6 lahko vidimo, da je izmed vseh treh rešitev predstavljenih funkcij celotnih stroškov zadnja najugodnejša, tej funkciji sledi  $TC_1$ , najslabša izbira bi bila funkcija  $TC_2$ . S tem lahko odgovorimo na zgoraj zastavljeno vprašanje: ali sprejemamo ponudbo dobavitelja? Naš odgovor je pritrdilen, če dobavitelj ponudi 2 % popust, sicer ne. Pri 1 % popustu imamo celoletne stroške višje za 3,207 mio SIT, pri 2 % popustu pa zmanjšamo celotne letne stroške za 2,406 mio SIT. Poudariti je potrebno, da se za naročanje 50.000 proizvodov odločimo le, če imamo zadostne skladiščne kapacitete, če ostane vzdrževalna obremenitev proizvoda J nespremenjena (v našem primeru 0,15) in če ostanejo ostale predpostavke modela nespremenjene. Na sliki 6 prikazujem funkcije celotnih stroškov v primeru brez popusta ( $TC_1$ ), v primeru 1 % popusta ( $TC_2$ ) in v primeru 2 % popusta ( $TC_3$ ). Izračunane vrednosti se povsem ujemajo s tistimi v tabeli 6.

Slika 6: Vpliv popusta (1 %, 2 %) na celotne stroške



Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

Vprašajmo se, kolikšen popust moramo dobiti, da bomo pri 50.000 kg naročila indiferentni med obstoječim stanjem naročila 10.260 kg in ponujenimi 50.000 kg. Popust Y določimo tako, da izhajamo iz celotnih letnih stroškov  $TC_1$ , kar je za nas obstoječe stanje. Na drugi strani enačbe pa imamo celotne letne stroške naše željene opcije s 50.000 kg vsakokratnega naročila. Ker imamo vse parametre, razen cene proizvoda, dane, bomo ceno  $p_4$  določili na podlagi  $p_1$  in željenega popusta v višini Y, ki je izražen v odstotkih. Zato je:

$$TC_1 = \frac{KD}{q_4} + \frac{q_4 h_4}{2} + p_4 D = \frac{KD}{q_4} + \frac{q_4 (I_j p_4)}{2} + p_4 D = \frac{KD}{q_4} + p_4 \left( \frac{I_j q_4}{2} + D \right),$$

namesto  $p_4$ , vstavimo  $p_4' = p_1 - \frac{Yp_1}{100} = p_1(1 - \frac{Y}{100})$ ,

$$TC_1 - \frac{KD}{q_4} = p_1(1 - \frac{Y}{100})(\frac{I_J q_4}{2} + D) = p_1(\frac{I_J q_4}{2} + D) + Y(-\frac{p_1(\frac{I_J q_4}{2} + D)}{100}),$$

in dobimo:

$$Y = \frac{(TC_1 - \frac{KD}{q_4} - p_1(\frac{I_J q_4}{2} + D)) \times 100}{-p_1(\frac{I_J q_4}{2} + D)} \quad (14)$$

$$Y = \frac{552.988.891 - 587.976 - 3.723(\frac{0,15 \times 50.000}{2} + 146.994) \times 100}{-3.723(\frac{0,15 \times 50.000}{2} + 146.994)} = 1,57$$

Kot vidimo iz enačbe (14), bi bili v primeru 1,57 % popusta na vse proizvode J in 50.000 kg vsakokratnega naročila indiferentni z obstoječim stanjem 10.260 kg naročenih proizvodov brez popusta. Te vrste izračuni so namenjeni predvsem pogajalcem, ki morajo razpolagati z informacijami o popustih, skladiščnih kapacitetah, dobavnem odlogu, kvaliteti itd.

V tem podpoglavju smo obravnavali samo proizvod J, vendar bi povsem enak pristop lahko uporabili tudi za vse ostale proizvode. Pozornost je pri količinskih popustih potrebno preusmeriti tudi na skladiščne kapacitete in s tem povezane morebitne višje stroške, ki jih mi nismo upoštevali. Prav tako moramo biti pozorni tudi na transportne stroške, ki so odvisni od zapolnitve transportnih kapacitet (omejitev v dovoljeni masi ali prostornini). Mi morebitnih sprememb v transportnih stroških na račun večjega naročila nismo upoštevali, zato pa je pomembno, da se tega problema zavedamo. Lahko pa ima posamezno podjetje transportne stroške že vračunane v nabavni ceni, na kar smo opozorili pri definiranju nabavnih stroškov in predstavitvi zbirke mednarodnih trgovskih klavzul – Incoterms. Na splošno moramo vsako spremembo v povezavi z ravnanjem z zalogami skrbno preučiti ter jo spremljati in korigirati. Več o tem bomo spoznali v zadnjem šestem poglavju, ki govori o implementaciji modelov zalog in ravnanju z njimi.

#### 4.3 Občutljivostna analiza skupnih stroškov v odvisnosti od spreminjanja parametrov $q$ , $K$ , $D$ in $h$ na primeru proizvoda J

V tem podpoglavju si bomo s pomočjo občutljivostne analize pogledali, kako občutljivi so skupni stroški na spremembe v parametrih  $q$ ,  $K$ ,  $D$  in  $h$ . Kot bomo videli, se skupni stroški

posameznega proizvoda sicer relativno malo povečajo, vendar je to povečanje za majhne spremembe v parametrih zanemarljivo, kar omogoča široko uporabo osnovnega modela EOQ.

Poglejmo si, kako sprememba v optimalni količini naročila  $q^*$  vpliva na porast skupnih stroškov posameznega proizvoda. Enačbo izpeljemo iz funkcije celotnih stroškov, pri čemer nabavni stroški ( $pD$ ) ne vplivajo na optimalno količino naročila, zato lahko te stroške izločimo in tako dobimo skupne stroške –  $C$  (Hadley & Whitin, 1963, str. 36):

$$C = \frac{KD}{q} + \frac{qh}{2}. \quad (15)$$

Optimalna količina naročila iz enačbe (8) je:

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}. \quad (8)$$

Če vstavimo enačbo (8) v enačbo (15) dobimo optimalne skupne stroške –  $C^*$ :

$$C^* = \sqrt{\frac{KDh}{2}} + \sqrt{\frac{KDh}{2}} = \sqrt{2KDh}, \quad (16)$$

s to enačbo vidimo, da so pri optimalni količini naročila letni stroški vzdrževanja zalog enaki letnim stroškom naročil. Tako lahko iz zgornjih enačb (8), (15) in (16) izpeljemo<sup>9</sup>:

$$\frac{C}{C^*} = \frac{1}{2} \left( \frac{q}{q^*} + \frac{q^*}{q} \right). \quad (17)$$

