

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**PREDNOSTI KOORDINIRANEGA SISTEMA PLANIRANJA
OSKRBOVALNE VERIGE V MALOPRODAJNEM SEKTORJU**

Ljubljana, julij 2016

TIBOR VISTER

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Tibor Vister, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Prednosti koordiniranega planiranja oskrbovalne verige v maloprodajnem sektorju, pripravljenega v sodelovanju s svetovalko prof. dr. Liljana Ferbar Tratar.

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 1.7.2016

Podpis študenta:

KAZALO

UVOD	1
1 OSKRBOVALNA VERIGA.....	3
1.1 Opredelitev oskrbovalne verige	3
1.2 Opredelitev planiranja oskrbovalne verige	3
1.3 Cilj integriranega planiranja oskrbovalne verige	4
1.4 Razlogi za držanje zalog v oskrbovalni verigi	5
1.5 Vrste zalog v oskrbovalni verigi	6
1.6 Opredelitev stroškov zalog	6
1.7 Vloga informacijskih sistemov	8
2 OPREDELITEV IN INTEGRACIJA KOMPONENT PRI PLANIRANJU	
OSKRBOVALNE VERIGE	9
2.1 Integriran proces planiranja oskrbovalne verige.....	9
2.2 Planiranje povpraševanja končnega kupca	10
2.2.1 Opredelitev planiranja povpraševanja.....	10
2.2.2 Segmentacija povpraševanja	12
2.2.3 Statistične metode napovedovanja povpraševanja	13
2.2.4 Napake v napovedih povpraševanja za izračun varnostnih zalog.....	14
2.3 Pregled modelov kontrole zalog	15
2.3.1 Opredelitev modelov kontrole zalog.....	15
2.3.2 Zvezni sistem naročanja in periodični sistem naročanja.....	16
2.3.3 Model konstantne količine in model variabilne količine naročila	17
2.3.4 Model za enkratno odločitev ali model za odločanje čez več časovnih obdobj	17
2.3.5 Deterministično in stohastično povpraševanje.....	18
2.3.6 Enonivojska ali večnivojska oskrbovalna veriga	19
2.3.7 Odvisno ali neodvisno povpraševanje.....	20
2.3.8 Deterministični in stohastični dobavni časi.....	21
2.3.9 ROP model s stohastičnim povpraševanjem	21
2.3.10 TSL model kontrole zalog s stohastičnim povpraševanjem.....	24
2.4 Modeli za izračun varnostnih zalog	25
2.4.1 Opredelitev in cilj varnostnih zalog	25
2.4.2 Metoda kritja povpraševanja v prihodnjih obdobjih	26
2.4.3 Metoda ciljne verjetnosti pozitivnega nivoja zalog	27
2.4.4 Metoda ciljnega deleža izpolnjenih naročil kupcev	28
2.5 Planiranje distribucije blaga.....	30
3 ANALIZA UČINKOV INTEGRIRANEGA PLANIRANJA V MEDNARODNEM MALOPRODAJNEM PODJETJU	31
3.1 Predstavitev podjetja	31
3.1.1 Pozicioniranje podjetja.....	31
3.1.2 Produktni portfelj	31
3.1.3 Fizični odtis oskrbovalne verige	32
3.1.4 Pregled planskih procesov oskrbovalne verige	32
3.2 Analiza in interpretacija rezultatov	32
3.2.1 Analiza povpraševanja in točnost plana povpraševanja.....	33

3.2.2	Izračun nivoja zalog in stroškov zalog za lokalni skladišči.....	35
3.2.3	Izračun nivoja zalog in stroškov zalog za centralno skladišče	40
3.2.4	Primerjava stroškov zalog celotne oskrbovalne verige za posamezen scenarij.	48
3.3	Ugotovitve in predlogi.....	48
SKLEP.....		49
LITERATURA IN VIRI.....		50
PRILOGA		i

KAZALO SLIK

Slika 1:	Shema procesa integriranega planiranja oskrbovalne verige.....	10
Slika 2:	Segmentacija produktov na osnovi variabilnosti in vrednosti prodaje	13
Slika 3:	Kosovnica za proizvodnjo izdelka A	20
Slika 4:	Optimum stroškov in EOQ	23
Slika 5:	Shema ROP modela	24
Slika 6:	Shema TSL modela.....	25
Slika 7:	Prikaz gibanja povpraševanja in plana povpraševanja za izdelek A00001 v Državi 1.....	33
Slika 8:	Prikaz gibanja povpraševanja in plana povpraševanja za izdelek A00001 v Državi 2.....	33

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Pregled tehnik časovnih vrst	14
Tabela 2:	Pregled mer variabilnosti in povprečnih vrednosti za izdelek A00001	34
Tabela 3:	Pregled planskih napak v tednih 30 do 35 in standardnega odklona	34
Tabela 4:	Izračun stroškov držanja zaloge za lokalni skladišči	35
Tabela 5:	Parametri povpraševanja in dobave za izdelek A00001 na lokalnih skladiščih.....	36
Tabela 6:	Dejanski nivo zalog in stroški zalog za izdelek A00001 na lokalnem skladišču v Državi 1	38
Tabela 7:	Izračun ciljnega nivoja zaloge in stroškov zalog za Izdelek A00001 glede na TSL model kontrole zalog na lokalnem skladišču v Državi 1	38
Tabela 8:	Dejanski nivo zalog in stroški zalog za posamezen teden za izdelek A00001 na lokalnem skladišču v Državi 2	39
Tabela 9:	Izračun ciljnega nivoja zaloge in stroškov zalog za Izdelek A00001 glede na TSL model kontrole zalog na lokalnem skladišču v Državi 2	39
Tabela 10:	Parametri povpraševanja in dobave za izdelek A00001 na centralnem skladišču	40

Tabela 11: Standardni odklon dejanskih naročil lokalnih skladišč	41
Tabela 12: Standardni odklon naročil lokalnih skladišč pri uporabi TSL modela za 2 lokalni skladišči.....	41
Tabela 13: Izračun stroškov držanja zaloge za centralno skladišče	42
Tabela 14: Pregled nivoja in stroškov zalog za obstoječe stanje na centralnem skladišču in lokanih skladiščih (scenarij 1).....	42
Tabela 15: Pregled nivoja in stroškov zalog pri uporabi TSL modela za centralno skladišče. Poraba na centralnem skladišču so dejanska naročila lokalnih skladišč (scenarij 2).	44
Tabela 16: Pregled nivoja in stroškov zalog pri uporabi TSL modela za centralno skladišče. Poraba na centralnem skladišču so dejanska naročila 17. lokalnih skladišč in naročila izračunana preko TSL modela za 2 državi (scenarij 3).....	45
Tabela 17: Primerjava stroškov zalog celotne oskrbovalne verige za posamezen scenarij.	48

UVOD

Oskrbovalne verige so postale ena izmed ključnih strateških prednosti podjetij, tako z vidika stroškovne učinkovitosti kot iz nakupne izkušnje kupca. Z vplivi globalizacije in rastočega mednarodnega poslovanja pa so le-te postale daljše in zato tudi bolj nepredvidljive ter izpostavljene tveganjem. Eden izmed pomembnih trendov v maloprodajnem sektorju je hitra rast portfelja izdelkov preko vpliva e-prodaje, kar dodatno prispeva h kompleksnosti oskrbovalnih verig.

Ključna komponenta za uspešno upravljanje oskrbovalnih verig je koordinirano planiranje oskrbovalne verige, ki podjetju omogoča usklajevanje prodajnih planov s plani dobav in zalog ter vzdrževanje želenega nivoja storitve za kupce.

Maloprodajna podjetja v Sloveniji še vedno uporabljajo nepovezane procese planiranja oskrbovalnih verig, kar močno vpliva na nivo zalog in posledično na stroškovno učinkovitost podjetja oziroma prodajno uspešnost. V praksi velikokrat opazimo, da različne funkcije v podjetju delujejo na podlagi različnih in nepovezanih planov (prodaja, nabavna logistika, prodajna logistika, finance itd.) ali pa celo brez planov, kar vodi do podvajanja dela, napak in predvsem neučinkovitosti, ki izhaja iz nepovezanih procesov.

Namen. V diplomski nalogi želimo predstaviti osnove koordiniranega modela planiranja oskrbovalne verige (povpraševanje ni znano vnaprej, soočamo se s problemom večkratnega naročanja) in na primeru mednarodnega maloprodajnega podjetja ugotoviti možnosti za znižanje stroškov zalog v srednje velikih podjetjih, usmerjenim v prodajo končnim kupcem.

Z diplomsko nalogo želimo prikazati prednosti integriranega planiranja oskrbovalnih verig s poudarkom na modelih kontrole zalog in integraciji komponent planiranja oskrbovalne verige v koordiniran sistem. Izpostavili bomo osnovne koncepte, taktike in modele, ki so pomembni za planiranje oskrbovalnih verig.

Na primeru mednarodnega maloprodajnega podjetja želimo ugotoviti prednosti integriranega procesa planiranja s poudarkom na prednostih matematičnih modelov kontrole zalog, ki upoštevajo tveganje variabilnosti povpraševanja. Pojavlja se tudi vprašanje, kakšne so ovire pri implementaciji integriranega procesa, kakšno spremembo leta prinaša v delovanje organizacije, ter kakšne so potrebe po informacijskih sistemih.

Skušali bomo potrditi tezo, da vpeljava integriranega planiranja oskrbovalne verige podjetjem prinaša znižanje stroškov zalog in/ali višji nivo izpolnitve povpraševanja kupcev.

Opis problema. Hitra rast produktnega portfelja, dolgi dobavni časi, visoke planske napake in slabo povezani planski procesi povzročajo visoke investicije v zaloge. Kljub visokim investicijam v zaloge pa se podjetje še vedno sooča z negativnimi zalogami na nekaterih ključnih proizvodih. Dodaten problem predstavlja tudi pretežno ročen proces naročanja, ki ne temelji na modelih kontrole zalog in je nepovezan med posameznimi nivoji v oskrbovalni verigi. Opisana situacija predstavlja za podjetje pereč problem, saj je celotna investicija v zaloge visoka, ni primerno alocirana po posameznih proizvodih, dodatno pa zaloge niso optimalno alocirane med posameznimi trgi.

Podjetje potrebuje boljšo rešitev za kontrolo zalog, ki bi bolje alocirala investicijo v zaloge in s tem izboljšala razpoložljivost zalog na posameznih produktih in trgih.

Metodologija dela. Z namenom potrditve teze smo definirali 3 scenarije, preko katerih bomo prikazali, kako model ciljnega nivoja zalog (angl. *Target stock level*, v nadaljevanju TSL), predstavljen v poglavju 2.2.9, vpliva na stroške zalog v celotni oskrbovalni verigi.

Scenariji so:

1. Stroški zalog pri obstoječem vodenju zalog za lokalna skladišča in centralno skladišče.
2. Stroški zalog pri obstoječem vodenju zalog za lokalna skladišča in TSL model kontrole zalog za centralno skladišče.
3. Stroški zalog pri obstoječem vodenju zalog za 17 lokalnih skladišč in TSL model kontrole zalog za 2 lokalni skladišči, ter TSL model kontrole zalog za centralno skladišče.

Za scenarij 2 in scenarij 3 bomo izračunali prihranke in s tem prikazali kako uvajanje TSL modela kontrole zalog na posamezni nivo oskrbovalne verige vpliva na stroške držanja zalog.

Za izračun stroškov zalog pri obstoječem vodenju zalog smo iz podatkovne baze izvozili tedenske zgodovinske podatke za en izdelek na nivoju dveh lokalnih skladišč in na nivoju centralnega skladišča. Podatki prikazujejo nivoje zalog, povpraševanje, plan povpraševanja, planske napake, oddana naročila in prejete dobave za tedne 36 do 52 v letu 2015, kar okvirno predstavlja zadnji kvartal leta 2015.

1 OSKRBOVALNA VERIGA

1.1 Opredelitev oskrbovalne verige

V modernem globaliziranem poslovnem okolju je oskrbovalna veriga postala ključna komponenta pri diferenciaciji in poslovni uspešnosti podjetja oziroma verige podjetij.

V strokovni literaturi avtorji navajajo različne opredelitve oskrbovalne verige, Ganesham in Harrision (1995, str. 1) jo definirata kot mrežo objektov in distribucijskih poti, ki zagotavlja funkcije nabave materialov, preoblikovanje teh materialov v pol izdelke in končne izdelke, ter distribucijo končnih proizvodov do potrošnika.

Če povzamemo, večino opredelitev, ki smo jih zasledili in jih oblikujemo v luči lastnega razumevanja, bi zapisali sledeče. Oskrbovalna veriga vključuje in povezuje mrežo proizvajalcev, skladišč, transportnih podjetij, distributerjev, maloprodajnih trgovin in ponudnikov e-nakupovanja vse do končnega kupca, ki v modernih poslovnih modelih nastopa kot osrednji subjekt poslovnih procesov. Glavni cilj oskrbovalne verige je zagotoviti pravilne proizvode in storitve ob pravem času in na pravem mestu z ustrezno kakovostjo in ceno ter s čim manjšimi stroški. Vse aktivnosti pa potekajo s ciljem uresničevanja visokega nivoja storitve do končnega kupca.

Veliko podjetij se osredotoča predvsem na optimizacijo notranje oskrbovalne verige, s tem pa neposredno povzročajo neučinkovitosti v celotni globalni oskrbovalni verigi. V oskrbovalnih verigah, kjer sodelujejo večji partnerji, ki so medsebojno veliko bolj odvisni, se vedno bolj uporablja koncept vrednostne verige, ki se osredotoča na optimizacijo procesov in stroškov na nivoju celotne oskrbovalne verige z namenom razdelitve prihrankov vsem subjektom v oskrbovalni verigi, ali pa prenosa prihrankov na končnega kupca v primeru konkuriranja na osnovi cene.

1.2 Opredelitev planiranja oskrbovalne verige

Planiranje oskrbovalne verige (angl. *Supply chain planning* – SCP) je proces periodičnega koordiniranja virov podjetja v prihodnjih obdobjih s ciljem usklajevanja povpraševanja in dobave, ter doseganjem optimalnih stroškov glede na ciljni nivo storitve.

Planiranje oskrbovalne verige pomeni usklajevanje funkcij v podjetju kot so nabava, proizvodnja, transportna logistika, marketing, prodaja in finance, ter subjektov v zunanjem okolju podjetja, kot so na primer dobavitelji.

Na tem področju se pogosto pojavljajo novi pristopi, ki naj bi izboljšali koordiniranje logistike in operacij v podjetju z oddelki prodaje in marketinga ter vpeljali proces za

sprejemanje taktičnih odločitev z namenom uskladitve povpraševanja z dobavo izdelkov in storitev v prihodnjih obdobjih. Dva med bolj popularnimi pristopi sta integrirano planiranje poslovanja (angl. *Integrated business planing* – IBP) in planiranje prodaje in operacij (angl. *Sales and operations plannig* – S&OP).

Rushton, Croucher in Baker (2014, str. 21) delijo planiranje oskrbovalne verige na:

1. **Strateško planiranje:** srednjeročno do dolgoročno planiranje, ki zajema strateške odločitve, kot so definiranje distribucijskih kanalov, število, lokacija, velikost in struktura distribucijskih centrov, število in lokacija centralnih skladišč, lokacija proizvodnih obratov itd.
2. **Taktično planiranje:** kratkoročno do srednjeročno planiranje, ki zajema odločitve glede lokacije in kontrole zalog, dobaviteljev, izbire transportnih metod, informacijskih sistemov itd.
3. **Operativno planiranje:** se nanaša na vsakodnevno sprejemanje odločitev s ciljem implementacije operativnega plana. Na tem nivoju se definira plan povpraševanja, plan dnevne razpoložljivosti virov v skladišču, plan nivoja zalog za posamezno obdobje, potrebne obnove zalog na posameznih lokacijah itd.