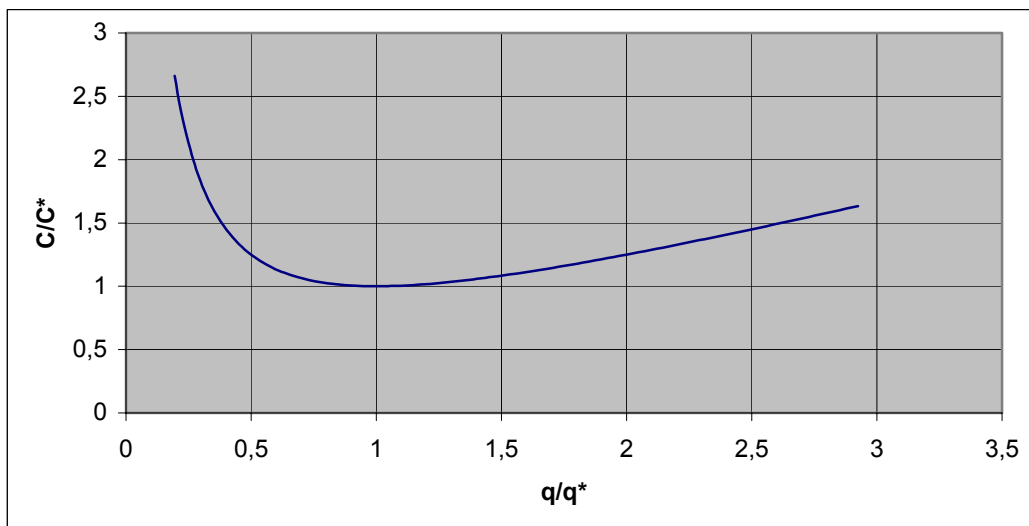
Iz enačbe je razvidno, da je relativno povečanje stroškov nad optimalnimi –  $C/C^*$  možno le takrat, ko je količina naročila –  $q$  različna od optimalne količine naročila –  $q^*$ . Iz enačbe je tudi razvidno, da relativni porast stroškov ni odvisen od ostalih parametrov modela, zato je funkcija "univerzalna". Ta funkcija nam npr. pove, da če je količina naročila za polovico manjša od optimalne ali dvakrat večja od optimalne ( $q/q^* = 1/2$  ali  $2$ ), potem se skupni

<sup>9</sup> Izpeljava enačbe (17):

$$\begin{aligned} \frac{C}{C^*} &= \frac{\frac{KD}{q} + \frac{qh}{2}}{\sqrt{2KDh}} = \frac{1}{2q} \left( \frac{2KD\sqrt{2KDh}}{\sqrt{2KDh}\sqrt{2KDh}} \right) + \frac{q}{2} \left( \frac{h/h}{\sqrt{2Kdh}/h} \right) = \frac{1}{2q} \left( \frac{\sqrt{2KDh}}{h} \right) + \frac{q}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{2KD}{h}}} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{q}{q^*} + \frac{q^*}{q} \right). \end{aligned}$$

stroški povečajo za 25 %. Pri  $q/q^* = 3/2$  (ali  $2/3$ ) je  $C/C^* = 1,08$ , kar pomeni 8 % povečanje skupnih stroškov. Funkcijo  $z = C/C^*(q/q^*)$  podano z enačbo (17) prikazujem na sliki 7, iz katere lahko razberemo, da je krivulja razmeroma ravna v zadosti majhni okolici optimalne količine naročila –  $q^*$ .

Slika 7: Graf odvisnosti  $C/C^*$  od  $q/q^*$ .



Vir: Enačba (17) in upoštevanje podatkov podjetja X za leto 2002.

V tabeli 7 prikazujem primer izračuna stroškov, pri katerem je potrebno poudariti, da to niso celotni stroški, saj vključujejo le stroške vzdrževanja zalog in strošek naročil, ne vključujejo pa nabavnih stroškov. Stroški vzdrževanja zalog – HC so za proizvod J enaki:

$$HC(q) = \frac{hq}{2} = 279,2q . \quad (18)$$

Stroški naročil – OC so:

$$OC(q) = \frac{KD}{q} = \frac{146.994 * 200.000}{q} = \frac{29398800000}{q} . \quad (19)$$

Skupni stroški so:

$$C(q) = HC(q) + OC(q) . \quad (20)$$



Tabela 7: Prikaz posameznih stroškov, skupnih stroškov in relativnih stroškov glede na optimalno vrednost skupnih stroškov v odvisnosti od količine naročila.

q (v kg)	q/q* (v %)	HC (v SIT)	OC (v SIT)	C(v SIT)	C/C* (v %)
2.000	-80,5	558.500	14.699.400	15.257.900	166,26
3.500	-65,9	977.375	8.399.657	9.377.032	63,63
5.130	-50,0	1.432.553	5.730.760	7.163.313	25,00
6.840	-33,3	1.910.070	4.298.070	6.208.140	8,33
8.000	-22,0	2.234.000	3.674.850	5.908.850	3,11
9.000	-12,3	2.513.250	3.266.533	5.779.783	0,86
10.000	-2,5	2.792.500	2.939.880	5.732.380	0,03
10.260	0	2.865.105	2.865.380	5.730.485	0
10.500	2,3	2.932.125	2.799.886	5.732.011	0,03
11.000	7,2	3.071.750	2.672.618	5.744.368	0,24
13.000	26,7	3.630.250	2.261.446	5.891.696	2,81
15.390	50,0	4.297.658	1.910.253	6.207.911	8,33
20.520	100,0	5.730.210	1.432.690	7.162.900	25,00
40.000	289,9	11.170.000	734.970	11.904.970	107,75

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

V tabeli 7 prikazujemo relativni porast skupnih stroškov zaradi odstopanja q od optimalne količine naročila. Iz tabele lahko razberemo tudi, da količina naročila, ki je "blizu" q\* ( $\pm 20\%$ ), poveča skupne stroške za manj kot 3 %, kar je z vidika uporabnosti modela dobrodošlo, saj majhne spremembe v okolici q\* zanemarljivo vplivajo na porast skupnih stroškov. Kot smo že ugotovili, so relativne vrednosti C/C\* v odvisnosti od q/q\* "univerzalne" in niso odvisne od konkretnih vrednosti. Poglejmo si še, kako se spreminjajo relativni skupni stroški pri spreminjanju parametrov K, D in h, in sicer, najprej bomo izpeljali vse tri enačbe, potem pa si bomo pogledali še relativne spremembe na praktičnem primeru proizvoda J.

Obravnavajmo primer, ko je vrednost povpraševanja D\* enaka 146.994 kg ( $D^* = 146.994$  kg) in ko se povpraševanje, zaradi nekih zunanjih vplivov, spremeni na D, kjer naj bo D – D\* končno velika perturbacija. Podobno naj velja tudi za h in K, kjer je h\* enak 558,5 SIT ( $h^* = 558,5$  SIT) in K\* enak 200.000 SIT ( $K^* = 200.000$  SIT). Izhajajmo iz enačbe (8), pri čemer predpostavimo, da sta parametra h\* in D\* fiksirana, parameter K pa lahko variira. Zato lahko zapišemo:

$$q = \sqrt{\frac{2KD^*K^*}{h^*K^*}} = \sqrt{\frac{2K^*D^*}{h^*}} \times \sqrt{\frac{K}{K^*}} = q^* \times \sqrt{\frac{K}{K^*}}. \quad (21)$$

Če vstavimo enačbo (21) v enačbo (17), dobimo:

$$\frac{C}{C^*} = \frac{1}{2} \left( \frac{q}{q^*} + \frac{q^*}{q} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{q^* \times \sqrt{\frac{K}{K^*}}}{q^*} + \frac{q^*}{q^* \times \sqrt{\frac{K}{K^*}}} \right) = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{K}{K^*}} + \frac{1}{\sqrt{\frac{K}{K^*}}} \right). \quad (22)$$

Povsem enak postopek izpeljave kot zgoraj lahko uporabimo tudi za D, kjer je:

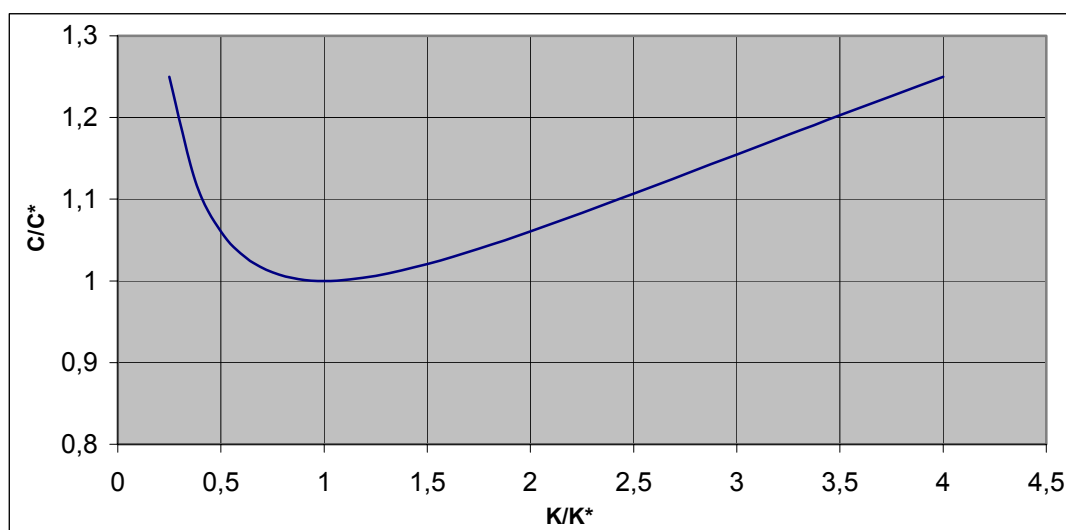
$$\frac{C}{C^*} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{D}{D^*}} + \frac{1}{\sqrt{\frac{D}{D^*}}} \right). \quad (23)$$

Za parameter h pri analizi občutljivosti dobimo nekoliko drugačno funkcijo, ki jo izpeljemo po enakem postopku kot za parametra K in D:

$$\frac{C}{C^*} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{h^*}{h}} + \frac{1}{\sqrt{\frac{h^*}{h}}} \right) = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{1}{h/h^*}} + \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{h/h^*}}} \right). \quad (24)$$

S slike 8 in enačbe (22) lahko podobno kot s slike 7 in enačbe (17) ugotovimo, da relativna sprememba v stroških naročil K "univerzalno" vpliva na relativno spremembo v skupnih stroških. Še bolj pomembno pa je dejstvo, da če se strošek naročila K zmanjša za polovico ali je dvakrat večji od fiksne vrednosti – K\*, se skupni stroški povečajo le za dobrih 6 % (v primeru q se skupni stroški relativno povečajo za 25 %). Pri  $K/K^* = 3/2$  (ali  $2/3$ ) je  $C/C^* = 1,02$ , kar pomeni 2 % povečanje skupnih stroškov (v primeru q je povečanje 8 %). Primerjava in rezultati občutljivostne analize nam jasno pokažejo, da se skupni stroški, ko spreminjamo posamezen parameter okoli fiksne vrednosti, le malo povečajo, kar še posebej velja za parametre K, h in D.

Slika 8: Graf odvisnosti  $C/C^*$  od  $K/K^*$



Vir: Enačba (22) in upoštevanje podatkov podjetja X za leto 2002.

V tabeli 8 lahko vidimo, da relativna sprememba v stroških naročil  $K/K^*$  v višini  $\pm 20\%$ , poveča skupne stroške za manj kot  $1\%$  (v primeru  $q$  malo manj kot  $3\%$ ). Povsem enako lahko interpretiramo tudi spremembe v letnem povpraševanju  $D$ , saj vidimo, da sta enačbi (22) in (23) podobni in tako imamo enkrat neodvisno spremenljivko  $K/K^*$ , drugič pa  $D/D^*$ .

Tabela 8: Vpliv spreminjanja  $K$  na relativno povečanje skupnih stroškov  $C/C^*$

$K$ (v SIT)	$K/K^*$ (v %)	$q$ (v kg)	$q/q^*$ (v %)	$C/C^*$ (v %)
50.000	-75,0	5.130	-50,0	25,00
100.000	-50,0	7.255	-29,3	6,07
133.333	-33,3	8.378	-18,3	2,06
160.000	-20,0	9.177	-10,6	0,62
180.000	-10,0	9.734	-5,1	0,14
200.000	0	10.260	0	0
220.000	10,0	10.761	4,9	0,11
240.000	20,0	11.240	9,6	0,42
300.000	50,0	12.566	22,5	2,06
400.000	100,0	14.511	41,4	6,07
800.000	300,0	20.521	100,0	25,00

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov podjetja X za leto 2002.

Iz enačbe (24) lahko ugotovimo, da za strošek vzdrževanja enote proizvoda na leto –  $h$ , veljajo približno enaki rezultati kot v primeru  $K$  in  $D$ . Za povsem analogne rezultate smo morali neodvisno spremenljivko  $h/h^*$  zapisati kot  $h^*/h$  (glej Tabela 9). S tem smo spremenili interpretacijo rezultatov, kar lahko vidimo v prvem stolpcu tabele 9, saj je za zmanjšanje količine naročila  $q$  potrebno povečati stroške vzdrževanja in obratno. Zadnja lastnost je posledica enačbe (8), saj se stroški  $h$  nahajajo v imenovalcu, strošek  $K$  in povpraševanje  $D$  pa

v števcu. Tako je relacija med  $K$  (ali  $D$ ) in količino naročila  $q$  istosmerna, v primeru  $h$  pa je, kot smo že ugotovili, ravno obratno. Zato s hkratnim in enako velikim povečanjem ali zmanjšanjem stroškovnega parametra  $K$  in  $h$  količina naročila  $q$  ostane nespremenjena.

Tabela 9: Vpliv spreminjanja  $h$  na relativno povečanje skupnih stroškov  $C/C^*$

$h$ (v SIT)	$h^*/h$ (v %)	$q$ (v kg)	$q/q^*$ (v %)	$C/C^*$ (v %)
2234	-75,0	5.130	-50,0	25,00
1117	-50,0	7.255	-29,3	6,07
837,8	-33,3	8.378	-18,3	2,06
698,1	-20,0	9.177	-10,6	0,62
620,6	-10,0	9.734	-5,1	0,14
558,5	0	10.260	0	0
507,7	10,0	10.761	4,9	0,11
465,4	20,0	11.240	9,6	0,42
372,3	50,0	12.566	22,5	2,06
279,3	100,0	14.511	41,4	6,07
139,6	300,0	20.521	100,0	25,00

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov podjetja X za leto 2002.

S pomočjo občutljivostne analize smo prišli do zaključka, da se skupni stroški relativno le malo povečajo, ko spreminjamo parametre  $K$ ,  $D$  in  $h$ . Omenjena lastnost osnovne enačbe (8) je z vidika uporabe zelo pomembna, saj je ravno izračunavanje omenjenih parametrov izjemno težavno, kar smo prikazali v poglavjih 3.2.2 in 3.2.3, kjer smo tudi izračunali omenjene parametre. Tudi če imamo možnost natančnejših izračunov parametrov, je ekonomska upravičenost teh izračunov vprašljiva, saj so stroški takega izračunavanja ponavadi večji, kot so prihranki. Prihranki pa so v primeru, ko se nahajamo v neposredni okolici optimalne količine naročila  $q^*$ , zanemarljivi, kar smo ugotovili ravno z obravnavano občutljivostno analizo.