Pri zgornji definiciji je potrebno izpostaviti, da se odločitve, ki se nanašajo na posamezno plansko obdobje lahko močno razlikujejo med različnimi tipi podjetij. Kot primer lahko navedemo logistično podjetje, ki se ukvarja s paketno dostavo, kjer je izbira transportnih metod strateškega pomena. Na drugi strani pa imamo podjetja, ki imajo minimalen obseg fizičnega transporta blaga in se odločajo o transportnih metodah na operativnem nivoju. Pomembno je tudi razumevanje, kako odločitve, sprejete na višjem dolgoročnem planskem nivoju, vplivajo na nižje planske nivoje, kjer so določene omejitve in strukture že dane s strateškimi odločitvami in jih moramo vzeti kot fiksne okvire pri srednjeročnem in kratkoročnem planiranju.

V nadaljevanju diplomske naloge se bomo osredotočili predvsem na srednjeročno taktično in kratkoročno operativno planiranje oskrbovalne verige z vidika avtomatizacije distribucije blaga, optimizacije nivoja zalog na posamezni lokaciji ter doseganje zelenega nivoja storitve glede na planirano povpraševanje kupcev.

1.3 Cilj integriranega planiranja oskrbovalne verige

Cilj integriranega planiranja oskrbovalne verige je z vidika planiranja zalog, grajenje in implementacija učinkovitega in preglednega plana distribucije blaga preko celotne oskrbovalne verige ter plan optimalnega nivoja zalog na posamezni lokaciji za posamezno plansko obdobje znotraj planskega horizonta. Pri tem procesu je poudarek na optimizaciji stroškov oskrbovalne verige glede na dane omejitve in ciljni nivo izpolnitve naročil končnega kupca.

Pri gradnji plana se uporabljajo matematični modeli za kontrolo zalog, ki jih bomo predstavili v nadaljevanju diplomske naloge. Modeli za kontrolo zalog usklajujejo nasprotujoče si cilje posameznih funkcij v podjetju, kar dosegaajo preko optimizacije stroškov oskrbovalne verige.

Robusten plan distribucije blaga in nivoja zalog za planski horizont omogoča kvalitetno grajenje planov, ki so potrebni znotraj oskrbovalne verige in ostalih povezanih funkcij v podjetju. Primeri planov, ki jim plan distribucije blaga in nivoja zalog služi kot ključna vhodna komponenta, so:

1. plan nabave,
2. plan izdaje blaga,
3. plan denarnega toka,
4. plan upravljanja naročil kupcev,
5. plan potrebnih človeških virov v skladišču,
6. plan potrebnih skladiščnih kapacitet,
7. transportni plan.

1.4 Razlogi za držanje zalog v oskrbovalni verigi

Podjetja držijo zalogo v različnih oblikah (surovi materiali, pol proizvodi, končni proizvodi) iz različnih razlogov. Razumevanje razlogov za držanje zalog in kako ti vplivajo na specifične količine zalog je pomembno za uspešno planiranje in upravljanje oskrbovalne verige.

Po Rushton et al. (2014, str. 194) in Piasecki (2009, str. 12–13) lahko opredelimo naslednje razloge za držanje zalog:

1. **Zniževanje stroškov proizvodnje.** V proizvodnih procesih je sprememba nastavitev opreme stroškovno neučinkovita, zato je smiselno imeti čim večje proizvodne serije z namenom zniževanja stroškov na enoto proizvoda. Pomembno je, da se te stroške uravnoteži s stroški držanja zalog.
2. **Premostitev variacij v povpraševanju.** Povpraševanje po izdelkih ni nikoli povsem predvidljivo in ima vedno določeno odstopanje od planiranega povpraševanja. Za preprečevanje manka zalog podjetja držijo tako imenovano varnostno oziroma intervencijsko zalogo, katere višina je odvisna od variabilnosti povpraševanja.
3. **Premostitev variacij v dostavnih rokih.** Dodatna varnostna zaloga je uporabljena za pokrivanje potencialnih zamud v dostavah iz strani dobaviteljev oziroma predhodnih distribucijskih lokacij.
4. **Stroški nabavnih procesov.** Vsako nabavno naročilo je asociirano z določenimi administrativnimi stroški. Podjetja morajo optimizirati stroške, ki so povezani z

naročanjem, in stroške držanja zalog, to pa dosegajo z modelom ekonomske količine naročila (angl. *Economic order quantity*, v nadaljevanju EOQ).

5. **Naročanje večjih količin zaradi količinskih popustov.**
6. **Premostitev sezonskega povpraševanja.** Mnogi izdelki imajo sezonski tip povpraševanja, pri katerih se v določeni sezoni kreira večina letnega povpraševanja. Zaradi optimizacije proizvodnih procesov in kapacitet se zaloga za te izdelke gradi skozi daljše obdobje, da zadosti nenadnemu dvigu povpraševanja v visoki sezoni.
7. **Za takojšnjo zadostitev povpraševanja.** Kupci v mnogih panogah pričakujejo takojšnje pokritje naročil. V ta namen morajo podjetja držati zalogo za tako imenovano dnevno povpraševanje.

1.5 Vrste zalog v oskrbovalni verigi

Zalogo v oskrbovalnih verigah podjetij lahko razdelimo tudi na različne vrste zaloge. To zalogo običajno najdemo na strateških točkah v oskrbovalni verigi in stičnih točkah z dobavitelji in kupci.

Po Hugos (2006, str. 12–13) lahko opredelimo naslednje vrste zalog:

1. **Ciklična oziroma delovna zaloga.** To je zaloga za izpolnjevanje rednega oziroma povprečnega pričakovanega povpraševanja v določenem obdobju izključujoč varnostno zalogo. Zaloga je ustvarjena iz izdelkov, ki so v prihodu preko celotne oskrbovalne verige v večjih količinah z namenom zadostitve rednega povpraševanja v manjših količinah. Tipičen primer je nabavno naročilo v večji količini (na primer kontejner), ki je ravno kar prispelo na zalogo in se bo uporabilo za zadostitev povpraševanja v naslednjih tednih.
2. **Varnostna zaloga.** To je zaloga, ki jo uporabimo za pokritje nepredvidljive fluktuacije povpraševanja znotraj obdobja, ki je potrebno za obnove zaloge.
3. **Sezonska zaloga.** To je zaloga, ki jo gradimo za zadostitev večjega dviga povpraševanja. Primer tega je zaloga, ki jo maloprodajna podjetja zgradijo pred božičnim nakupovalnim obdobjem.

1.6 Opredelitev stroškov zalog

Stroški zalog so stroški povezani z držanjem in naročanjem zalog ter stroški manjka zalog preko določenega časovnega obdobja. Opredelitev stroškov zalog in možnost izračuna je pomemben dejavnik predvsem za različne trgovce, saj zaloge pogosto predstavljajo velik del obratnega kapitala in stroškov v tovrstnih podjetjih. Zajem stroškov zalog in pravilna kategorizacija se v praksi pogosto izkaže za problematično, kar posledično vpliva na pravilnost poslovnih odločitev na področju upravljanja zalog.

Stroške zalog lahko razdelimo na naslednje skupine:

1. **Stroški naročanja zalog** so stroški, povezani z oddajo naročila, stroški obdelave naročila pri dobavitelju, ali stroški, povezani s prevzemom blaga v skladišču. Pomembno je, da so ti stroški povezani s samim naročilom in neodvisni od naročene količine.
2. **Stroški držanja zalog** so stroški, povezani s stroškom kapitala, vezanega v zaloge (ki bi lahko na primer vezali v banki in iz tega naslova kreirali prihodek), stroški servisiranja zalog v skladišču, stroški skladiščnega prostora, potrebnega za hranjenje zalog, stroški zavarovanja zalog ter stroški tveganja zalog, ki vsebujejo stroške, povezane z zastaranjem ali uničenjem zalog in posledičnim zmanjšanjem vrednosti. Kot smernico lahko upoštevamo, da je potrebno vključiti vse stroške, ki so odvisni od nivoja zalog. Stroški so pogosto definirani kot delež nabavne vrednosti blaga za povprečni nivo zalog v določenem obdobju.
3. **Stroški manka oziroma negativnih zalog** so stroški, povezani z izgubo prihodka zaradi izgubljene prodaje, reševanjem poizvedb iz strani kupcev ter urejanjem neizpolnjenih naročil.

Stroški zalog, kot smo jih opredelili, so vhodna komponenta za izračun EOQ naročila. Uporablja se jih tudi kot kazalce učinkovitosti vodenja zalog preko planskega horizonta. V nadaljevanju bomo predstavili primere osnovnih enačb za izračun stroškov zalog za posamezno obdobje, ki je v našem primeru teden.

Stroške držanja zalog na kos za posamezno obdobje lahko izračunamo s pomočjo enačbe (1). Enačba je odvisna od dejavnikov v posameznem podjetju. V obravnavanem podjetju izračunajo strošek zaloge na kos na teden kot:

$$\text{Strošek zaloge na kos / teden} = \frac{\text{strošek paletnega mesta na teden}}{\text{število kosov na paleto}} + \text{lastna cena} \times \text{tedenska obrestna mera} \quad (1)$$

Celotni strošek držanja zalog za posamezno obdobje pa izrazijo z enačbo (2):

$$\text{Strošek držanja zalog} = \text{povprečna tedenska zaloga} \times \text{strošek zaloge na kos/teden} \quad (2)$$

Celotni strošek negativne zaloge v obravnavanem podjetju izračunajo s pomočjo enačbe (3):

$$\text{Strošek negativne zaloge} = \text{negativna končna zaloga} \times \text{strošek negativne zaloge na kos/teden} \quad (3)$$

Kjer je strošek negativne zaloge na kos/teden obračunan kot strošek dobave oziroma darila (več na strani 35).

1.7 Vloga informacijskih sistemov

Moderne oskrbovalne verige so izjemno povezane z informacijsko tehnologijo. Informacijska tehnologija omogoča zajem in shranjevanje prodajnih podatkov, zajem podatkov o stanju zalog in blaga v tranzitu, ter prenos vseh teh informacij do internih uporabnikov ter partnerjev.

Poleg zajema in prenosa podatkov je z vidika planiranja oskrbovalne verige informacijska tehnologija ključna zaradi zmožnosti obdelave večje količine podatkov. Moderni informacijski sistemi za planiranje oskrbovalne verige (angl. *supply chain planning solutions*) podpirajo kontrolo kakovosti podatkov, grajenje statističnih napovedi povpraševanja z uporabo različnih algoritmov, optimizacijo zalog preko celotne oskrbovalne verige na več nivojih (angl. *multi echelon inventory optimization* – MEIO), izračun plana distribucije blaga ter še mnogo drugih planskih procesov.

Informacijska tehnologija omogoča apliciranje statističnih in optimizacijskih modelov preko velikega števila izdelkov, kar je še posebej pomembno v maloprodajnem sektorju, kjer so prisotni trendi povečevanja števila izdelkov z nizko vrednostjo prodaje.

Preko definiranja poslovnih pravil in nastavitev modelov nam informacijski sistemi omogočajo avtomatizacijo procesov in kreiranje uporabniških opozoril, kjer odstopanja presegajo določene vrednosti. To omogoča upravljanje procesov na osnovi izjem (ang. *exception based management*), kar pomeni, da sistemi opozorijo planerje o izjemnih dogodkih, na katere se lahko osredotočijo in s tem optimizirajo delovne zadolžitve.

Ker izhodni podatki modelov temeljijo na poslovnih pravilih in vhodnih podatkih, se vedno bolj uveljavlja proces upravljanja kakovosti podatkov. V primeru planiranja oskrbovalnih verig je problem kakovosti podatkov še toliko bolj pereč, saj v večini primerov podatki izhajajo iz različnih nepovezanih sistemov z različnimi podatkovnimi strukturami. Pomembna je torej točnost podatkov, interpretacija podatkov ter časovna usklajenost podatkov za različne dogodke.

Kot primer lahko navedemo poslovni dogodek knjiženja prodajnega naloga. Ta dogodek ima tri posledice: dvig prodaje, znižanje odprtih naročil, ter znižanje zaloge. Tu je ključno, da v sistemih hkrati zajamemo znižanje odprtih naročil in znižanje zaloge, saj oba podatka vplivata na izračun in definicijo potreb po blagu v oskrbovalni verigi.

Trg ponudnikov sistemov za planiranje oskrbovalne verige je danes že zelo razvit. Najboljši sistemi imajo modularno zasnovo, kjer brezšivno povezani moduli skrbijo za

različna planska področja. Pri implementaciji tovrstnih sistemov igra pomembno vlogo integracija s sistemi za planiranje virov v podjetju (angl. *enterprise resource planning* – ERP), kjer planski sistemi črpajo osnovne podatke o produktih ter transakcije.

2 OPREDELITEV IN INTEGRACIJA KOMPONENT PRI PLANIRANJU OSKRBOVALNE VERIGE

2.1 Integriran proces planiranja oskrbovalne verige

Integriran proces planiranja oskrbovalne verige vključuje več komponent, ki jih bomo podrobno predstavili v sledečih poglavjih. Kot del uvoda v planiranje oskrbovalne verige pa je pomembno izpostaviti smiselni proces planiranja z namenom boljšega razumevanja vloge posameznih komponent. Koraki v smiselnem sosledju so:

1. Planiranje povpraševanja.

- 1.1. Zajem zgodovinskih podatkov povpraševanja iz transakcijskih sistemov na najnižjem nivoju granulacije glede na strategijo planiranja po planskih dimenzijah.
- 1.2. Čiščenje zgodovinskih podatkov (izločitev vpliva marketinških kampanj, negativnega povpraševanja, nelogičnih podatkov itd.).
- 1.3. Izračun napovedi povpraševanja (časovne vrste, regresija, nevronske mreže itd.).
- 1.4. Prilagoditev napovedi glede na planirane marketinške aktivnosti.
- 1.5. Dogovor glede končnega plana za trenutni planski cikel.

2. Planiranje zalog

- 2.1. Implementacija izbranega modela kontrole zalog.
- 2.2. Uskladitev želenega nivoja storitve za posamezno lokacijo in produktno skupino.
- 2.3. Izračun varnostnih zalog za posamezno plansko obdobje in posamezno lokacijo na osnovi variabilnosti povpraševanja oziroma standardnega odklona napak plana povpraševanja.

3. Izračun idealnega plana distribucije blaga.

- 3.1. Zajem odprtih prodajnih in nabavnih naročil.
- 3.2. Definiranje omejitev oskrbovalne verige (dobavni čas, pakirne enote, kapacitete transportnih enot in skladišč itd.).
- 3.3. Izračun planiranih dobav za posamezno obdobje na planskem horizontu.
- 3.4. Izračun nivoja zalog na koncu posameznega obdobja.

4. Pregled kritičnih razhajanj med dobavo in povpraševanjem za posamezno obdobje znotraj fiksnega obdobja dobav in implementacija ukrepov.

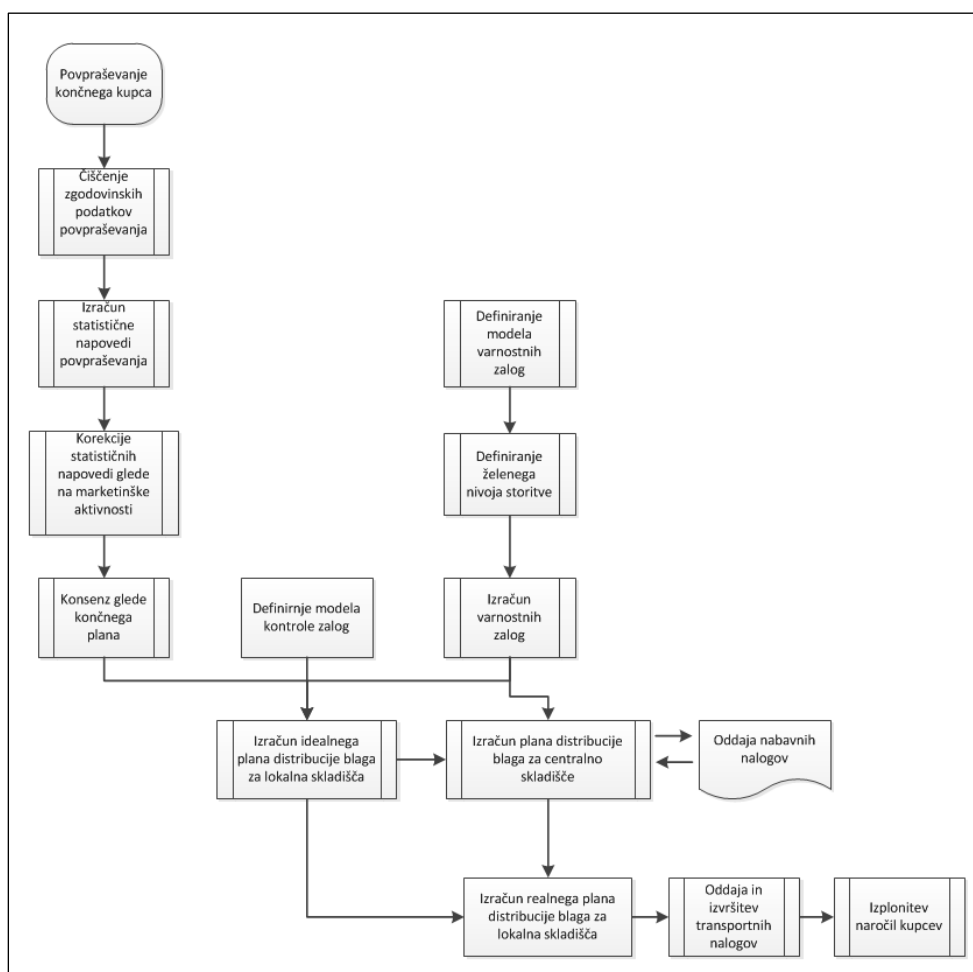
- 4.1. Management povpraševanja.
- 4.2. Izbira alternativnih virov transporta.
- 4.3. Management dobaviteljev.

5. Izračun realnega plana dobav.

6. **Alokacija omejene razpoložljivosti zalog na posamezni lokaciji** med subjekte, ki kreirajo povpraševanje na lokaciji. Obdobje omejene razpoložljivosti je definirano z dobavnimi časi preko celotne oskrbovalne verige.

Na Sliki 1 je prikazana shema integriranega procesa planiranja oskrbovalne verige, kjer centralno skladišče oskrbuje več lokalnih skladišč, ki skrbijo za distribucijo blaga do končnih kupcev.

Slika 1: Shema procesa integriranega planiranja oskrbovalne verige



2.2 Planiranje povpraševanja končnega kupca

2.2.1 Opredelitev planiranja povpraševanja

Planiranje povpraševanja je z vidika planiranja oskrbovalne verige potrebno iz dveh razlogov. Prvi razlog je, da so dobavni časi dobaviteljev običajno daljši kot dobavni časi, ki so jih pripravljene sprejeti kupci, zato morajo podjetja naročiti blago še pred povpraševanjem. Drugi razlog je, da se v oskrbovalnih procesih pojavljajo stroški,

povezani s posameznim nabavnim nalogom, zato podjetja skušajo te stroške optimizirati z naročanjem večjih količin blaga, ki bodo zadostovale za daljše obdobje planirane prodaje.

Plan povpraševanja lahko razumemo kot predvideno povprečno povpraševanje za določeno prihodnje časovno obdobje. Ni pa dovolj, da ocenimo samo povprečno povpraševanje. Potrebno je določiti oziroma oceniti tudi možen razpon povpraševanja, ki ga merimo s standardnim odklonom ali pa povprečno absolutno napako plana povpraševanja za pretekla obdobja. Ocena napake v povpraševanju oziroma variabilnosti povpraševanja je pomembna pri definiranju višine varnostnih zalog. Višja kot je nesigurnost plana povpraševanja, višje varnostne zaloge bomo potrebovali za omogočanje enakega nivoja storitve do kupcev.

Optimalen proces planiranja povpraševanja se lahko razlikuje med posameznimi panogami. Razlika izhaja predvsem iz obsega možnosti uporabe zgodovinskih prodajnih podatkov za napovedovanje prihodnjega povpraševanja. Panoge, kjer so življenjski cikli izdelkov izredno kratki in je povpraševanje pod močnim vplivom marketinških aktivnosti, se lahko v manjši meri naslonijo na preteklo prodajo kot kazalec prihodnje prodaje.

Pri grajenju planov je pomembno razumevanje spodnjih zakonitosti:

1. Večja kot je granulacija podatkov, večja je variabilnost podatkov.
2. Točnost plana se zmanjšuje z oddaljenostjo obdobja, za katerega gradimo plan.
3. Bolj kompleksne metode za izračun plana niso nujno tudi bolj točne.
4. Pogosti ročni popravki plana po navadi ne izboljšajo, popravke vnašamo samo, če so večji in imajo trdno osnovo.
5. Plan prodaje ni samo ena vrednost (povprečna), ampak razpon možnih vrednosti plana glede na ocenjeno napako v planu.
6. Sezonskost prodaje upoštevamo samo, če poznamo poslovne razloge za sezonskost.

Po Mentzer in Moon (2005, str. 18–21) lahko metode planiranja povpraševanja razdelimo na spodnje skupine:

1. **Statistične napovedi oziroma časovne vrste**, ki se naslanjajo na projekcijo preteklih trendov in vzorcev v prihodnost.
2. **Vzročne napovedi oziroma regresijska analiza**, ki se ukvarja z analizo eksternih dejavnikov in njihovo uporabo za namen napovedi povpraševanja.
3. **Plan na osnovi znanja strokovnjakov** – uporaba subjektivnega pogleda enega ali več posameznikov na prihodnjo prodajo.

Z namenom optimizacije procesa planiranja povpraševanja lahko podjetja upoštevajo glavne smernice oziroma faze grajenja plana povpraševanja, ki so opisane v spodnjih točkah:

1. **Priprava** vključuje konsistenten proces zajema podatkov o povpraševanju ter popravke teh podatkov v smislu odstranitve nenavadnega povpraševanja (negativno povpraševanje, promocijski dvigi itd.). Pomembno je, da podjetja merijo povpraševanje in ne prodajo.
2. **Grajenje osnove** vključuje izračun statistične napovedi povpraševanja z uporabo metode tekmovanja različnih statističnih algoritmov in izbire najboljšega na osnovi najmanjše napake napovedi za preteklo obdobje.
3. **Nadgradnja plana** z uporabo regresijske analize.
4. **Integracija znanja ekspertov** predstavlja prilagoditve ekspertov glede na znanje in izkušnje.
5. **Grajenje konsenza glede končnega plana** izpeljanega iz primerjave planov različnih subjektov, ki imajo vpliv na prihodnje povpraševanje.

Pomembno je razumevanje, da vsak nadaljnji korak v zgornjem procesu zahteva dodatne vire in s tem povečevanje stroškov procesa planiranja povpraševanja. Na osnovi tega dejstva morajo podjetja redno pripravljati analizo aktivnega portfelja produktov s ciljem priprave produktne segmentacije.

Osnovno idejo in metodo segmentacije bomo predstavili v naslednjem poglavju, temu sledi še poglavje s pregledom najpogostejše uporabljenih statističnih metod planiranja.

2.2.2 Segmentacija povpraševanja

Segmentacija povpraševanja nam poda odgovor, kako pristopiti k posameznemu izdelku oziroma skupini izdelkov pri procesu planiranja povpraševanja in kontrole zaloge.

V uvodu v diplomsko delo smo že omenili, da moderni poslovni modeli narekujejo podjetjem široke produktne portfelje. To pomeni, da se podjetja soočajo z izzivom planiranja povpraševanja za visoko število produktov. Ker so viri, ki jih potrebujemo v procesu planiranja, vedno omejeni oziroma imajo določene stroške, je potrebno optimizirati pristop in čas, ki ga bomo alocirali za pripravo plana posameznega izdelka.

Po Chase (2009, str. 67–74) uvrščamo produkte v eno izmed štirih kategorij, v katerih ima posamezna kategorija predefiniran koncept priprave plana povpraševanja. Slika 2 prikazuje metodo segmentacije, ki temelji na meri spremenljivosti povpraševanja in meri delež povpraševanja v celotnih prihodkih. Variabilnost povpraševanja merimo s koeficientom variabilnosti, ki je izračunan kot delež standardnega odklona v povprečni vrednosti spremenljivke (v našem primeru količina povpraševanja po produktu v izbranem časovnem obdobju). Delež prihodka merimo kot vrednost prihodkov za posamezen produkt glede na celotne prihodke v izbranem časovnem obdobju.

Slika 2: Segmentacija produktov na osnovi variabilnosti in vrednosti prodaje

Variabilnost povpraševanja	Visoka	Zahtevno Preverite, zakaj je produkt v ponudbi. Razumevanje produktnega plana. V primeru, da je produkt pomemben se mu posvetite.	Uporaba regresijskih metod napovedovanja v kombinaciji s časovnimi vrstami za grajanje osnovnega plana. Uporaba metod doseganja konsenza plana za ključne produkte in trge.
	Nizka	Enostaven statističen plan je učinkovit in zadosten. Potrebno je razumevanje marketinškega plana.	Enostavno Uporaba časovnih vrst: naprednejše statistične metode napovedovanja povpraševanja so učinkovite. Pomembno je razumevanje vzorcev povpraševanja in izbora najučinkovitejše statistične metode.
		Nizek	Visok
Delež v prihodkih ali delež v dobičku			

Vir: Povzeto in prirejeno po C. Chase, *Demand Driven Forecasting: A structured Approach to Forecasting*, 2009, str. 73.

Tudi pri planiranju povpraševanja velja Paretovo načelo, ki v primeru planiranja povpraševanja govori, da 80 % vrednosti prodaje izhaja iz 20 % izdelkov. Z združitvijo Paretovega načela in zgoraj opisane segmentacije lahko zaključimo, da moramo omejene vire usmeriti v pomembne produkte z visoko vrednostjo prodaje in visoko variabilnostjo povpraševanja.

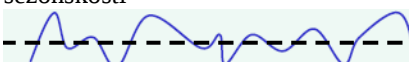
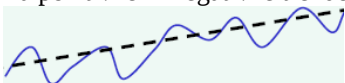
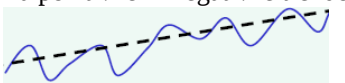
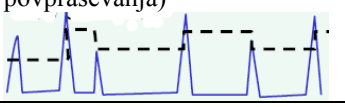
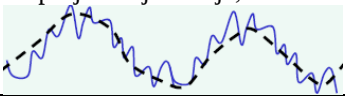
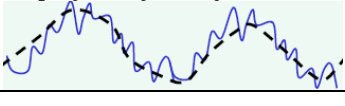
2.2.3 Statistične metode napovedovanja povpraševanja

Sodobna orodja za planiranje povpraševanja omogočajo uporabo vseh opisanih metod planiranja povpraševanja. V praksi pa se najpogosteje uporablja algoritme iz segmenta statističnih napovedi oziroma časovnih vrst. Te metode so razmeroma enostavne za uporabo, ne zahtevajo kompleksnega zbiranja eksternih podatkov in njihove analize, ter ob določenih pogojih dajejo zadovoljive rezultate. Statistične napovedi povpraševanja se v celoti naslanjajo na zgodovinske podatke povpraševanja. Te podatke moramo analizirati in razčleniti z namenom razumevanja komponent, ki jih vsebujejo podatki. Vsaka izmed spodnjih komponent je nato projicirana v prihodnost:

1. nivo,
2. trend,
3. sezonskost,
4. naključni odkloni.

Statistične napovedi povpraševanja se gradijo z uporabo različnih tehnik, ki prehajajo od razmeroma enostavnih, kot je gibljivo povprečje, do tehnike, imenovane Holt-Wintersevo eksponentno glajenje, ki uporablja več konstant za glajenje in je kompleksnejša za izračun in razumevanje. Tabela 1 prikazuje različne tehnike z osnovno razlago delovanja in uporabe.

Tabela 1: Pregled tehnik časovnih vrst

Metoda projiciranja	Uporaba	Principi delovanja
Drseče povprečje	Za stabilno povpraševanje brez trenda in sezone 	Vzamemo povprečje več obdobj (n), če želimo zgladiti nestabilnost v povpraševanju.
Enostavno eksponentno glajenje	Za stabilno povpraševanje brez trenda in sezone 	Gladi samo nivo povpraševanja (nizek parameter α pogosto deluje najbolje).
Dvojno eksponentno glajenje	Za pozitivne in negativne trende 	Gladi nivo in trend (parameter α).
Holtovo eksponentno glajenje	Za pozitivne in negativne trende 	Gladi nivo in trend (parametra α in β).
Crostonovo eksponentno glajenje	Za neredno povpraševanje (obdobja brez povpraševanja) 	Gladi nivo in intervale med obdobji s pozitivnim povpraševanjem (parametra α in β).
Holt-Wintersovo eksponentno glajenje	Za projiciranje nivoja, trenda in sezone 	Gladi nivo in trend in sezone faktorje (parametri α , β in γ).
Dekompozicija časovnih vrst	Za projiciranje nivoja, trenda in sezone 	Dekompozira vzorce v podatkih in jih projicira v prihodnost. Ne vključuje glajenja.

Vir: Povzeto in prirejeno po Cranfield University, Supply Chain Planning Programme training materials, 2011, str. 38.

2.2.4 Napake v napovedih povpraševanja za izračun varnostnih zalog

Pri planiranju povpraševanja nas ne zanima samo ocena povprečne prihodnje prodaje, ampak tudi verjetnost te ocene, torej kako velike planske napake lahko pričakujemo. Ta komponenta nas zanima predvsem z vidika planiranja varnostnih zalog, saj ravno pričakovana velikost napak v planu povpraševanja oziroma velikost njihovega standardnega odklona vpliva na višino varnostnih zalog, s katerimi bomo krili napake v planu povpraševanja.

Za merjenje variabilnosti napak povpraševanja uporabljamo standardni odklon napak povpraševanja. Pri izračunu standardnega odklona napak moramo zajeti pravilen nabor podatkov planskih napak. V praksi najpogosteje zajamemo toliko $t-n$ obdobj, kot jih predstavlja dobavni čas produkta, ki ga analiziramo. Z zajemom $t-n$ obdobj dobimo standardni odklon napak, ki ga lahko uporabimo za prvo obdobje $(t+1)$ planskega horizonta. Ostane nam definicija standardnega odklona napak za obdobja $t+n$, kjer je n število obdobj v planskem horizontu. V praksi podjetja pogosto uporabijo standardni odklon za obdobje $t+1$ kar za vsa $t+n$ obdobja, s tem pa podcenijo velikost standardnega odklona. Kot smo že navedli v poglavju 3.1, se točnost plana povpraševanja zmanjšuje z oddaljenostjo obdobja, za katerega pripravimo oceno povpraševanja, kar pomeni, da bi morala biti ocena napake za $t+n$ obdobja višja kot za obdobje $t+1$.

2.3 Pregled modelov kontrole zalog

2.3.1 Opredelitev modelov kontrole zalog

Glavni namen modelov kontrole zalog je optimizacija odločitev povezanih z obnavljanjem zalog. Modeli kontrole zalog nam pomagajo poiskati odgovore na odločitve:

1. kdaj je potrebno oddati novo naročilo oziroma ali je naročilo potrebno,
2. kakšna naj bo količina naročenega blaga,
3. kateri izdelek je potrebno naročiti.

Odločitve, povezane z zgornjimi vprašanji, vplivajo na nivo zalog ter s tem povezane stroške. Nivo zalog v podjetju ni statična odločitev, predvsem v maloprodajnih oziroma trgovskih podjetjih se optimalni nivo zalog lahko drastično spreminja po posameznih obdobjih. Različni nivoji so povezani predvsem s sezonskimi nihanji v povpraševanju in nesigurnostjo bodočega povpraševanja.