#### 4.4 Model ekonomske količine proizvodnje in model EOQ z odloženo prodajo

V poglavju 4.1 smo že izpeljali in si pogledali praktični primer uporabe osnovnega modela EOQ. V tem podpoglavju pa bomo obrazložili, zakaj je model ekonomske količine proizvodnje za našo analizo neprimeren. Za oskrbovanje proizvodnje s surovinami in/ali ostalimi materiali poznamo dva načina. Prvi je preko zunanjih dobaviteljev in drugi preko lastne proizvodnje. V našem primeru podjetje X nabavlja vse surovine izven podjetja, zato smo pri izračunavanju  $q^*$  uporabili osnovni model EOQ. V nasprotnem primeru, če bi imeli opravka z lastno proizvodno serijo, bi uporabili model ekonomske količine proizvodnje, saj se zaloge ne povečajo v trenutku, pač pa postopno (Ferbar, 1998, str. 20–26). Izpeljavo modela ekonomske količine proizvodnje je moč najti pri številnih avtorjih (Shogan, 1988, str. 652–658; Winston, 1997, str. 888–890 ...). Nekateri avtorji (npr. Hadley & Whitin, 1963,

str. 50–54) pa so izpeljali analogni model, vendar z nekoliko drugačno interpretacijo, po kateri gre pri tem modelu za ravnanje zalog končnih proizvodov. Tako bi lahko z modelom ekonomične količine proizvodnje optimizirali tudi proizvodnjo v izbranem podjetju, toda, kot smo že omenili, podjetje X proizvaja zgolj po naročilu, kar pomeni, da so proizvodi vsakokrat drugačni pa tudi končne izdelke takoj pošljejo naročniku, tako da skladišča za končne proizvode nimajo.

Drugi model, ki ga tudi velikokrat navajajo v literaturi, je model EOQ z odloženo prodajo. V našem primeru, s proizvodnjo zgolj po naročilu, bi bilo za podjetje in celotno oskrbovalno verigo tako početje nesmiselno, zato se tudi nismo odločili za obravnavo omenjenega modela. V primeru nezaloženosti s surovinami bi tvegali zaustavitev proizvodnje, kar je z vidika podjetja X nedopustno, saj se podjetje po drugi strani ukvarja s problemom premajhnih proizvodnih kapacitet. Naslednji razlog za neprimernost modela EOQ z odloženo prodajo je tudi v stroških odloženih prodaj, katere je po eni strani zelo težko izračunati, po drugi strani pa so ti stroški v podjetju X tako visoki, da ne bi imeli bistvenega vpliva na  $q^*$ .

## 5. Stohastični model točke ponovnega naročila

V tem poglavju si bomo pogledali model, pri katerem povpraševanje ne bo več deterministično, ampak stohastično. V stohastičnem modelu točke ponovnega naročila predpostavljamo, da je povpraševanje slučajna spremenljivka, ki se porazdeljuje normalno. Stohastični model točke ponovnega naročila bomo izpeljali s pomočjo hevrističnega pristopa, ki prav tako zagotavlja dobro ravnanje z zalogami. Matematično zahtevnejših modelov ne bomo obravnavali, saj že ti izračuni v praksi dosegajo dobre rezultate in predstavljajo dobro podlago za odločanje v posameznih podjetjih (Anderson, 1985, str. 450).

Ko imamo opravka s stohastičnim oziroma negotovim povpraševanjem, moramo računati na možnost nezaloženosti, saj ne vemo, kdaj bo povpraševanje (v času dobavnega odloga) preseglo naše trenutne zaloge. Zato se problemu nezaloženosti ne moremo povsem izogniti, lahko pa ga omejimo. Pri tem poznamo dva pristopa: prvi je s pomočjo stroška nezaloženosti za vsak posamezen proizvod posebej in drugi s pomočjo željene ravni oskrbe s posameznim proizvodom. Kot smo že ugotovili, je strošek nezaloženosti za posamezni proizvod zelo težko izračunati, zato smo se tudi mi odločili za drug pristop, kjer bomo s pomočjo željene ravni oskrbe s posameznim proizvodom izračunali, kolikokrat bomo v določenem obdobju v povprečju ostali nezaloženi s posameznim proizvodom.

Že na začetku, v prvem poglavju o teoriji zalog, smo si postavili dve temeljni vprašanji, na katere bomo tudi v tem primeru zahtevali odgovor. Prvo je vprašanje o optimalni količini naročila in drugo: kdaj naj sprožimo naročilo.

## Odločitev o optimalni količini naročila

V razmerah negotovosti povpraševanja ne označujemo več z  $D$ , ampak imamo slučajno spremenljivko  $\mathbf{D}$ , ki predstavlja celoletno povpraševanje z aritmetično sredino  $E(\mathbf{D})$ , varianco  $(\sigma_{\mathbf{D}})^2$  in standardnim odklonom  $\sigma_{\mathbf{D}}$ . Za izračun optimalne količine naročila  $q^*$  predstavlja dober približek že enačba (8), ki smo jo izpeljali pri osnovnem modelu EOQ v poglavju 4.1. Tudi različni avtorji (Winston, 1997, str. 915; Anderson, 1985, str. 450 ...) pri izpeljavi svojih modelov uporabljajo enačbo (8) kot dober približek  $q^*$  tudi v razmerah stohastičnega povpraševanja. Zato je  $q^*$  v razmerah stohastičnega povpraševanja enaka:

$$q^* = \sqrt{\frac{2K \times E(D)}{h}} \quad (25)$$

Ker smo pri determinističnem povpraševanju izhajali iz pričakovanega povpraševanja, lahko namesto celoletnega povpraševanja  $D$  za primer determinističnega povpraševanja vstavimo pričakovano celoletno povpraševanje  $E(\mathbf{D})$ .

## Odločitev o točki sprožitve naročila

Drugo vprašanje, na katerega želimo odgovoriti, je: kdaj naj sprožimo naročilo, pri tem pa moramo upoštevati, da je povpraševanje stohastično. Pri izpeljavi si bomo pomagali s povpraševanjem v času dobavnega odloga za posamezen proizvod, kjer predpostavljamo, da je dobavni odlog determinističen oziroma nam je poznan z gotovostjo. Najprej si pogledjmo primer, ko je dobavni odlog enak nič. V tem primeru bi sprožili naročilo šele, ko bi bile zaloge enake nič, saj bi v istem trenutku tudi prejeli naročilo. Varnostnih zalog v tem primeru ne bi potrebovali, potrebujemo pa jih, ko je dobavni odlog večji od nič in imamo opraviti z negotovim povpraševanjem. Višina varnostnih zalog bo odvisna od naših želja oziroma od tega, kakšen nivo nezaloženosti s proizvodi (surovinami, materialom) dovolimo. Če imamo npr. ničelne varnostne zaloge, potem bomo v povprečju v 50 % primerov ostali nezaloženi s proizvodi, kar velja v primeru, ko je povpraševanje porazdeljeno standardizirano normalno. Ničelne varnostne zaloge pomenijo, da je točka ponovnega naročila kar enaka pričakovanemu povpraševanju v času dobavnega odloga. To zapišemo kot:

$$E(X) = \frac{E(D) \times \tau(\text{vdnevih})}{365}, \quad (26)$$

pri čemer je  $E(\mathbf{X})$  pričakovano povpraševanje v času dobavnega odloga.

Izračunana vrednost  $E(\mathbf{X})$  nam bo služila kot osnova za določitev točke ponovnega naročila. Varnostne zaloge proizvoda –  $Z_v$  bomo določili na podlagi željene ravni oskrbe s tem proizvodom. Večje kot bodo varnostne zaloge, višja bo raven oskrbe s tem proizvodom in obratno. Raven oskrbe ali založenosti s proizvodom je najbolj vprašljiva tik pred dobavo

naročila znotraj ali izven podjetja, odvisna pa je tudi od letnega števila naročil, saj več kot je naročil, večja je verjetnost nezaloženosti, ceteris paribus.

Točko ponovnega naročila bi lahko izpeljali preko celotnih stroškov, pri tem pa bi morali izračunati tudi stroške nezaloženosti, katere je težko, če ne celo nemogoče, natančno izračunati. Zato smo se odločili za alternativni pristop, pri katerem se bomo vprašali: kakšno raven oskrbe (založenosti) s proizvodi si podjetje želi. Višja kot bo željena raven oskrbe s proizvodi v času negotovega povpraševanja, višje bodo varnostne zaloge in s tem točka ponovnega naročila in višji bodo tudi pričakovani stroški vzdrževanja zalog zaradi višjih pričakovanih povprečnih zalog. Zato je od posameznega podjetja in njihovega vodstva odvisno, kako bodo ravnali v določeni situaciji. Poglejmo si sedaj enačbo za točko ponovnega naročila –  $\check{r}^*$ , ko imamo standardizirano normalno porazdelitev povpraševanja:

$$\check{r}^* = E(X) + z \times \sigma_X, \quad (27)$$

kjer je  $z$  število standardnih odklonov, potrebnih za željeno raven oskrbe s posameznim proizvodom, in  $\sigma_X$  standardni odklon slučajne spremenljivke  $\mathbf{X}$ . Če je  $\check{r}^* \geq q$ , moramo za  $\check{r}^*$  izbrati  $r^* = \check{r}^* - nq$ , pri čemer moramo zadostiti dvema pogojema, in sicer, da je  $n$  naravno število ( $n \in \mathbf{IN}$ ) in da je  $r^*$  večji ali enak nič in manjši od  $q$  ( $0 \leq r^* < q$ ).

Enačba (27) za izračun točke ponovnega naročila je sestavljena iz dveh delov, kjer prvi del predstavlja pričakovano povpraševanje v času dobavnega odloga, drugi del pa prikazuje varnostne zaloge –  $Z_v$ , ki so izračunane kot zmnožek med številom standardnih odklonov –  $z$  in standardnim odklonom slučajne spremenljivke  $\mathbf{X}$ .

Poglejmo si še, koliko nas letno stane vzdrževanje varnostnih zalog:

$$\Delta HC = Z_v \times h, \quad (28)$$

kjer je:  $\Delta HC$  – dodatni letni strošek vzdrževanja varnostnih zalog in  $h$  – stroški vzdrževanja enote proizvoda na leto. V nadaljevanju si bomo pogledali praktični primer uporabe stohastičnega modela točke ponovnega naročila.

## 5.1 Primer uporabe stohastičnega modela točke ponovnega naročila

V tem podpoglavju si bomo pogledali praktični primer uporabe stohastičnega modela točke ponovnega naročila. Tudi tokrat si bomo najprej pogledali optimalno količino naročila za posamezne proizvode in zatem še točke ponovnega naročila. Vse relevantne izračune, tako za  $q^*$  kot tudi za  $r^*$ , podajamo v tabeli 10.

Tabela 10: Izračun  $q^*$ ,  $r^*$ ,  $Z_v$  in  $\Delta HC$ 

Proizvod	J	K	L
$q^*$ (kg)	<b>10.260</b>	<b>10.524</b>	<b>6.761</b>
$E(D)$ (kg)	146.994	77.060	46.266
$E(D)/q$ – število naročil	14,3	7,3	6,8
$\tau$ (v dnevih)	30	30	45
$E(X)$ (kg)	12.082	6.334	5.704
$\sigma_x$ (kg)	1.586	950	816
$\check{r}^*_{5\%}$ ( $r^*_{5\%}$ ) (kg)	14.691 ( <b>4.431</b> )	<b>7.897</b>	7.046 ( <b>285</b> )
$\check{r}^*_{1\%}$ ( $r^*_{1\%}$ ) (kg)	15.772 ( <b>5.512</b> )	<b>8.544</b>	7.602 ( <b>841</b> )
$Z_v$ (kg)	2.609	1.563	1342
$\Delta HC$ (SIT)	1.457.127	434.983	271.621

Vir: Lastni izračuni na osnovi podatkov iz internega gradiva podjetja X za leto 2002.

#### Odločitev o optimalni količini naročila

Optimalne količine naročila –  $q^*$  ostajajo v našem primeru nespremenjene. Tako je  $q^*$  za proizvod J 10.260 kg, za proizvod K 10.524 kg in za proizvod L 6.761 kg. Kot smo že omenili, imajo različni avtorji o tem enotno mnenje, in sicer, da je izračunana enačba (8) dober približek  $q^*$  tudi v razmerah stohastičnega povpraševanja. V tabeli 10 prikazujem tudi izračune o številu naročil v enem letu. Za proizvod J je povprečno število naročil v enem letu enako 14,3, proizvod K bomo v povprečju naročili 7,3-krat in proizvod L 6,8-krat na leto. Na tem mestu velja poudariti, da bomo za proizvod J najverjetneje sprožili 14 naročil, morda tudi 15, vendar bi na daljši rok v povprečju naročilo sprožili 14,3-krat na leto, ceteris paribus.

V literaturi avtorji sicer večinoma zaokrožujejo število naročil na najbližje celo število, toda pri tem predpostavljajo enoletno obdobje opazovanja in statično obravnavanje modelov. Po mojem prepričanju bi bilo za podjetje X racionalnejše, če bi se o optimalni količini naročila odločali sproti, na podlagi dinamičnega obravnavanja modelov, oziroma bi poskrbeli za ažurnost podatkov, ko bi izračunavali  $q^*$ . V prvi vrsti bi spremljali nabavne cene posameznih proizvodov, vse relevantne stroške, transportne kapacitete ... Zato se tudi mi nismo odločili za zaokroževanje na najbližje celo število.

#### Odločitev o točki sprožitve naročila

Kot smo že ugotovili v tem poglavju, nas zanima povpraševanje v času dobavnega odloga, saj smo takrat najbolj "ranljivi" zaradi nizkega nivoja zalog. Za proizvod J smo izračunali, na podlagi enačbe (26), pričakovano povpraševanje v času dobavnega odloga –  $E(X)$  in dobili 12.082 kg, za proizvod K 6.334 kg in za proizvod L 5.704 kg. Najprej bi lahko pomislili, da je to naša iskana količina –  $r^*$ , vendar se moramo spomniti, da je povpraševanje negotovo, zato bo povpraševanje v času dobavnega odloga približno v polovici primerov večje oziroma



manjše od pričakovanega. Pri enakomernem in determinističnem povpraševanju v poglavju 4.1.1 so prej omenjeni nivoji zalog predstavljali točke ponovnega naročila ( $r_0$ ,  $r_o$ ).