Da odgovorimo na vprašanja: kaj, koliko in kdaj naročiti, moramo poznati nivo zalog v podjetju, predvidevamo povpraševanje, plansko napako, vrsto povpraševanja in stroške, povezane z naročanjem in držanjem zalog. Modeli kontrole zalog morajo za pravilne odločitve poleg razpoložljive zaloge upoštevati tudi zalogo v prihodu in neizpolnjene prodajne naloge. Po Axsäter (2006, str. 46) lahko stanje zalog za potrebe naročanja opredelimo kot nivo zalog (angl. *inventory position*), za katero velja enačba (4).

$$\text{Nivo zaloge} = \text{razpoložljiva zaloga} + \text{odprti nabavni nalogi} - \text{neizpolnjena naročila} \quad (4)$$

Modeli kontrole zalog se razvrščajo glede upoštevanje različnih dejavnikov, ki vplivajo na delovanje in kompleksnost samih modelov. Glede na Winston (2004, str. 848) in Axsäter (2006, str. 50) razvrščamo modele kontrole zalog glede na spodnje kriterije:

1. periodično ali zvezno preverjanje naročil,
2. fiksna ali variabilna naročena količina,
3. enkratna odločitev ali odločitev čez več časovnih obdobj,
4. povpraševanje je znano vnaprej (deterministično) ali ga moramo **predvideti** (stohastično),
5. neodvisno ali odvisno povpraševanje,
6. enonivojska ali večnivojska oskrbovalna veriga, za katero obravnavamo problem zalog,
7. deterministični ali stohastični dobavni časi,
8. pokvarljivo ali nepokvarljivo blago.

Glede na kombinacijo dejavnikov, ki jih upoštevajo modeli kontrole zalog, lahko kot najpomembnejša in v praksi najpogostejše uporabljena izpostavimo model točke ponovnega naročila (angl. *Reorder point*, v nadaljevanju ROP), opisan v poglavju 3.2.8 in TSL model, opisan v poglavju 3.2.9. Vsak model se naslanja na različno kombinacijo dejavnikov, ki definira vrsto modela kontrole zalog.

Na splošno sta v uporabi dve alternativni možnosti:

1. Variabilen interval naročila in fiksna količina naročila. To je ROP model.
2. Fiksen interval naročila in variabilna količina naročila. To je TSL model.

2.3.2 Zvezni sistem naročanja in periodični sistem naročanja

Modeli kontrole zalog se lahko razlikujejo glede na način preverjanja potrebe za oddajo naročila. Poznamo dva različna modela, in sicer zvezno pregledovanje in periodično pregledovanje zalog.

Pri zveznem sistemu pregledovanja zalog se odda naročilo za obnovo zaloge, takoj ko nivo zaloge pade pod signalni nivo. Periodični sistem pregledovanja zalog pa je osnovan na preverjanju nivoja zalog in točke ponovnega naročila za vnaprej definirano periodo. Vsak sistem ima prednosti in slabosti, ki jih bomo povzeli v nadaljevanju. Modela se med seboj razlikujeta predvsem z vidika pogostosti preverjanja zalog in vpliva na časovno obdobje povpraševanja, ki ga moramo pokriti z naročilom.

Pogostost preverjanja zalog vpliva na stroške modela kontrole zalog. V primeru zveznega sistema se nivo zalog in izračuni, na katerih temelji model, izvajajo neprekinjeno (v praksi predvsem ob osvežitvi vrednosti za parametre modela), kar omogočajo samo naprednejši informacijski sistemi. V primeru periodičnega pregleda pa se preverjanje zalog in izračuni zaženejo samo na določeno periodo, kar je v osnovi cenejše in enostavnejše z vidika upravljanja procesa. V manjših podjetjih je periodični sistem naročanja možno podpreti tudi s preračuni v MS Excel preglednicah.

Vpliv na časovno obdobje (horizont) kritja povpraševanja lahko prikažemo s spodnjim primerom.

Recimo, da je dobavni čas (angl. *Lead time*, v nadaljevanju LT) za produkt X definiran kot LT ter interval pregledovanja zalog (angl. *Review period*, v nadaljevanju RT) kot RT. Pri zveznem pregledovanju zalog bi morali pokriti povpraševanje za obdobje LT, pri periodičnem pregledu pa za obdobje LT + RT, saj imamo po oddaji naročila prvo novo priložnost za ponovno naročilo šele po preteku obdobja RT. Iz tega vidika je zvezni model optimalnejši, saj v oskrbovalni verigi držimo manj zaloge v tranzitu, ter se v primeru stohastičnega povpraševanja izpostavimo manjšemu tveganju. Če želimo definirati standardni odklon preko več obdobj, lahko uporabimo enačbo (5).

$$\sigma_n = \sqrt{n} \times \sigma \quad (5)$$

Kjer je:

σ = standardni odklon povpraševanja

n = število obdobj preko katerih računamo standardni odklon

Iz tega izhaja, da je zvezni sistem optimalnejši, vendar je v praksi velikokrat bolj uporabna metoda periodičnega pregledovanja, saj podjetju omogoča hkratno naročanje izdelkov (isti dobavitelj), ali pa uvedbo procesa, kjer se določene kategorije izdelkov vedno naročajo na isti dan v tednu (optimizacija nabavnih procesov).

Podjetja lahko hkrati uporabljajo oba opisana modela kontrole zalog. Za posameznega se odločijo glede na višino variabilnosti povpraševanja izdelkov in potrebi po združevanju in ročnemu potrjevanju naročil.

2.3.3 Model konstantne količine in model variabilne količine naročila

Pri odločitvah, koliko naročiti, imajo podjetja dve možnosti. Prva je konstantna količina naročila, ki se večinoma definira preko EOQ modela, druga pa je variabilna količina, ki je najpogostejše v uporabi v kombinaciji s periodičnim sistemom naročanja.

2.3.4 Model za enkratno odločitev ali model za odločanje čez več časovnih obdobj

Glede na vrsto izdelka, obdobje povpraševanja in dobavni čas se podjetja soočajo z dvema vrstama odločitvenih problemov:

1. naročilo za obnovo zaloge lahko oddamo v več zaporednih obdobjih, saj prispejo pravočasno za zadovoljitev obstoječega in prihodnjega povpraševanja.
2. Naročilo lahko oddamo samo enkrat, saj ponovno naročilo ne bi prispelo pravočasno za izpolnitev povpraševanja.

Večkratna naročila se pogosto upravljajo z zveznim ali periodičnim sistemom naročanja, za kontrolo zalog, kjer imamo samo eno priložnost za naročilo, pa se uporablja model za enkratne naročitvene odločitve (angl. *Newswendor model*, v nadaljevanju NV).

Pri NV modelu gre za okoliščine, kjer imamo samo eno priložnost za naročilo. Priložnost za naročilo je možna samo pred nastopom obdobja povpraševanja, dobava celotnega naročila pa dospe na zalogo tik pred začetkom povpraševanja. Tekom obdobja povpraševanja se srečujemo s stohastičnim povpraševanjem. V primeru, da je povpraševanje večje od naročene količine, se soočamo z izgubo prodaje, v primeru, da je povpraševanje manjše, nam na koncu obdobja ostane zaloga, ki je ne moremo prodati. V obeh primerih nastopijo določeni stroški (opurtunitetni stroški izgubljene prodaje ali stroški odpisa zalog). NV model deluje na principu iskanja količine naročila, ki prinese najvišji dobiček. Model upošteva komponento variabilnosti povpraševanja ter stroške na enoto za oba možna izhoda (Cachon & Terwiesch, 2009, str. 223)

Primer za tovrstno situacijo je prodajalec časopisov, ki se mora vsako jutro odločiti, koliko časopisov bo kupil za prodajo na ulici. V primeru, da mu časopisov zmanjka, ne more dobiti nove zaloge, če ima preveč časopisov, pa bo moral odvečno zalogo uničiti.

2.3.5 Deterministično in stohastično povpraševanje

V panogah, kjer je želeni dobavni čas kupca krajši od časa, ki ga potrebujemo za obnovo zalog, moramo naročilo za obnovo zalog oddati pred naročilom kupca. V tem primeru je količina naročila osnovana na planu povpraševanja. Da lahko definiramo potrebno varnostno zalogo, moramo poznati vrsto povpraševanja z vidika variabilnosti.

Na področju kontrole zalog se srečujemo z dvema glavnima kategorijama povpraševanja, to sta deterministično povpraševanje in stohastično povpraševanje. V nadaljevanju bomo opisali obe vrsti povpraševanja s poudarkom na stohastičnem povpraševanju, saj se večina podjetij sooča s to vrsto.

Deterministično povpraševanje nam je vnaprej znano v celoti. Za tovrstno povpraševanje ne obstaja tveganje negotovosti povpraševanja (dejansko povpraševanje je višje ali nižje od planiranega) in posledično v model kontrole zalog ni potrebno vključevati komponente varnostnih zalog. Deterministično povpraševanje je lahko preko posameznih obdobj enakomerno ali variabilno, kar pa ne vpliva na komponento tveganja.

Stohastično povpraševanje nam ni znano vnaprej. Za predvidevanje tovrstnega povpraševanja uporabljamo modele za napovedovanje povpraševanja, ki smo jih predstavili v poglavju 3.1. Ker napovedi povpraševanja niso nikoli povsem natančne, obstaja pri tovrstnem povpraševanju tveganje negotovosti povpraševanja. Pri stohastičnem povpraševanju moramo poleg predvidene vrednosti povpraševanja vedno predstaviti tudi

razpon pričakovanih vrednosti glede na pričakovano napako v napovedi. V grobem lahko stohastično povpraševanje delimo na:

1. **diskretno stohastično povpraševanje**, kjer je povpraševanje naključna spremenljivka, katere zaloga vrednosti je končna ali števno neskončna množica in se uporablja, kadar je povpraševanje razmeroma nizko. Za modeliranje tovrstnega povpraševanja najpogosteje uporabljamo Poissonovo porazdelitev.
2. **Zvezno stohastično povpraševanje**, kjer je povpraševanje zvezna naključna spremenljivka, katere zaloga vrednosti zavzame nek končen ali neskončen interval na realni osi in se uporablja v primerih višjega povpraševanja in je tudi najpogosteje uporabljeno v modelih kontrole zalog. Za modeliranje tovrstnega povpraševanja najpogosteje uporabljamo normalno porazdelitev.

Pri stohastičnem povpraševanju so modeli kontrole zalog osnovani na statističnih konceptih verjetnosti, da se določen dogodek zgodi glede na poznano porazdelitev posameznih dogodkov.

2.3.6 Enonivojska ali večnivojska oskrbovalna veriga

Podjetja se pogosto poslužujejo večnivojskih oskrbovalnih verig, kjer so posamezne lokacije v verigi medsebojno povezane. Večnivojske oskrbovalne verige so pogoste predvsem v okoljih, kjer blago v interni oskrbovalni verigi potuje preko večjih razdalj.

Modeli za kontrolo zalog v enonivojski ali večnivojski oskrbovalni verigi se razlikujejo predvsem v načinu, kako so naročitvene odločitve med seboj povezane ter kako se obravnava problem optimalne količine naročila in višine varnostnih zalog, ki jih želimo držati na posamezni lokaciji.

Glede sprožitve naročil imamo možnost, da vsak nivo oddaja naročila individualno ali pa uporabimo model planiranja distribucije blaga (angl. *distribution requirements planning*, v nadaljevanju DRP), ki skrbi za koordinirano naročanje preko vseh nivojev oskrbovalne verige. Glavna prednost DRP je, da naročilo na nižjem nivoju v verigi takoj vpliva na potrebo po naročilu na višjem nivoju. S tem skrajšamo celoten čas za obnovo zalog na najnižjem nivoju v verigi. DRP model uporablja enaka načela kot model planiranja potreb po materialu (angl. *Materials requirements planning*, v nadaljevanju MRP) opisan v poglavju 3.2.6, saj lahko naročila lokacij na nižjem nivoju v verigi opredelimo kot odvisno povpraševanje.

Obstajajo tudi naprednejši modeli za optimizacijo zalog preko večnivojske oskrbovalne verige (angl. *multi echelon inventory optimization – MEIO*), ki temeljijo na definiciji nivoja storitve na lokaciji, kjer se zgodi končno povpraševanje, varnostne zaloge in odločitve naročanja na ostalih nivojih pa so optimizirane s ciljem uresničitve tega nivoja

storitve. Tovrstni modeli so lahko zelo kompleksni in jih v praksi podjetja ne uporabljajo pogosto.

Pri problemu optimalne količine naročanja se v primeru večnivojskih oskrbovalnih verig soočamo z vplivom, ki ga ima količina naročila na nižjem nivoju na variabilnost povpraševanja in porabo na višjem nivoju. Glede na Axsäter (2006, str. 247) je določanje optimalnih količin naročila kompleksno in je za večino praktičnih problemov potrebno uporabiti približke.

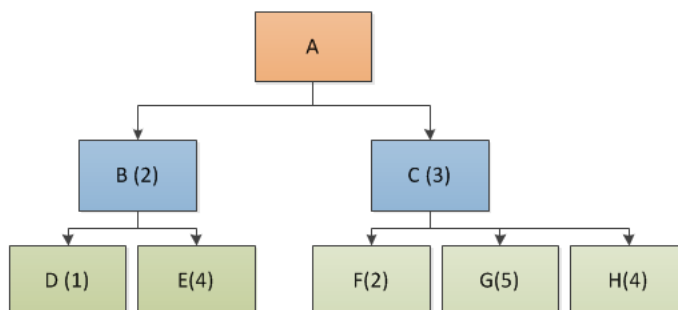
Drugi problem, s katerim se ukvarjajo modeli kontrole zalog za večnivojske oskrbovalne verige, je vprašanje, koliko zaloge je optimalno držati na posameznem nivoju. Tega vprašanja se lotevamo z vidika stroškov držanja zalog, želenega nivoja storitev, stroškov neizpolnjenih naročil in variabilnosti povpraševanja na posamezni lokaciji. Glede tega problema Axsäter (2006, str. 282) navaja, da je večje število znanstvenih raziskav na področju večnivojskih oskrbovalnih verig pokazalo, da je optimalno držati večino zalog na lokaciji, iz katere izpolnjujemo povpraševanje končnih kupcev.

Zaradi kompleksnosti modelov, ki optimizirajo zaloge preko celotne oskrbovalne verige, podjetja pogosto uporabljajo modele kontrole zalog za enonivojske oskrbovalne verige, oddajo naročil pa uskladijo z DRP modelom za upravljanje distribucije blaga.

2.3.7 Odvisno ali neodvisno povpraševanje

Model kontrole zalog za odvisno povpraševanje je osnovan na neodvisnem povpraševanju ter kosovnicah (angl. Bill of materials – BOM) in proizvodnih časih za končni proizvod. Povezavo med neodvisnim in odvisnim povpraševanjem lahko opišemo z uporabo kosovnice na Sliki 3.

Slika 3: Kosovnica za proizvodnjo izdelka A



Vir: Prirejeno in povzeto po F. Jacobs, R. Chase in N. Aquilano, *Operations and supply management*, 2009, str. 595.

Neodvisno povpraševanje je povpraševanje po končnem proizvodu s strani kupca. Primer končnega proizvoda je lahko na primer kolo. Odvisno povpraševanje je povpraševanje po sestavnih delih, ki jih potrebujemo, da proizvedemo končni proizvod. Primer sestavnega dela za kolo je na primer obroč, krmilo itd.

Proizvod A je izdelek z neodvisnim povpraševanjem, vsi ostali izdelki (B, C, D, E, F, G, H) so izdelki z odvisnim povpraševanjem. Količina izdelkov, ki je porabljena za proizvodnjo izdelka oziroma komponente na višji ravni je vpisana v oklepajih.

Naročitvene odločitve za izdelke z odvisnim povpraševanjem so v večini podjetij podprte z računalniškim sistemom imenovanim MRP, ki upošteva potrebne količine odvisnih izdelkov, proizvodne čase za posamezni pol-proizvod in dobavne čase za dobavo komponent. Podoben koncept odvisnega in neodvisnega povpraševanja je v uporabi pri DRP modelih.

2.3.8 Deterministični in stohastični dobavni časi

Modeli za kontrolo zalog se razlikujejo glede načina obravnave dobavnih časov. V modelih, kjer so dobavni časi opredeljeni kot deterministični, se varnostne zaloge oblikujejo samo na podlagi variabilnosti povpraševanja in ciljnega nivoja storitve. V tem primeru je dobavni čas komponenta, ki definira samo, koliko časa potrebuje nabavni nalog, da prispe na zalogo od trenutka oddaje naročila.

V modelih, kjer so dobavni časi opredeljeni kot stohastični, pa merimo tudi, kakšna je variabilnost dejanskih dobavnih časov v primerjavi s povprečnim dobavnim časom. Izračunano variabilnost upoštevamo v modelu izračuna varnostnih zalog, saj moramo dodaten nivo zalog držati za primere, ko bo dobavni čas daljši kot predviden. Takrat bo dodatna zaloga uporabljena za zadovoljitev povpraševanja, dokler na dospe na zalogo nova pošiljka.

2.3.9 ROP model s stohastičnim povpraševanjem

ROP model (v literaturi definiran tudi kot (R, Q) model) je kombinacija zveznega pregleda zalog s fiksno količino naročila. Pri uporabi ROP modela moramo definirati R in Q parametra. Najprej se bomo osredotočili na definiranje parametra Q, ki predstavlja količino, ki jo bomo naročili. Po Axsäter (2006, str. 51) se v praksi količina naročila pogosto definira preko EOQ modela z determinističnim povpraševanjem. Povpraševanje v modelu EOQ pa je definirano kot povprečno povpraševanje iz stohastičnega povpraševanja. Stohastično povpraševanje se potem upošteva samo pri določanju varnostnih zalog in s tem povezane točke ponovnega naročila, torej parametra R. Takšen princip nam da rezultat, ki je približek optimalne vrednosti in je dovolj dober za operativno uporabo.

V modelu zveznega pregledovanja zalog morajo biti vse komponente izračuna stalno osvežene, kakšna je frekvenca potrebne osvežitve, pa je odvisno od sektorja, v katerem podjetje deluje. V prehrabni panogi svežih proizvodov, kjer je obnova zalog večkrat v dnevu, je potrebno bolj pogosto osveževanje kot v panogi prodaje trajnih končnih proizvodov, kjer je obnova zalog na dnevnem ali celo tedenskem nivoju.

Pregled EOQ modela in definiranje parametra Q

Model EOQ temelji na optimizaciji stroškov zalog preko balansiranja stroškov naročanja in stroškov držanja zalog. V znanstveni literaturi lahko zasledimo mnogo različnih EOQ modelov glede na predpostavke, ki jih upoštevajo. Najbolj znan in pogosto uporabljen pa je klasični EOQ model. Predpostavke, ki jih bomo upoštevali pri pregledu klasičnega EOQ so:

1. povpraševanje je deterministično in konstantno,
2. stroški naročanja in držanja blaga se ne spreminjajo v času,
3. količina naročila ni nujno celo število,
4. celotna naročena količina je dostavljena istočasno,
5. naročena količina je vedno dostavljena na začetku obdobja,
6. negativne zaloge niso dovoljene.

Pri izračunu bomo uporabili spodnje parametre:

1. h = stroški držanja zalog na enoto proizvoda za posamezno obdobje,
2. A = stroški naročanja,
3. d = povpraševanje v posameznem obdobju,
4. Q = količina naročila,
5. C = stroški na časovno enoto oziroma obdobje.

Na podlagi uporabljenih predpostavk lahko zaključimo, da ne potrebujemo varnostnih zalog in da je dobavni čas enak nič. To pomeni, da bo naročilo za obnovo zaloge dospelo ravno v trenutku, ko bo zaloga enaka 0. Iz tega lahko izpeljemo enačbo (6), ki predstavlja stroške zalog na časovno enoto.

$$C = \frac{Q}{2}h + \frac{d}{Q}A \quad (6)$$

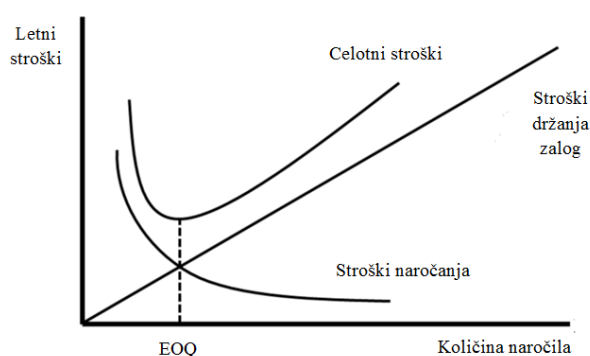
Prvi del enačbe predstavlja stroške držanja zaloge, ki jih dobimo kot povprečni nivo zalog $Q/2$ pomnožen s stroškom držanja zalog h . V drugem delu pa dobimo stroške naročanja na časovno enoto, kot povprečno število naročil na časovno enoto pomnoženo s stroški naročanja.

Preko zgornje enačbe in iskanja globalnega minimuma za C in rešitve za Q dobimo enačbo (7).

$$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2Ad}{h}} \quad (7)$$

Iz enačbe (7) in Slike 4 lahko razberemo, da s povečevanjem količine naročila padajo stroški naročanja, rastejo pa stroški držanja zalog. EOQ se nahaja v točki globalnega minimuma celotnih stroškov.

Slika 4: Optimum stroškov in EOQ



Vir: Povzeto in prirejeno po B. Rusjan, *Management proizvodnih in storitvenih procesov*, 2009, str. 323.

Pregled tehnike za definiranje točke ponovnega naročila oziroma parametra R.

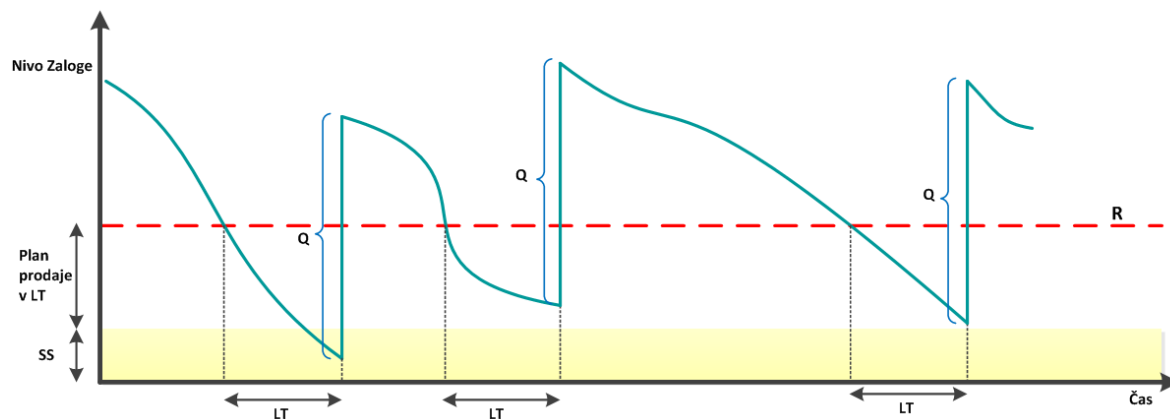
Prvi korak pri definiranju točke ponovnega naročila je določitev tipa povpraševanja. Kot smo definirali v uvodu, imamo opravka s stohastičnim povpraševanjem, znotraj katerega bomo uporabili predpostavko, da gre za zvezno stohastično povpraševanje z normalno porazdelitvijo. Definicija za točko ponovnega naročila je predstavljena v enačbi (8).

$$\text{Točka ponovnega naročila} = \text{povpraševanje znotraj dobavnega časa} + \text{varnostna zaloga} \quad (8)$$

Novo naročilo je narejeno, takoj ko je *nivo zaloge* $\leq R$. Oddano naročilo je najmanjši večkratnik količine Q, ki smo jo definirali preko EOQ modela, potreben, da dvigne nivo zaloge nad R. TSL model kontrole zalog s stohastičnim povpraševanjem

Točko ponovnega naročila in gibanje zalog v ROP modelu preko več časovnih obdobij lahko ponazorimo z grafičnim prikazom na Sliki 5.

Slika 5: Shema ROP modela



Legenda:

R = točka ponovnega naročila
 Q = količina, ki je enaka EOQ naročila
 LT = dobavni čas
 SS = varnostna zalog

Vir: Prirejeno in povzeto po F. Jacobs et al., *Operations and supply management*, 2009, str. 560.

2.3.10 TSL model kontrole zalog s stohastičnim povpraševanjem

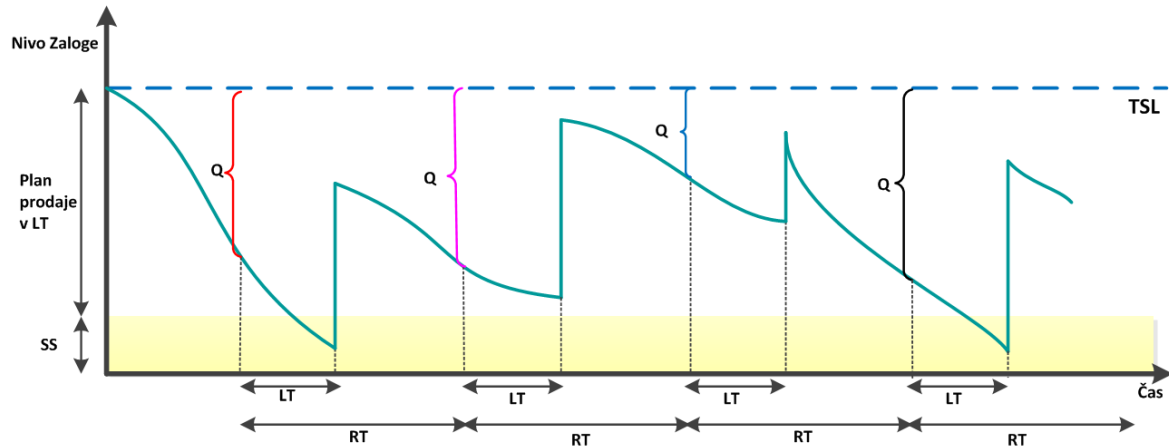
TSL model kontrole zalog, v literaturi definiran tudi kot (s, S) model, je kombinacija periodičnega pregleda zalog in variabilne količine naročila.

Periodični pregled zalog pomeni, da se pregled in vsa potencialna naročila izvedejo na začetku obdobja glede na določeno periodo (perioda je lahko na primer dan, teden ali mesec). V primeru, da je perioda izjemo kratka, ne prihaja do bistvenih razlik med zveznim pregledom in periodičnim pregledom. Pri modelu periodičnega pregledovanja zalog moramo vpeljati še dodatno časovno komponento za periodo, na katero imamo možnost oddati naročilo. Posledično moramo pri oddaji naročila upoštevati potrebno zalogo za pokritje planiranega povprečnega povpraševanja v tem obdobju in dodatno varnostno zalogo za pokritje nepričakovanega odstopanja dejanske prodaje od plana. Model ciljnega nivoja zaloge lahko najlažje ponazorimo z grafičnim prikazom na Sliki 6.

Pri Sliki 6 lahko določimo točko t kot začetek poljubnega obdobja, v katerem smo pregledali nivo zalog in izračunali potrebno količino naročila. Naročila lahko oddajamo v točkah $t + RT$, $t + 2*RT$ in tako dalje. Potencialno naročilo oddano v točki t bo dospelo na zalogo v času $t + LT$. Iz tega lahko zaključimo, da bo naslednje možno naročilo dospelo na zalogo v času $t + LT + RT$. To je obdobje, za katerega moramo pokriti plan povpraševanja in ocenjeno variabilnost povpraševanja. V točki $t + RT$ naročimo točno tisto količino, ki jo

potrebujemo, da dosežemo nivo zaloge TSL in je lahko različna po posameznih obdobjih glede na dejansko povpraševanje znotraj preteklega RT obdobja.

Slika 6: Shema TSL modela



Legenda:

TSL = ciljni nivo zalog

LT = dobavni čas

RT = obdobje pregleda zalog in oddaje naročil

Q = naročena količina

SS = varnostna zaloga

Vir: Prirejeno in povzeto po F. Jacobs et al., *Operations and supply management*, 2009, str. 563.

. Ciljni nivo zaloge pri TSL modelu izračunamo kot:

$$TSL = \text{plan povpraševanja znotraj } (LT+RT) + \text{varnostna zaloga} \quad (9)$$

od tod pa količino naročila (upoštevaje enačbo (4)):

$$Q = TSL - \text{nivo zaloge} \quad (10)$$

2.4 Modeli za izračun varnostnih zalog

2.4.1 Opredelitev in cilj varnostnih zalog

Varnostne zaloge držimo z namenom zaščite pred variabilnostjo povpraševanja in variabilnostjo dostavnih časov. Varnostno zalogo lahko razumemo tudi kot želeni nivo zaloge, ki ga želimo držati konec posameznega obdobja.

Cilj varnostnih zalog je definirati tisti nivo zalog, pri katerem bomo ob minimalnem strošku zalog dosegali ciljno raven storitve oziroma ciljni nivo izpolnitve naročil kupcev. V primeru dolgih dostavnih časov in visoke variabilnosti povpraševanja oziroma visokih napak plana povpraševanja je vzdrževanje visokega nivoja storitve zelo drago zaradi potrebnih visokih varnostnih zalog. V tem diplomskem delu bomo pri izračunu varnostnih zalog privzeli predpostavko, da so dostavni časi deterministični (znani) in se osredotočili le na tveganja, ki izhajajo iz nepredvidenega gibanja na strani povpraševanja.

Vprašanje, na katero moramo odgovoriti, je, koliko varnostne zaloge moramo držati in katero metodo za izračun varnostne zaloge bomo izbrali. Veliko podjetij iz praktičnih razlogov izbere metodo na osnovi kritja povpraševanja v prihodnjih obdobjih (pregled v poglavju 3.3.1). Bolj primerni metodi, ki upoštevata variabilnost povpraševanja, sta metoda ciljne verjetnosti pozitivnega nivoja zalog, ali pa metoda ciljnega deleža izpolnjenih naročil.

Za podjetja je pomembno jasno razumevanje posamezne metode definiranja varnostnih zalog, tako z vidika matematičnega modela kot vpliva na končne kupce. Nivoji varnostnih zalog se morajo oblikovati glede na pričakovanja kupcev oziroma glede na pozicioniranje posameznega izdelka napram kupcu. Ciljni nivoji storitve oziroma deleži kritja povpraševanja v posameznem obdobju se ne definirajo v isti višini za vse izdelke, ampak glede na strategijo podjetja. Z vidika praktičnosti se izdelke pogosto združi v skupine (segmentacija), za katere se definira način upravljanja in višina varnostnih zalog.

2.4.2 Metoda kritja povpraševanja v prihodnjih obdobjih

Varnostna zaloga za posamezno obdobje je definirana kot kritje planiranega povpraševanja za prihodnja obdobja. Kot primer lahko navedemo podjetje, ki planira v naslednjih treh tednih prodati 10 enot izdelka A na teden. Nivo varnostne zaloge imajo definiran kot plan prodaje za naslednje 3 tedne, torej bodo držali 30 enot izdelka A kot varnostno zalogo.

Prednost tovrstnega načina izračuna varnostne zaloge je enostavnost in majhna oziroma ničelna potreba po zgodovinskih podatkih o napakah v planu povpraševanja oziroma variabilnosti povpraševanja. Slabosti te metode pa so:

1. ne upoštevamo zanesljivosti plana povpraševanja,
2. ne upoštevamo variabilnosti dobav,
3. ne upoštevamo dobavnih časov (daljši kot je dobavni čas, večja je variabilnost povpraševanja v tem obdobju).

Zaradi zgoraj naštetih slabosti uporaba metode večinoma pripelje do držanja presežnih zalog za del produktov in nezadostnih zalog za ostale produkte. To pripelje do nezaželeno situacije, ko z visokimi zalogami dosegamo nizek nivo storitve.

Po lastnih izkušnjah je metoda uporabna predvsem na začetku življenjskega cikla izdelka, ko nimamo zadostnih podatkov za izračun varnostnih zalog na osnovi zgodovinskih podatkov.

2.4.3 Metoda ciljne verjetnosti pozitivnega nivoja zalog

Metodo ciljne verjetnosti za pozitiven nivo zalog (angl. in stock probability target) oziroma metodo ciljnega nivoja storitve uporabljamo, kadar želimo nivo varnostnih zalog definirati glede na verjetnost, da bomo znotraj obdobja kritja (dobavni čas plus perioda preverjanja zalog v primeru TSL modela) izpolnili celotno povpraševanje kupcev. Ta metoda obravnava nivo storitve z vidika podjetja in je najbolj primerna za uporabo v proizvodnih podjetjih, zaradi enostavnosti pa je v uporabi v vseh panogah.