Pri izpeljavi modela smo predpostavili standardizirano normalno porazdelitev povpraševanja s standardnim odklonom –  $\sigma_x$ , ki smo ga izračunali v poglavju 3.2.3. Vprašajmo se, kakšno raven založenosti s proizvodi J, K in L si želimo. Izračunali smo točko ponovnega naročila –  $r^*$  za primer 5 % in 1 % verjetnosti nezaloženosti s posameznim proizvodom. To pomeni, da bo (v primeru 5 % verjetnosti nezaloženosti) dejansko povpraševanje v času dobavnega odloga v povprečju preseгло točko  $r^*$  v 5 % primerov ali, povedano drugače, v enem primeru izmed dvajset sproženih. Za proizvod J je točka ponovnega naročila (v primeru 5 % nezaloženosti) pri 4.431 kg (14.691 – 10.260), za proizvod K pri 7.897 kg in za proizvod L pri 285 kg (7.046 – 6761). Za zgoraj omenjeni proizvod J to pomeni, da bodo v povprečju ostali z njim nezaloženi enkrat v obdobju 1 leta in nekaj manj kot 5 mesecev, za proizvod K enkrat v obdobju 2 let in 9 mesecev in za proizvod L enkrat v obdobju 2 let in 11 mesecev. Povsem analogno interpretacijo bi podali v primeru 1 % verjetnosti nezaloženosti.

V našem konkretnem primeru podjetja X zgornji rezultati pomenijo, da se bo proizvodnja zaustavila zaradi vsakega proizvoda posebej, za koliko časa in kolikokrat letno pa na podlagi izpeljanega modela ni moč napovedati. Zato bi podjetju X med drugim predlagali, da povpraševanje loči na mesece z visokim in na mesece z nizkim povpraševanjem. Tako bi lahko znižali točko ponovnega naročila za obdobje julijskih in avgustovskih dopustov ter decembrskih "rajanj", v času visokega povpraševanja pa bi lahko povečali točko ponovnega naročila.

Iz tabele 10 lahko razberemo tudi, kolikšne so varnostne zaloge –  $Z_v$  (v primeru 5 % nezaloženosti); za proizvode J, K in L so enake: 2.609 kg, 1.563 kg in 1.342 kg. Dodatni letni strošek vzdrževanja varnostnih zalog (v primeru 5 % nezaloženosti) so za proizvod J enaki nekaj manj kot poldrugi milijon tolarjev, za proizvod K slabe pol milijona tolarjev in za proizvod L nekaj nad četrt milijona tolarjev.

Čeprav je proizvodnja zgolj po naročilu, to še ne pomeni, da v podjetju uporabljajo t. i. sistem potiskanja (push system). Kot lahko vidimo, že dobavni odlog za surovine znaša mesec dni in več, ko prištejemo še proizvodni čas, to preseže dobavni odlog končnega proizvoda A. V podjetju X zato vzdržujejo surovine neodvisno od naročil, saj bi se v nasprotnem primeru kupci obrnili h konkurenci, kjer bi proizvod dobili hitreje.

## 6. Implementacija modelov zalog in ravnanje z njimi

V prejšnjih poglavjih smo opisali različne modele zalog in njihove izpeljave, vendar sami modeli niso dovolj, potrebno je vzpostaviti primerno okolje za samo praktično uporabo opisanih modelov (ustrezne računovodske podatke, točne podatke o zalogah, dobavnem odlogu itd). Več o tem bomo izvedeli v nadaljevanju, zato si najprej pogledajmo predpogoje za

ravnanje z zalogami, potem pa še implementacijo in postopno prilagajanje zalog (Axsäter, 2000, str. 175–184).

## 6.1 Predpogoji za uspešno ravnanje z zalogami

Razvoj moderne informacijske tehnologije nam omogoča spremljanje sistema ravnanja zalog preko računalnikov. Obstajajo tudi primeri, kjer je ročno spremljanje primernejše, predvsem pri manjšem številu proizvodov, sicer pa je to bolj izjema kot pravilo.

### 6.1.1 Podatki o zalogah

Prvi predpogoj za uspešno delovanje sistema ravnanja zalog so celostni in točni podatki o zalogah. Ti podatki vključujejo: trenutne zaloge, sprožena naročila, odloženo prodajo, razne stroške (strošek naročil, stroške vzdrževanja zalog, zagonske stroške, stroške odloženih in izgubljenih prodaj ...), dobavne odloge itd. Če so že vhodni podatki netočni, lahko podobno netočnost pričakujemo tudi pri optimalni količini naročila in pri točki sprožitve naročila, ki sta naši iskani količini. Ravno zato je potrebno imeti vseskozi dobre podporne sisteme za točnost omenjenih podatkov in posledično naših izračunov. Največ napak se zgodi pri pogostih dobavah in odpremah blaga. Ko je napaka enkrat storjena, vpliva na ravnanje z zalogami do njene odprave, zato je pomembno izboljšati sistem neposredno pri vnosu transakcij ali *post festum* prek sistema, ki bo te napake odkrival in popraviljal.

Vsaka organizacija mora najprej izboljšati sistem vnosa posamezne transakcije, zato da ima vsak trenutek na voljo točne podatke, na podlagi katerih se lahko odloča. Najpogostejši vir napak predstavljajo transakcije, ki niso primerno ali sploh niso zabeležene. Pri tem imajo pomembno vlogo zaposleni, še posebej nadzornik, ki ima odgovornost, da se podatki, s katerimi razpolaga, ujemajo z dejanskim stanjem zalog. Pomen izobraževanja bomo poudarili pozneje, vendar je že tu potrebno spomniti na pomen izobraževanja zaposlenih na vseh ravneh in po posameznih področjih. Zraven sodi tudi motivacija, ki jo zaposleni pri svojem delu tudi potrebujejo. Sistem mora omogočati sledljivost napak, tako da je krivda lahko dokazana posamezniku in ne skupini. Dostop do skladišč mora biti omejen, kar preprečuje večino nedokumentiranih transakcij. Vsak delovni predmet bi moral biti identificiran s številko in lokacijo v skladišču, kar bi zmanjšalo izgubljene in založene delovne predmete. Najlažje je spremljati nivo zalog, če ima le-ta stalno mesto v skladišču in se ne spreminja, na drugi strani pa bi bilo racionalnejše, če bi se mesta lahko spreminjala, saj vemo, da zaloge nihajo, zato pa bi morali imeti dobro koordinacijo oz. operativne postopke med posameznimi skladiščnimi mesti. Naslednji problem so kraje, ki prav tako vodijo do napak v podatkih o zalogah. Drugačne vrste problem predstavljajo enote, ki se tehtajo, saj že majhna napaka pri tehtanju lahko privede do velikih napak v daljšem časovnem obdobju. Tu moramo omeniti tudi problem pokvarljivosti blaga.

Druga oblika zagotavljanja točnosti podatkov je prek sistema, ki bo te napake odkrival in jih popravljaj. To lahko dosežemo s štetjem, ki je pogostejše tam, kjer imamo večje povpraševanje. Tradicionalno periodično štetje, ki se izvaja enkrat ali dvakrat letno, vključuje več ali manj vse delovne predmete, zato je običajno štetje dvakratno in medsebojno neodvisno. Druga metoda štetja, ki se vse bolj uveljavlja, je ciklično štetje. Pri tej obliki osebje vsak dan prešteje določeno število predmetov, ki se tako lahko specializira, saj je zaposleno za polni delovni čas. Pri štetju je pomembno, da preštevamo predmete takrat, ko so zaloge nizke, saj imamo s tem manj dela.