V primeru, da določimo nivo varnostnih zalog, ki prinaša 95 % verjetnost, da pokrijemo celotno povpraševanje znotraj obdobja kritja, lahko ta nivo zaloge interpretiramo tudi kot nivo zaloge, ki bo pokril 100 % povpraševanja v 95 % obdobjih.

Glede na pristop lahko upoštevamo porazdelitev in variabilnost preteklih prodajnih podatkov ali pa porazdelitev in variabilnost napak v planiranju. V nadaljevanju bomo uporabili prodajne podatke, ki jih lahko enostavno nadomestimo s povprečnim planom prodaje in variabilnostjo napake v planu povpraševanja.

V nadaljevanju bomo opisali glavne koncepte in metodo za izračun varnostne zaloge upoštevajoč normalno porazdelitev podatkov.

Definicija verjetnosti pozitivnega nivoja zalog:

$$\text{Nivo zalog} = \text{razpoložljiva zalog} - \text{neizpolnjena naročila} \quad (11)$$

$$\text{Nivo zalog na koncu obdobja} = \text{TSL} - \text{Povpraševanje znotraj (LT+RT)} \quad (12)$$

Nivo zalog je pozitiven če velja:

$$\text{TSL} \geq \text{Povpraševanje(LT+RT)} \quad (13)$$

Iz enačbe (13) lahko dobimo verjetnost za pozitivno zalogo prikazano v enačbi (14):

$$\text{Verjetnost za pozitivno zalogo} = \text{verjetnost (povpraševanje(LT+RT) \leq TSL)} \quad (14)$$

V primeru normalne porazdelitve povpraševanja uporabimo spodnji pristop za izračun varnostnih zalog.

Normalna porazdelitev je simetrična porazdelitev, katere graf ima obliko zvona in je zelo uporabna pri opisovanju praktičnih problemov. Normalna porazdelitev je definirana z dvema parametroma, in sicer s povprečno vrednostjo in standardnim odklonom.

Normalno porazdeljeno zvezno slučajno spremenljivko lahko glede na literaturo (Čibej & Ferbar Tratar, 2012, str. 217–218) označimo z: $X \sim N(a, \sigma)$

Če je slučajna spremenljivka X porazdeljena po zakonu $N(a, \sigma)$, je tudi slučajna spremenljivka:

$$Z = \frac{X - a}{\sigma} \quad (15)$$

porazdeljena standardizirano normalno, torej $Z \sim N(0,1)$.

Postopku (vpeljavi spremenljivke $Z = (X - a)/\sigma$) pravimo **standardizacija** slučajne spremenljivke. S pomočjo le-te lahko vsako normalno porazdelitev uženemo s tabelami za standardizirano normalno porazdelitev.

Iz enačbe (15) lahko izpeljemo enačbo (16) za ciljni nivo zalog, kjer je X slučajna spremenljivka, ki opisuje ciljni nivo zalog, μ povprečno povpraševanje v $(LT + RT)$ in σ standardni odklon povpraševanja v $(LT + RT)$.

$$X = \mu + Z \times \sigma \quad (16)$$

torej:

$$TSL = \text{povprečno povpraševanje v } (LT + RT) + z \times \sigma_{LT+RT} \quad (17)$$

Varnostno zalogo pa izračunamo kot:

$$\text{Varnostna zaloga} = z \times \sigma_{LT+RT} \quad (18)$$

2.4.4 Metoda ciljnega deleža izpolnjenih naročil kupcev

Metoda ciljnega deleža izpolnjenih naročil kupcev (angl. fill rate target) pristopa k varnostnim zalogam z vidika kupca in je primernejša za uporabo v maloprodajnih podjetjih. Varnostne zaloge se oblikujejo v višini, ki zagotavlja določen procent zadovoljitve povpraševanja kupcev v posameznem obdobju.

V primeru, da podjetje definira delež izpolnjenih naročil kupcev v višini 95 % bo podjetje v vsakem posameznem ciklu kritja $(LT + RT)$ zagotavljalo izpolnitev 95 % naročil kupcev.

Če to pogledamo z drugega vidika, bo podjetje dopuščalo možnost, da 5 % naročil kupcev ne bo izpolnjenih znotraj obdobja kritja, torej bo 5 % naročil na koncu obdobja neizpolnjenih.

Varnostne zaloge bomo pri tej metodi izpeljali iz zgoraj opisane ciljne verjetnosti za neizpolnitev naročil kupcev znotraj obdobja kritja. Tega se bomo lotili preko statistične funkcije izgube (angl. loss function). V nadaljevanju bomo opisali glavne koncepte in metodo za izračun varnostne zaloge, ki bo ustrezala želenemu nivoju izpolnitve naročil (za primer vzemimo 95 %), upoštevajoč normalno porazdelitev povpraševanja.

Pričakovani primanjkljaj za obdobje kritja lahko izrazimo z $E(B_{TSL})$, kjer je B_{TSL} primanjkljaj v obdobju kritja ob ciljnem nivoju zalog TSL.

Tedaj za ciljni delež izpolnitve naročil velja:

$$1 - \text{Ciljni delež izpolnitve naročil} = \frac{\text{pričakovani primanjkljaj v posameznem obdobju}}{\text{pričakovano povpraševanje v posameznem obdobju}} = \frac{E(B_{TSL})}{E(D)} \quad (19)$$

kjer je $E(D)$ pričakovano povpraševanje v posameznem obdobju.

Predpostavimo, da je povpraševanje znotraj obdobja kritja porazdeljeno normalno, s povprečno vrednostjo $E(D)$ in standardnim odklonom σ_D . Določiti moramo $E(B_{TSL})$.

S pomočjo funkcije normalne izgube, $NL(y)$, lahko $E(B_{TSL})$ definiramo kot:

$$E(B_{TSL}) = \sigma_D \times NL(y) \quad (20)$$

Pri tem mora veljati, da je povpraševanje v obdobju kritja porazdeljeno normalno in je ciljni nivo zaloge TSL definiran kot $TSL = E(D) + y \times \sigma_D$.

Z kombinacijo enačb (19) in (20) dobimo rešitev funkcije normalne izgube, prikazano v enačbi (21):

$$NL(y) = \left(\frac{E(D)}{\sigma_D} \right) \times (1 - \text{ciljni odstotek izpolnitve naročil}) \quad (21)$$

V tabeli s standardno normalno funkcijo izgube poiščemo standardizirano slučajno spremenljivko, ki ustreza dobljenemu $NL(y)$ rezultatu. Pri izbiri standardizirane slučajne spremenljivke sledimo pravilu, da v primeru vmesne vrednosti izberemo višjo vrednost, ki prinese manjšo verjetnost izgube od ciljne. Nato izračunamo ciljni nivo zaloge TSL in varnostno zalogo na podoben način kot v enačbi (17) in (18).

Izračunano varnostno zalogo uporabimo v TSL modelu kontrole zalog, ki ga lahko uporabimo za izračun plana distribucije blaga, ki je tema naslednjega poglavja.

2.5 Planiranje distribucije blaga

DRP je metoda, ki se uporablja za planiranje naročil v oskrbovalni verigi. Uporablja se predvsem v oskrbovalnih verigah, kjer je prisotnih več nivojev lokacij, ki držijo zalogo in se nižje ležeče lokacije oskrbujejo z blagom iz višje ležečih lokacij.

DRP povezuje lokacije v oskrbovalni verigi na koordiniran način, kjer naročila za obnovo zalog nižje ležečih lokacij predstavljajo povpraševanje na višje ležečih lokacijah. DRP model omogoča nastavitve enega izmed modelov kontrole zalog na podlagi katerega se izračuna časovno opredeljen plan potreb po blagu. DRP model je po navadi podprt z informacijsko tehnologijo, ki omogoča izračun plana distribucije blaga s ciljem optimalne zadovoljitve povpraševanja preko vseh nivojev v oskrbovalni verigi.

Koncepti:

1. Neodvisno povpraševanje na lokaciji, ki izpolnjuje naročila kupcev in odvisno povpraševanje na lokacijah, ki izpolnjujejo povpraševanje nižje ležečih lokacij.
2. Neodvisno povpraševanje napovedujemo, odvisno povpraševanje izračunamo preko modela kontrole zalog in DRP konceptov.
3. DRP sistemi se soočajo z negotovostjo preko varnostnih zalog

DRP model potrebuje za pravilno delovanje sledeče parametre:

1. izbran model kontrole zalog,
2. plan povpraševanja,
3. neizpolnjena naročila,
4. planirane prejeme blaga na začetku posameznega obdobja,
5. razpoložljivo zalogo na začetku posameznega obdobja,
6. ciljni nivo varnostne zaloge za posamezno obdobje
7. dobavni časi dobaviteljev in tranzitni časi med skladišči,
8. minimalne količine za naročila ali EOQ,
9. periodo za pregled potrebnih naročil (pri TSL modelu kontrole zalog),
10. shemo oskrbovalne verige.

DRP je ciklični proces, kjer potrebe po distribuciji blaga preračunamo večinoma na dnevni osnovi. DRP sistemi izračunajo nove plane preko noči, saj so ti procesi zaradi kompleksnosti in optimizacijskih modelov časovno potratni in lahko trajajo več ur. Pomembno je, da vsebinsko ločimo periodo, v kateri osvežujemo plane prodaje od periode, v kateri preračunamo distribucijo blaga. Plani prodaje morajo biti načeloma osveženi manj

pogosto, DRP pa je potrebno preračunati ob vsaki spremembi zgoraj omenjenih parametrov, ki nastopajo v izračunu.

Pri DRP je pomembno tudi razlikovanje med idealnim planom distribucije blaga in realnim planom distribucije blaga. Kot smo opredelili že v 3. poglavju, je za pravilen DRP proces potrebno v prvem koraku vedno izračunati idealen plan distribucije, v katerem ne upoštevamo razpoložljivosti blaga na višje ležečih lokacijah. S tem zgradimo plan dejanskih potreb po blagu na višje ležečih lokacijah, katere na podlagi le-tega definirajo potrebna naročila za obnovitev zaloge. V naslednjem koraku izgradimo realen plan distribucije blaga, v katerem nižje ležečim lokacijam alociramo blago, ki je dejansko na razpolago. V primeru nezadostne razpoložljivosti blaga lahko uporabimo različne ključne za alokacijo, kot so na primer proporcionalna alokacija, alokacija na osnovi profitabilnosti prodaje, alokacija na podlagi napake v planu itd.

3 ANALIZA UČINKOV INTEGRIRANEGA PLANIRANJA V MEDNARODNEM MALOPRODAJNEM PODJETJU

3.1 Predstavitev podjetja

3.1.1 Pozicioniranje podjetja

Podjetje, za katerega smo analizirali planiranje oskrbovalne verige, je vodilno maloprodajno podjetje v centralni in vzhodni Evropi. Podjetje posluje že več kot 20 let in pokriva trge preko 19 držav.

3.1.2 Produktni portfelj

Podjetje je začelo svojo zgodbo z lastnim razvojem majhnega števila izdelkov. Z nenehnim razvojem novih trgov, produktnih skupin in prodajnih kanalov se je produktni portfelj znatno razširil in danes zajema preko 5.000 produktov v različnih kategorijah.

Glavne kategorije izdelkov so:

1. dom in gospodinjstvo,
2. zdravje in lepota,
3. šport in fitnes.

3.1.3 Fizični odtis oskrbovalne verige

Podjetje nabavlja produkte pri več kot 300 dobaviteljih, pri čemer jih je okoli 70 % iz Azije in 30 % iz Evrope. Pri azijskih dobaviteljih se celotni dobavni časi do centralnega skladišča gibljejo okoli 16 tednov, ter pri evropskih okoli 3 tedne.

Centralno skladišče je pozicionirano v točki gravitacije z vidika volumna pretoka blaga na posamezne trge in s tem povezanimi transportnimi stroški. Nalogi za obnovo zalog na centralnem skladišču se oddajajo enkrat tedensko.

Lokalna skladišča so pozicionirana v bližini glavnih mest, saj to omogoča hitrejšo distribucijo blaga do večjega deleža končnih kupcev. Lokalna skladišča so oskrbovana iz centralnega skladišča, lokalnih dobaviteljev ali pa direktno iz Azije. Dobavni časi iz centralnega skladišča do lokalnih skladišč so približno 1 teden.

3.1.4 Pregled planskih procesov oskrbovalne verige

Plan prodaje se gradi na tedenskem ali mesečnem nivoju s sinhronizacijo obeh obdobj. Perioda za preračun plana je tedenska ali mesečna in je definirana za posamezen proizvod preko ABC klasifikacije in koeficienta variacije. Za produkte, ki niso vključeni v marketinške kampanje, se uporabljajo statistične metode planiranja prodaje in sicer tehtano povprečje ter dvojno eksponentno glajenje.

Za obnovo zalog na lokalnih skladiščih skrbi lokalni vodja zalog in poteka preko ročnega vnosa zelenih količin in produktov v centralni sistem za naročanje dobav iz centralnega skladišča. Naročeni produkti in količine so osnovani na nivoju zalog na lokalnem skladišču, planu prodaje končnemu kupcu znotraj dobavnega časa in varnostni zalogi, ki je definirana kot zaloga za dodaten teden prodaje.

Zaloge na centralnem skladišču se obnavljajo enkrat tedensko na podlagi plana prodaje končnemu kupcu, zalog na lokalnih skladiščih in zalog na centralnem skladišču. Varnostna zaloga je definirana kot zaloga za pokritje dodatnih 3 tednov prodaje na nivoju celotne skupine.

3.2 Analiza in interpretacija rezultatov

V tem poglavju bomo predstavili osnovne podatke o obravnavanem izdelku ter zgodovinske podatke nivoja zalog in prodaje. Nato bomo izračunali stroške držanja zalog za 3 scenarije ter jih obrazložili na primeru enega izdelka za eno lokalno skladišče in centralno skladišče.

Izdelek A00001 se prodaja že vrsto let, ima visoko maržo in je najbolje prodajan izdelek v kategoriji dom in gospodinjstvo. Analiza prodaje za leto 2014 in prvo polletje v 2015 je

pokazala, da povpraševanje nima sezonskega vzorca. Prisotna so visoka nihanja, ki so kreirana preko marketinških aktivnosti. Zaradi vpliva marketinških dejavnosti smo za analizo vzeli obstoječ plan prodaje, ki ga nismo poskušali optimizirati preko statističnih metod. Izdelek podjetje kupuje pri evropskem dobavitelju z dostavnim časom 3 tedne.

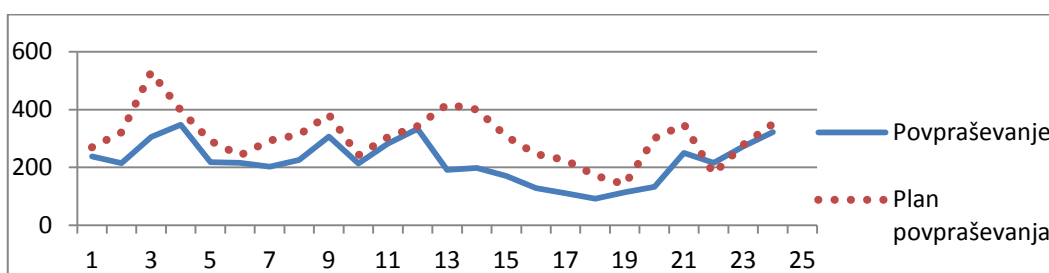
3.2.1 Analiza povpraševanja in točnost plana povpraševanja

Analiza povpraševanja je z vidika kontrole zalog pomembna zaradi definiranja tipa porazdelitve podatkov in variabilnosti povpraševanja. Obe komponenti vplivata na potreben nivo varnostne zaloge. Analiza povpraševanja in točnosti plana povpraševanja je potrebna zaradi pregleda učinkovitosti obstoječih metod planiranja povpraševanja. Povpraševanje po produktu, ki je del analize, je pod močnim vplivom marketinških aktivnosti. V tovrstnih primerih statistične metode napovedovanja pogosto niso uporabne. Plan povpraševanja za leti 2014 in 2015 je pripravljen preko metode »znanja strokovnjakov«, v našem primeru so to vodje produktnih kategorij v državah. Ta plan bomo uporabili v vseh področjih analize, kjer je plan povpraševanja vhodni parameter.