## 6.2 Implementacija in postopno prilagajanje ravnanju zalog

### 6.2.1 Selektivna kontrola zalog

Vsak posamezen delovni predmet je v principu lahko obravnavan in ravnati po svoje, vendar je praktično nemogoče, predvsem pa predrago, tako ravnati z več tisoč predmeti. Zato je mnogo lažje razdeliti delovne predmete v različne skupine in uporabiti enake tehnike napovedovanja povpraševanja in ravnanja z zalogami za vse predmete v isti skupini. Za grupiranje delovnih predmetov poznamo mnogo načinov, eno izmed njih smo uporabili tudi mi, to je analiza ABC. Analiza ABC je najbolj poznana vrsta grupiranja, ki grupira posamezne proizvode po letni vrednosti zalog. Druge metode so še (Potočnik, 2002, str. 139–140): XYZ (grupira glede na porabo, ki je lahko stalna (X) ali spremenljiva (Z)), VED (Vital, Essential, Desirable), HML (High, Medium, Low), SDE (Scarce, Difficult, Easy) itd.

### 6.2.2 Posamezni modeli zalog in njihova preslikava v realnost

V literaturi se pojavljajo številni avtorji s pripadajočimi modeli zalog. Nemogoče bi bilo opisati vse modele, v ta namen sem se omejil le na tiste, katere sem lahko vpeljal v izbrano podjetje X. Ker je stvarnost ponavadi zelo nepredvidljiva, kompleksna in raznolika, je tudi modelov mnogo, a vendar se modeli nikoli popolnoma ne ujemajo s stvarnostjo. Stvarnost je preveč zakomplicirana in modeli so le boljši ali slabši približki. Tega se moramo zavedati, ko imamo opravka z različnimi modeli zalog.

Posamezni modeli zalog imajo osnovo v realnem svetu, vendar upoštevajo samo nekatere elemente stvarnosti, ostale pa zanemarijo. Zato se pogosto dogaja, da rezultati niso v skladu z našimi pričakovanji in moramo zato korigirati stroškovne parametre in razne predpostavke, da bi kompenzirali nezadosten opis modela. Tudi zato je potrebno poznati sleherno predpostavko modela, da bi lahko model ustrezno spremenili oziroma ga dopolnili.

Predpostavimo npr., da je kapital, vezan v zaloge, previsok glede na naša pričakovanja, kar pomeni, da so stroški vzdrževanja zalog previsoki in jih je potrebno znižati. Znižamo jih lahko na več načinov: prva možnost je z znižanjem optimalne količine naročila  $q^*$  in/ali z

znižanjem varnostnih zalog, druga možnost pa je posredna z zvišanjem vzdrževalne obremenitve, kar prek enačbe (8) pripelje do znižanja  $q^*$ .

### 6.2.3 Postopna implementacija različnih modelov zalog

Ravnanje z zalogami je lahko bolj ali manj avtomatizirano. Teoretično bi lahko bile vse odločitve avtomatizirane, vendar bi bile napake s tem pogostejše. Pri implementaciji različnih modelov zalog moramo biti zelo previdni. Pri tem se pojavljata dve pravili: prvo je postopno vpeljevanje sprememb in drugo, sočasna uporaba novega in starega sistema. Ker pri ravnanju z zalogami uporabljamo enake tehnike ravnanja za posamezne skupine proizvodov, obravnavamo vsako skupino posebej. Šele ko je posamezna skupina proizvodov uspešno vpeljana, postopno dodajamo druge. Kot drugo pa je smiselna tudi primerjava rezultatov novega in starega sistema, saj pri tem lahko odkrijemo napake novega sistema, ki ga s popravljenimi napakami še izboljšamo. Pomembno je poudariti tudi prilagajanje modela zalog spremenjenemu okolju. S tem lahko bistveno pripomoremo k izboljšanju ravnanja z zalogami brez vsakokratnega ročnega popravljanja sprememb.

### 6.2.4 Simulacija in posledice postopne implementacije različnih modelov zalog na kratek rok

Ena izmed možnosti, kako oceniti različne modele zalog vnaprej, je simulacija. To pomeni, da matematični model nadomesti realno situacijo v prihodnosti. Ker je ta postopek izredno hiter, se na ta način preverjajo različne možne situacije v prihodnosti z različnimi modeli zalog.

Prilagajanje posameznih sistemov ravnanja zalog ima lahko tako kratkoročne kot tudi dolgoročne posledice. Cilj prilagajanja je ponavadi dolgoročno naravnano, mi pa si bomo pogledali kratkoročne učinke teh prilagajanj. Prva značilnost v sistemu ravnanja zalog je skoraj vedno povečanje celotnih zalog. Ko spreminjamo ravnanje z zalogami, se nekaterim proizvodom točke ponovnega naročila povišajo, drugim znižajo. Zaradi hitrejšega efekta povišanja točke ponovnega naročila na velikost zalog, se bodo celotne zaloge na kratek rok povečale. Druga značilnost prilagajanja na kratek rok so tudi velike spremembe v količini naročil. To lahko pripelje sistem do povečanja proizvodnje, zato mora biti prilagajanje sistema postopno in skrbno nadzorovano. Zato se moramo kratkoročnih posledic zavedati, saj lahko preteče precej časa, preden se sistem ustali. Zato tudi ni nenavadno, da nas prilagajanja včasih pripeljejo do ravno nasprotnih učinkov od željenih.

### 6.2.5 Izobraževanje

Uspešno ravnanje z zalogami zahteva poleg omenjenega tudi znanje in motivacijo. Izobraževanje zaposlenih je tu ključno in mora potekati na vseh nivojih, še zlasti pri tistih, ki odločajo in imajo glavno odgovornost. Ti morajo biti aktivni na svojem profesionalnem

področju in slediti najnovejšim raziskavam. Pogosto se namreč zgodi, da se po odhodu ključne osebe sistem ravnanja z zalogami bistveno poslabša.

Najpomembnejše pri izobraževanju zaposlenih ni samo uporaba informacijskega sistema, ki je bil vpeljan, pač pa zadeva predvsem razumevanje posameznih modelov zalog. Tu mislimo predvsem na predpostavke modelov in obnašanje le-teh, ko spreminjamo posamezne parametre. Zaposleni na najvišjih nivojih morajo izbrati ustrezen model, pri tem pa biti vseskozi v koraku s časom. Pomen izobraževanja je zato upravičeno na prvem mestu, čeprav je nazadnje omenjen.

## SKLEP

Cilj diplomskega dela je empirično preveriti formulo EOQ pri negotovih parametrih in vpliv le-teh na skupne stroške v podjetju X. Pri analizi smo si pomagali z matematičnimi modeli formule EOQ, pri tem pa smo želeli odgovoriti na dve temeljni vprašanji: kolikšna je optimalna količina naročila in kdaj naj sprožimo naročilo. Izračunana optimalna količina naročila –  $q^*$  se le malo razlikuje od optimalne količine naročila, ki so jo na podlagi bolj sofisticiranih matematičnih pristopov (tradicionalni pristop s povprečnimi stroški in pristop s tokom anuitet) izpeljali nekateri avtorji. Zato velja, da lahko z relativno enostavnimi modeli teorije zalog analiziramo in s tem uspešno pomagamo ravnalcem pri sprejemanju njihovih odločitev.

Ker ne poznamo modela, ki bi popolnoma ustrezal realnosti, se moramo zadovoljiti z boljšimi ali slabšimi približki realnosti. Da bi se čim bolj približali realnosti, smo analizirali tako deterministično kot tudi stohastično povpraševanje. Pri analizi različnih modelov zalog je zelo pomembno poznavanje in upoštevanje predpostavk posameznega modela, saj lahko morebitne anomalije ustrezno korigiramo, če poznamo obnašanje modela v razmerah, ko posamezne predpostavke niso izpolnjene.

Najprej smo analizirali osnovni model EOQ, kjer smo med drugim izračunali tudi optimalno količino naročila, ki je optimalna količina naročanja tudi v razmerah stohastičnega povpraševanja. Razlika med obema modeloma je tako v točki sprožitve naročila. Pri determinističnem povpraševanju nimamo varnostnih zalog, ker jih ne potrebujemo, kar pa ne velja za stohastično ali negotovo povpraševanje. Večja kot je raven oskrbe proizvodnje ali potrošnikov, večje varnostne zaloge moramo vzdrževati.

Pri občutljivostni analizi skupnih letnih stroškov v odvisnosti od optimalne količine naročila smo prišli do spoznanja, da je relativno povečanje skupnih stroškov v zadosti majhni okolici  $q^*$  zanemarljivo. Podobno smo se vprašali, za koliko se relativno povečajo skupni letni stroški, ko variramo posamezne parametre enačbe optimalne količine naročila  $K$ ,  $D$  in  $h$ , in prišli do zaključka, da variranje teh parametrov še manj vpliva na povečanje skupnih stroškov kot pri variranju optimalne količine naročila.

Za model ekonomske količine naročila, ko vpeljemo količinski popust, smo na konkretnem primeru izračunali kolikšen popust bi nam dobavitelj moral ponuditi za naročilo 50.000 kg proizvoda J. Podobno bi lahko analizirali tudi vse ostale proizvode.

V poglavju o logistiki in oskrbovalnih verigah smo opozorili na pomen strateških partnerstev med posameznimi podjetji v oskrbovalni verigi. Iz teh partnerstev morajo pozitivne učinke pridobiti vsa podjetja, sicer partnerstvo ni smiselno. Vzpostavitev strateških partnerstev je dolgotrajen proces, ki ga ne moremo doseči čez noč in zato temelji na obojestranskem zaupanju.

Pri implementaciji modelov zalog smo poudarili pomen točnosti podatkov, izobraževanja, selektivnega ravnanja z zalogami (analiza ABC), prikazali pa smo tudi razloge za postopno implementacijo različnih modelov zalog in možne kratkoročne posledice teh odločitev.

## Literatura

1. Anderson D. R., Sweeney D. J., Williams T. A.: Management science, fourth edition. St. Paul: West Publishing Company, 1985. 758 str.
2. Axsäter Sven: Inventory Control. Boston /Dordrecht /London: Kluwer Academic Publishers, 2000. 202 str.
3. Ferbar Liljana: Nadgradnja modela planiranja materialnih potreb (MRP) z vključitvijo teorije odločitev in teorije iger pri stohastičnem povpraševanju. Doktorska disertacija. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1998. 131 str.
4. Hadley G., Whitin T. M.: Analysis of inventory systems. New Jersey: Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1963. 452 str.
5. Košmelj Blaženka, Rovan Jože: Statistični obrazci in tabele. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1997. 76 str.
6. Levin R. I., Kirkpatrick C. A., Rubin D. S.: Quantitative approaches to management, fifth edition. New York: McGraw-Hill Inc., 1982. 763 str.
7. Lukan Andrej: Preskrbovalna veriga s primerom v podjetju Krka. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1999. 103 str.
8. Oblak Henrik: Mednarodna poslovna logistika. Maribor: EPF Maribor, 1997. 362 str.
9. Peterle Polona: Vključitev teorije markovskih verig v model planiranja materialnih potreb. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 84 str.
10. Potočnik Vekoslav: Nabavno poslovanje. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 419 str.
11. Rozman R., Kovač J., Koletnik F.: Management. Ljubljana: Gospodarski vestnik, 1993. 312 str.
12. Shogan A. W.: Management Science. Berkley: Prentice – Hall Inc., 1988. 823 str.
13. Winston L. Wayne: Operations research. Belmont (Cal.): PWS Publishers, 1997. 1312 str.

## Viri

1. Bajec Anton: Slovar slovenskega knjižnega jezika. Ljubljana: DZS, 1994. 1714 str.
2. Bronstein I. N. et al.: Matematični priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1997. 967str.
3. Grubbström R. W., Molinder A.: Further theoretical considerations on the relationships between MRP, input-output analysis and multi-echelon inventory systems. International journal of production economics, 35 (1994), str. 299–311.
4. Interno gradivo podjetja X:
  - Izpis porabe materialov,
  - Spisek internih naročil,
  - Spisek celotne skladiščne dokumentacije,
  - Izpis proizvodnih postopkov,
  - Splošni podatki o podjetju X
5. ISO standardi. [URL: <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/index.html>], 7.6.2003.
6. Osnovni podatki podjetja X. [URL: <http://www.podjetjeX.si>], 4.3.2003.



## PRILOGA 1

Priloga 1: Mesečni podatki o porabi proizvodov J, K in L za leto 2002

Mesec	Proizvod J		Proizvod K		Proizvod L	
	$y_{Ji}$	$(y_{Ji})^2$	$y_{Ki}$	$(y_{Ki})^2$	$y_{Li}$	$(y_{Li})^2$
Januar	13.487	181.899.169	6.865	47.128.225	4.049	16.394.401
Februar	12.417	154.181.889	6.108	37.307.664	4.219	17.799.961
Marec	13.662	186.650.244	7.433	55.249.489	4.476	20.034.576
April	11.321	128.165.041	5.914	34.975.396	3.239	10.491.121
Maj	10.739	115.326.121	5.634	31.741.956	3.821	14.600.041
Junij	13.099	171.583.801	6.171	38.081.241	3.452	11.916.304
Julij	9.314	86.750.596	4.913	24.137.569	2.973	8.838.729
Avgust	12.292	151.093.264	5.995	35.940.025	3.758	14.122.564
September	14.941	223.233.481	8.345	69.639.025	5.293	28.015.849
Oktober	13.702	187.744.804	7.426	55.145.476	4.210	17.724.100
November	11.932	142.372.624	6.911	47.761.921	4.025	16.200.625
December	10.088	101.767.744	5.345	28.569.025	2.751	7.568.001
Skupaj	146.994	1.830.768.778	77.060	505.677.012	46.266	183.706.272

Vir: Interno gradivo podjetja X za leto 2002.

Izračun variance in standardnega odklona za proizvod J, K in L na intervalu (t, t + 1 mesec]:

$$\sigma_J^2 = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N y_{Ji}^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N y_{Ji} \right)^2 \right] = \frac{1}{12} \left[ 1.830.768.778 - \frac{1}{12} (146.994)^2 \right] = 2.513.815$$

$$\sigma_J = \sqrt{\sigma_J^2} = \sqrt{2.513.815} = 1.586 \text{ kg}$$

$$\sigma_K^2 = 901.948$$

$$\sigma_L^2 = 443.976$$

$$\sigma_K = 950 \text{ kg}$$

$$\sigma_L = 666 \text{ kg}$$

## SLOVARČEK

backordered sales costs – stroški odloženih prodaj

basic economic order quantity model – osnovni model EOQ

delivery time – dobavni rok

economic order quantity model with backorders allowed – model EOQ z odloženo prodajo

economic order quantity (EOQ) – ekonomična količina naročila

economic production quantity model – model ekonomične količine proizvodnje

holding costs – stroški vzdrževanja zalog

inventory carrying charge – vzdrževalna obremenitev

lead time – dobavni odlog

lost sales costs – stroški izgubljenih prodaj

ordering costs – stroški naročil

product structure tree – drevesna struktura

purchasing costs – nabavni stroški

sensitivity analysis – občutljivostna analiza

setup costs – zagonski stroški

shortage costs – stroški nezalozenosti

supply chain – oskrbovalna veriga