Na Sliki 7 in Sliki 8 je za izdelek A00001 prikazana prodaja in plan prodaje na mesečnem nivoju za leti 2014 in 2015. Kot je razvidno, je v obeh državah prisotno močno nihanje prodaje, kateremu sledi tudi plan prodaje. Pri planu prodaje je prisotna močna tendenca preplaniranja v večini mesecev.

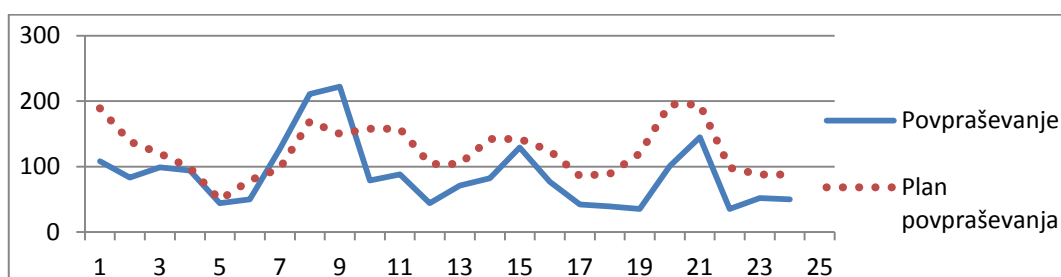
Slika 7: Prikaz gibanja povpraševanja in plana povpraševanja za izdelek A00001 v Državi

1



Slika 8: Prikaz gibanja povpraševanja in plana povpraševanja za izdelek A00001 v Državi

2



V Tabeli 2 so prikazane karakteristike povpraševanja, plana povpraševanja in planskih napak za izdelek A00001 za Državo 1 in Državo 2.

Tabela 2: Pregled mer variabilnosti in povprečnih vrednosti za izdelek A00001

		Leto 2014			Leto 2015			
Država	Mera	Standardni odklon	Povprečje	Koeficient variacije	Standardni odklon	Povprečje	Koeficient variacije	Enote
Država 1	Planska napaka	58,26	68,83	0,85	80,24	97,33	0,82	kos
Država 1	Povpraševanje	52,78	258,92	0,20	72,00	183,25	0,39	kos
Država 1	Plan povp.	79,92	327,75	0,24	90,27	280,58	0,32	kos
Država 2	Planska napaka	50,33	21,67	2,32	22,28	51,08	0,44	kos
Država 2	Povpraševanje	58,37	104,08	0,56	37,12	71,50	0,52	kos
Država 2	Plan povp.	41,42	125,75	0,33	39,38	122,58	0,32	kos

Za izračun standardnega odklona planske napake smo uporabili plansko napako v tednih 30 do 35. Za zajem šestih tednov smo se odločili na podlagi celotnega dobavnega časa in periode pregledovanja zalog, ki preko celotne verige znaša 6 tednov. Podatki so prikazani v tabeli 3.

Tabela 3: Pregled planskih napak v tednih 30 do 35 in standardnega odklona

Država	Spremenljivka	Teden v letu						σ
		30	31	32	33	34	35	
Država 1	Planska napaka	8	-12	65	80	54	57	32,7
Država 1	Povpraševanje	78	97	71	58	124	123	25,2
Država 1	Plan povpraševanja	86	85	136	138	178	180	38,2
Država 2	Planska napaka	36	-1	62	44	-6	14	24,5
Država 2	Povpraševanje	21	37	25	29	69	45	16,1
Država 2	Plan povpraševanja	57	36	87	73	63	59	15,6

Za izračun standardnega odklona smo uporabili enačbo (22).

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n}} \quad (22)$$

Kjer je:

σ_p = standardni odklon povpraševanja

p = povpraševanje

$\bar{p}$ = povprečna vrednost povpraševanja

n = število obdobj povpraševanja

3.2.2 Izračun nivoja zalog in stroškov zalog za lokalni skladišči

Kot smo definirali že v teoretičnem delu, moramo za implementacijo modela kontrole zalog poznati lastnosti povpraševanja in lastnosti dobavnih procesov. V nadaljevanju bomo definirali parametre za posamezen izdelek in državo in nato na njihovi osnovi izračunali optimalno višino zalog za posamezen teden ter ovrednotili višino pozitivnih ali negativnih zalog. Koncepte in način izračuna optimalnega nivoja zalog ter ovrednotenje stroškov zalog bomo predstavili na primeru izdelka A00001 ter Državi 1 in Državi 2.

V tabeli 4 so prikazani parametri, ki smo jih uporabili za izračun stroškov držanja zalog na dveh lokalnih skladiščih v Državi 1 in Državi 2.

Tabela 4: Izračun stroškov držanja zaloge za lokalni skladišči

Parametri stroškov držanja zaloge	Vrednost
Število kosov na paletu	6
Lastna cena	105 €
Strošek paletnega mesta na teden	5 €
Tedenska obrestna mera %	0,0014 €
Strošek držanja zaloge na kos/teden	0,95€

Za izračun stroška držanja zaloge na kos/teden smo uporabili enačbo (1) na strani 7.

V Tabeli 5 so prikazani ključni parametri, ki jih potrebujemo za implementacijo TSL modela kontrole zalog za lokalni skladišči v Državi 1 in Državi 2.

Obrazložitev podatkov in izračunov za Tabelo 5:

1. Standardni odklon napake v planu je izračunan v Tabeli 3.
2. Ker je dobavni čas (LT) en teden in perioda pregledovanja zalog (RT) dodaten teden, moramo upoštevati standardni odklon napake za dva tedna, ki ga izračunamo s pomočjo enačbe (5) na strani 17. Spodaj je primer izračuna za Državo 1.

$$\text{Standardni odklon v } (LT + RT) = \sqrt{2} \times 32,7 = 46,2 \text{ kosov} \quad (23)$$

3. LT predstavlja dobavni čas od centralnega skladišča do lokalnega skladišča in je 1 teden za posamezno lokalno skladišče.
4. Perioda pregledovanja zalog je pri obeh lokalnih skladiščih 1 teden.
5. Strošek držanja zaloge smo izračunali v Tabeli 4.
6. Strošek negativne zaloge je opredeljen na osnovi politike, da v primeru primanjkljaja zalog v obdobju povpraševanja blago dostavimo kupcu brezplačno ali pa v paket

dodamo darilo. Tako znesek 5 € predstavlja strošek dostave oziroma vrednost darila. Tovrstna politika se izvaja samo za izdelke višjega cenovnega razreda.

7. Ciljno verjetnost pozitivne zaloge smo določili v višini 98 % na podlagi politike podjetja, da za izdelke v kategoriji dom in gospodinjstvo drži kar najvišji nivo storitve. Če 98 % vstavimo v MS Excel funkcijo norm.s.inv dobimo vrednost 2,05 za standardizirano slučajno spremenljivko. Izračun varnostne zaloge preko ciljne verjetnosti pozitivnega nivoja zalog smo opisali v poglavju 3.3.2.
8. Varnostno zalogo smo izračunali s pomočjo enačbe (18) na strani 28. Če vstavimo podatke za Državo 1, dobimo spodnji rezultat:

$$\text{Varnostna zaloga} = 2,05 \times 46,2 = 95 \text{ kosov} \quad (24)$$

Tabela 5: Parametri povpraševanja in dobave za izdelek A00001 na lokalnih skladiščih

Izdelek A00001	Država 1	Država 2	Enote
Standardni odklon napake v planu	32,70	24,52	kos
Standardni odklon napake v LT + RT	46,2	34,7	kos
Predpostavljena porazdelitev povpraševanja	Norm. porazdelitev	Norm. porazdelitev	
Dobavni čas	1	1	teden
Perioda pregledovanja zalog	1	1	teden
Stroški držanja zaloge na kos/teden	0,95 €	0,95 €	EUR
Stroški manjka zaloge na kos/teden	5,0 €	5,0 €	EUR
Ciljna verjetnost pozitivne zaloge	98%	98%	
Varnostna zaloga	95	227	kos

Izračun stroškov zalog pri obstoječem načinu naročanja ter izračun stroškov zalog pri uporabi TSL modela kontrole zalog.

V Tabeli 6 prikazujemo obstoječe nivoje zalog in oddana naročila za obnovo zalog iz podatkovne baze podjetja za Državo 1 in v Tabeli 8 za Državo 2. Na osnovi teh podatkov smo izračunali celotne stroške zalog, ki jih bomo primerjali s celotnimi stroški zalog, dobljenimi preko uporabe TSL modela. Vsi podatki so izvoženi iz podatkovne baze, dodatno smo ovrednotili le stroške držanja zalog in stroške primanjkljaja zalog.

Izračun in pojasnilo podatkov v Tabeli 6:

1. Strošek držanja zalog smo izračunali s pomočjo enačbe (2) na strani 7. Za 36. teden izračunamo:

$$\text{Strošek držanja zalog} = 829 \times 0,95 = 785 \text{ €} \quad (25)$$

2. Strošek negativne zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (3) na strani 7. Za 36. teden smo tako izračunali:

$$\text{Strošek negativne zaloge} = 0 \times 5 = 0 \text{ €} \quad (26)$$

V Tabeli 7 prikazujemo izračun točke ponovnega naročila in ostale parametre za posamezen teden na lokalnem skladišču za Državo 1, v Tabeli 9 pa za lokalno skladišče v Državi 2. Kot začetno zalogo v 36. tednu smo vzeli dejansko zalogo v lokalnih skladiščih, kar pomeni, da v primeru izredno visokih zalog optimizacijski model ne oddaja naročil več tednov. Stroški zalog so tako višji kot pričakovani. Za razumevanje izračuna končnega nivoja zalog za posamezen teden pri TSL modelu kontrole zalog in obstoječi metodologiji naročanja bomo uporabili podatke v Tabeli 5 in Tabeli 7, ki se nanašajo na izdelek A00001 na lokalnem skladišču v Državi 1.

Izračun in pojasnilo podatkov po korakih za primer enega tedna v Tabeli 7:

1. Nivo zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (4) na strani 15. Za 36. teden dobimo spodnjo vrednost:

$$\text{Nivo zaloge} = 866 + 85 = 951 \text{ kosov} \quad (27)$$

2. Povpraševanje v obdobju (LT+RT) je seštevek plana povpraševanja za trenutni in naslednji teden. Tako dobimo za 36. teden:

$$\text{Povpraševanje v } (LT + RT) = 159 + 212 = 371 \text{ kosov} \quad (28)$$

3. Varnostno zalogo smo izračunali in pojasnili v Tabeli 5.
4. TSL (ciljni nivo zalog) smo izračunali s pomočjo enačbe (9) na strani 25. Za 36. teden tako dobimo:

$$\text{TSL} = 371 + 95 = 466 \text{ kosov} \quad (29)$$

5. Naročilo je oddano v primeru, da je nivo zaloge nižji od ciljnega nivoja zalog. Naročilo v trenutnem tednu se zapiše kot načrt prihoda naročil za prihodnja obdobja glede na dobavni čas. Za 36. teden je nivo zaloge višji od ciljnega nivoja zaloge, zato nismo oddali naročila.
6. Načrt prihoda naročil se definira glede na naročilo, oddano v preteklem obdobju, in je za 37. teden enako naročilu v 36. tednu.
7. Strošek držanja zalog smo izračunali s pomočjo enačbe (2) na strani 7. Za 36. teden smo tako izračunali:

$$\text{Strošek držanja zalog} = 829 \times 0,95 = 785 \text{ €} \quad (30)$$

8. Strošek negativne zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (3) na strani 7. Za 36. teden tako dobimo:

$$\text{Strošek negativne zaloge} = 0 \times 5 = 0 \text{ €} \quad (31)$$

Tabela 6: Dejanski nivo zalog in stroški zalog za izdelek A00001 na lokalnem skladišču v Državi 1

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Plan povpraševanja	159	212	203	176	122	131	120	121	108	196	185	159	155	157	249
Začetna zaloga	866	792	643	452	385	416	367	270	169	98	47	-70	116	89	76
Blago v prihodu	85	63	12	109	153	82	23	20	37	145	68	345	128	144	77
Končna zaloga	792	643	452	385	416	367	270	169	98	47	-70	116	89	76	-96
Povprečna zaloga	829	717,5	547,5	418,5	400,5	391,5	318,5	219,5	133,5	72,5	-11,5	23	102,5	82,5	-10
Stroški držanja zalog (€)	785	679	518	396	379	371	302	208	126	69	0	22	97	78	0
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	50

Tabela 7: Izračun ciljnega nivoja zaloge in stroškov zalog za Izdelek A00001 glede na TSL model kontrole zalog na lokalnem skladišču v Državi 1

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Plan povpraševanja	159	212	203	176	122	131	120	121	108	196	185	159	155	157	249	224	195
Začetna zaloga	866	792	580	377	201	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95		
Načrt prihoda naročil	85	0	0	0	16	131	120	121	108	196	185	159	155	157	249		
Končna zaloga	792	580	377	201	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95		
Povprečna zaloga	829	686	479	289	148	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95		
Nivo zaloge	951	792	580	377	217	226	215	216	203	291	280	254	250	252	344		
Povpraševanje v LT + RT	371	415	379	298	253	251	241	229	304	381	344	314	312	406	473		
Varnostna zaloga	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95		
TSL (ciljni nivo zalog)	466	510	474	393	348	346	336	324	399	476	439	409	407	501	568		
Naročilo	0	0	0	16	131	120	121	108	196	185	159	155	157	249	224		
Stroški držanja zalog (€)	785	650	453	274	140	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Tabela 8: Dejanski nivo zalog in stroški zalog za izdelek A00001 na lokalnem skladišču v Državi 2

Teden	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Plan povpraševanja	80	103	104	96	68	96	68	59	47	68	53	40	36	84	165
Začetna zaloga	586	526	443	409	346	360	408	407	370	399	421	388	360	517	527
Blago v prihodu	20	20	70	33	82	144	67	22	76	90	20	12	193	94	35
Končna zaloga	526	443	409	346	360	408	407	370	399	421	388	360	517	527	397
Povprečna zaloga	556	484,5	426	377,5	353	384	407,5	388,5	384,5	410	404,5	374	438,5	522	462
Stroški držanja zalog (€)	527	459	403	357	334	364	386	368	364	388	383	354	415	494	438
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 9: Izračun ciljnega nivoja zaloge in stroškov zalog za Izdelek A00001 glede na TSL model kontrole zalog na lokalnem skladišču v Državi 2

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Plan povpraševanja	80	103	104	96	68	96	68	59	47	68	53	40	36	84	165	114	88
Začetna zaloga	586	526	423	319	223	155	71	71	71	71	71	71	71	71	71		
Načrt prihoda naročil	20	0	0	0	0	12	68	59	47	68	53	40	36	84	165		
Končna zaloga	526	423	319	223	155	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71		
Povprečna zaloga	556	475	371	271	189	113	71	71	71	71	71	71	71	71	71		
Nivo zaloge	606	526	423	319	223	167	139	130	118	139	124	111	107	155	236		
Povpraševanje v LT + RT	183	207	200	164	164	164	127	106	115	121	93	76	120	249	279		
Varnostna zaloga	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71		
TSL (ciljni nivo zalog)	254	278	271	235	235	235	198	177	186	192	164	147	191	320	350		
Naročilo	0	0	0	0	12	68	59	47	68	53	40	36	84	165	114		
Stroški držanja zalog (€)	527	449	351	257	179	107	67	67	67	67	67	67	67	67	67		
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

3.2.3 Izračun nivoja zalog in stroškov zalog za centralno skladišče

Pri analizi stroškov zalog na centralnem skladišču smo se osredotočili na tri scenarije vodenja zalog na centralnem skladišču, ki se skladajo s scenariji analize stroškov zalog za celotno oskrbovalno verigo, kot smo jih predstavili v poglavju 1.2.

1. Prvi scenarij predstavlja dejanske stroške zalog pri obstoječem vodenju zalog.
2. Drugi scenarij predstavlja stroške zalog pri uporabi TSL modela kontrole zalog za centralno skladišče, pri čemer je poraba blaga na centralnem skladišču definirana kot vsota naročil lokalnih skladišč pri obstoječem vodenju zalog v 19 državah.
3. Tretji scenarij predstavlja stroške zalog pri uporabi TSL modela kontrole zalog za centralno skladišče. Poraba na centralnem skladišču je definirana preko DRP koncepta, kjer porabo predstavlja plan naročil, definiran s pomočjo TSL modela za 2 lokalni skladišči (predstavljeno v Tabeli 7 in Tabeli 9). Preostala poraba pa je definirana kot vsota naročil 17 lokalnih skladišč, ki uporabljajo obstoječe vodenje zalog.

Pri uporabi TSL modela kontrole zalog za centralno skladišče bomo sledili enakim konceptom kot smo jih uporabili za 2 lokalni skladišči. Glavna razlika je, da se na centralnem skladišču soočamo z odvisnim povpraševanjem, ki smo ga izračunali preko DRP koncepta in predstavlja naročila lokalnih skladišč.

Za uporabo TSL modela kontrole zalog pri drugem in tretjem scenariju moramo poznati parametre povpraševanja in dobave za centralno skladišče, ki so predstavljeni v Tabeli 10.

Tabela 10: Parametri povpraševanja in dobave za izdelek A00001 na centralnem skladišču

Izdelek A00001	Scenarij 2	Scenarij 3	
Lastosti povpraševanja			
Standardni odklon lokalnih naročil	95	56	kos
Standardni odklon naročil v LT + RT	189	112	kos
Predpostavljena porazdelitev povpraševanja	Norm. porazdelitev	Norm. porazdelitev	
Lastnosti dobave			
Dobavni čas	3	3	teden
Perioda pregleda zalog	1	1	teden
Stroški držanja zaloge na kos/teden	0,32 €	0,32 €	EUR
Stroški manjka zaloge na kos/teden	0,0 €	0,0 €	EUR
Ciljna verjetnost pozitivne zaloge	70 %	70 %	
Varnostna zaloga	99	59	kos

Obrazložitev podatkov in izračunov za Tabelo 10:

1. Standardni odklon porabe oziroma povpraševanja na centralnem skladišču je izračunan na podlagi naročil lokalnih skladišč med 32. in 35. tednom. Podatki za scenarij 2 so predstavljeni v Tabeli 11 ter za scenarij 3 v Tabeli 12. Pri izračunu standardnega

odklona smo upoštevali enačbo (22) na strani 34. Opazimo lahko, da je standardni odklon povpraševanja lokalnih skladišč (56 kosov) nižji pri uporabi TSL modela kontrole zalog za 2 skladišči (Tabela 12, scenarij 3), kot pri obstoječih procesih naročanja, kjer je standardni odklon 94,7 kosov. To pomeni, da TSL model za lokalna skladišča oddaja naročila bolj enakomerno in ne povzroča takšne variabilnosti povpraševanja na centralnem skladišču kot obstoječi procesi naročanja lokalnih skladišč.

Tabela 11: Standardni odklon dejanskih naročil lokalnih skladišč

Teden v letu 2015	32	33	34	35	σ
Država 1 – dejanska naročila	0	77	287	85	106,2
Država 2 – dejanska naročila	105	105	128	20	41,2
Ostala skladišča – dejanska naročila	511	562	454	566	45,5
Skupaj	616	744	869	671	94,7

Tabela 12: Standardni odklon naročil lokalnih skladišč pri uporabi TSL modela za 2 lokalni skladišči

Teden v letu 2015	32	33	34	35	σ
Država 1 – naročila preko TSL modela	129	178	180	159	20,5
Država 2 – naročila preko TSL modela	51	63	59	80	10,5
Ostala skladišča – dejanska naročila	511	562	454	566	45,5
Skupaj	691	803	693	805	56,0

2. Ker je dobavni čas (LT) 3 tedne in perioda pregledovanja zalog (RT) dodaten teden, moramo kot variabilnost povpraševanja upoštevati standardni odklon za 4 tedne. Pri tem uporabimo enačbo (5) na strani 17. Spodaj je primer izračuna za scenarij 2 in scenarij 3.

$$\text{Standardni odklon v } (LT + RT) = \sqrt{4} \times 94,7 = 189 \text{ kosov (scenarij 2)} \quad (32)$$

$$\text{Standardni odklon v } (LT + RT) = \sqrt{4} \times 56 = 112 \text{ kosov (scenarij 3)} \quad (33)$$

3. LT predstavlja dobavni čas od centralnega skladišča do lokalnega skladišča in je 3 tedne za oba scenarija.
4. Perioda pregledovanja zalog za oba scenarija je 1 teden.
5. Stroška negativne zaloge na centralnem skladišču ne upoštevamo oziroma je nič, saj negativna zaloge na centralnem skladišču ne vpliva nujno na nivo storitve do končnega kupca.
6. Strošek držanja zaloge smo izračunali na podlagi podatkov v Tabeli 13, pri čemer smo uporabili enačbo (1) na strani 7.

Tabela 13: Izračun stroškov držanja zaloge za centralno skladišče

Parametri stroškov držanja zalog	Vrednost
Število kosov na paletu	6
Lastna cena (€)	98
Strošek paletnega mesta na teden (€)	1
Tedenska obrestna mera	0,0012
Strošek držanja zaloge na kos/teden (€)	0,317
Strošek negativne zaloge na kos/teden (€)	0

7. Ciljno verjetnost pozitivne zaloge smo določili v višini 70 % na podlagi strategije, da večji del varnostnih zalog v oskrbovalni verigi držimo na lokacijah, kjer izpolnujemo povpraševanje končnega kupca, torej na lokalnih skladiščih. Še vedno pa želimo držati vsaj nekaj varnostne zaloge in omogočiti verjetnost pozitivne zaloge nad 50 %, kar dosegamo brez varnostne zaloge.
8. Varnostno zalogo smo izračunali s pomočjo enačbe (18) na strani 28. Spodaj navajamo primer izračuna za scenarij 2 in scenarij 3. Opazimo lahko, da za scenarij 3 držimo nižjo varnostno zalogo za omogočanje 70 % verjetnosti izpolnitve vseh naročil v obdobju kritja.

$$\text{Varnostna zaloga} = 0,52 \times 189 = 99 \text{ kosov} \quad (\text{scenarij 2}) \quad (34)$$

$$\text{Varnostna zaloga} = 0,52 \times 112 = 59 \text{ kosov} \quad (\text{scenarij 3}) \quad (35)$$

Izračun stroškov zalog na centralnem skladišču za posamezen scenarij.

V nadaljevanju bomo predstavili nivoje zalog in ostale parametre za posamezen scenarij in preko tega izračunali stroške zalog. V tabelah prikazujemo tedne od 36 do 50, vendar so začetni in končni tedni predstavljeni predvsem z namenom transparentnosti izračunov pri TSL modelih kontrole zalog.

V Tabeli 14 prikazujemo nivoje zalog in ostale parametre za posamezen teden za scenarij 1, v Tabeli 15 za scenarij 2 ter v Tabeli 16 za scenarij 3. Iz slednje je razviden tudi izračun točke ponovnega naročila. Kot začetno zalogo v tednu 36 smo vzeli dejansko zalogo v tem tednu, kar pomeni, da v primeru izredno visokih zalog TSL model ne oddaja naročil več tednov. Stroški zalog so tako višji od pričakovanih, dokler plan povpraševanja ne zniža končne zaloge v prihodnjih tednih in le-ta pade na pričakovani nivo varnostnih zalog.

Tabela 14: Pregled nivoja in stroškov zalog za obstoječe stanje na centralnem skladišču in lokalnih skladiščih (scenarij 1)

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Začetna zaloga	3.966	3.741	3.100	2.819	1.991	1.476	1.384	1.820	1.901	3.482	3.509	4.706	3.951	3.388	3.229
Nabavni nalogi v tranzitu	292	0	321	0	6	74	688	346	2.086	570	1.784	44	0	223	0
Naročila za Državo1	63	12	109	153	82	23	20	37	145	68	345	128	144	77	289
Naročila za Državo2	20	70	33	82	144	67	22	76	90	20	12	193	94	35	30
Naročila preostalih 17 lokalnih skladišč	454	561	493	661	439	143	232	228	360	475	242	671	349	305	248
Končna zaloga	3.741	3.100	2.819	1.991	1.476	1.384	1.820	1.901	3.482	3.509	4.706	3.951	3.388	3.229	2.662
Povprečna zaloga	3.854	3.421	2.960	2.405	1.734	1.430	1.602	1.861	2.692	3.496	4.108	4.329	3.670	3.309	2.946
Stroški držanja zalog (€)	1.221	1.084	938	762	549	453	508	589	853	1.108	1.301	1.371	1.163	1.048	933
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 15: Pregled nivoja in stroškov zalog pri uporabi TSL modela za centralno skladišče (scenarij 2)

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Začetna zalog	3.966	3.721	3.078	2.764	1.868	1.203	970	696	355	99	99	99	99	99	99
Naročila za Državo1	63	12	109	153	82	23	20	37	145	68	345	128	144	77	289
Naročila za Državo2	20	70	33	82	144	67	22	76	90	20	12	193	94	35	30
Naročila preostalih 17 lokalnih skladišč	454	561	493	661	439	143	232	228	360	475	242	671	349	305	248
Celotna naročila lokalnih skladišč	537	643	635	896	665	233	274	341	595	563	599	992	587	417	567
Nabavni nalogi v tranzitu	292	0	321												
Načrt prihoda nabavnih nalogov				0	0	0	0	0	339	563	599	992	587	417	567
Končna zalog	3.721	3.078	2.764	1.868	1.203	970	696	355	99	99	99	99	99	99	99
Povprečna zalog	3.844	3.400	2.921	2.316	1.536	1.087	833	526	227	99	99	99	99	99	99
Nivo zaloge	4258	3721	3399	2764	1868	1203	1309	1598	1856	2253	2277	2095	1670	1083	
Povpraševanje v LT + RT	2711	2839	2429	2068	1513	1443	1773	2098	2749	2741	2595	2563	1571	984	
Varnostna zalog	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
TSL (ciljni nivo zalog)	2810	2938	2528	2167	1612	1542	1872	2197	2848	2840	2694	2662	1670	1083	
Naročilo	0	0	0	0	0	339	563	599	992	587	417	567	0	0	
Stroški držanja zalog (€)	1.218	1.077	926	734	487	344	264	167	72	31	31	31	31	31	
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabela 16: Pregled nivoja in stroškov zalog pri uporabi TSL modela za centralno skladišče. Poraba na centralnem skladišču so dejanska naročila 17. lokalnih skladišč in naročila, izračunana preko TSL modela za 2 državi (scenarij 3)

Teden v letu 2015	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Začetna zaloga	3.966	3.804	3.243	3.071	2.394	1.812	1.481	1.069	686	62	59	59	59	59	59
Naročila za Državo1	0	0	0	16	131	120	121	108	196	185	159	155	157	249	224
Naročila za Državo2	0	0	0	0	12	68	59	47	68	53	40	36	84	165	114
Naročila preostalih 17 lokalnih skladišč	454	561	493	661	439	143	232	228	360	475	242	671	349	305	248
Celotna naročila lokalnih skladišč	454	561	493	677	582	331	412	383	624	713	441	862	590	719	586
Nabavni nalogi v tranzitu	292	0	321												
Načrt prihoda nabavnih nalogov				0	0	0	0	0	0	710	441	862	590	719	586
Končna zaloga	3.804	3.243	3.071	2.394	1.812	1.481	1.069	686	62	59	59	59	59	59	59
Povprečna zaloga	3.885	3.524	3.157	2.733	2.103	1.646	1.275	877	374	60	59	59	59	59	59
Pozicija zaloge	4258	3804	3564	3071	2394	1812	1481	1779	1837	2075	1952	2230	1954	1364	
Povpraševanje v LT + RT	2185	2313	2083	2002	1708	1750	2132	2161	2640	2606	2612	2757	1895	1305	
Varnostna zaloga	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
TSL (ciljni nivo zalog)	2244	2372	2142	2061	1767	1809	2191	2220	2699	2665	2671	2816	1954	1364	
Naročilo	0	0	0	0	0	0	710	441	862	590	719	586	0	0	
Stroški držanja zalog (€)	1.231	1.116	1.000	866	666	522	404	278	118	19	19	19	19	19	
Stroški manjka zalog (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Izračun in pojasnilo podatkov za scenarij 1 (Tabela 14).

Vsi podatki so izvoženi iz podatkovnega skladišča, dodatno smo ovrednotili le stroške držanja zalog in stroške primanjkljaja zalog za posamezen teden.

1. Strošek držanja zalog smo izračunali s pomočjo enačbe (2) na strani 7. Za 36. teden tako izračunamo:

$$\text{Strošek držanja zalog} = 3854 \times 0,32 = 1221 \text{ €} \quad (36)$$

2. Strošek negativne zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (3) na strani 7. Za 36. teden tako dobimo:

$$\text{Strošek negativne zaloge} = 0 \times 0 = 0 \text{ €} \quad (37)$$

Izračun in pojasnilo podatkov za scenarij 2 (Tabela 15).

Za razumevanje izračuna končnega nivoja zalog za primer enega tedna bomo uporabili podatke v Tabeli 10 in Tabeli 15.

1. Nivo zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (4) na strani 15. Za 36. teden tako izračunamo:

$$\text{Nivo zaloge} = 3.986 + 292 = 4258 \text{ kosov} \quad (38)$$

2. Povpraševanje v (LT +RT) za 36. teden je seštevek celotnih naročil lokalnih skladišč za trenutni in naslednje 3 tedne:

$$\text{Povpraševanje v (LT +RT)} = 537 + 643 + 635 + 896 = 2711 \text{ kosov} \quad (39)$$

3. Varnostna zaloga za cikel naročanja je varnostna zaloga kot smo jo izračunali in pojasnili za Tabelo 10 (scenarij 2). Enako višino varnostne zaloge, ki je 99 kosov, smo upoštevali za vse tedne.
4. TSL (ciljni nivo zalog) smo izračunali s pomočjo enačbe (9) na strani 25. Za 36. teden smo dobili spodnjo vrednost:

$$\text{TSL} = 2711 + 99 = 2810 \text{ kosov} \quad (40)$$

5. Naročilo je oddano v primeru, da je nivo zaloge nižji od ciljnega nivoja zalog. Naročilo v trenutnem tednu se zapiše kot načrt prihoda naročil za prihodnja obdobja glede na dobavni čas. V našem primeru naročilo, oddano v tednu 36, dospe na zalogo v tednu 39, saj je dobavni čas 3 tedne. Naročilo izračunamo s pomočjo enačbe (10) na strani

25. Ker je za teden 36 nivo zaloge višji od ciljnega nivoja zaloge, nismo oddali naročila.
6. Načrt prihoda nabavnih nalogov se definira glede na naročilo oddano v preteklem obdobju in je za teden 39 enak naročilu oddanemu v tednu 36. Količina blaga v prihodu za teden 39 je enaka 0.
7. Strošek držanja zalog smo izračunali s pomočjo enačbe (2) na strani 7 in za teden 36 dobili:

$$\text{Strošek držanja zalog} = 3844 \times 0,32 = 1218 \text{ €} \quad (41)$$

8. Strošek negativne zaloge smo izračunali s pomočjo enačbe (3) na strani 7 in za teden 36 dobili:

$$\text{Strošek negativne zaloge} = 0 \times 0 = 0 \text{ €} \quad (42)$$

Izračun in pojasnilo podatkov za scenarij 3 (Tabela 16).

Za razumevanje izračuna končnega nivoja zalog za primer enega tedna bomo uporabili podatke v Tabeli 10 in Tabeli 16.

1. Nivo zaloge za teden 36 izračunamo kot:

$$\text{Nivo zaloge} = 3.986 + 292 = 4258 \text{ kosov} \quad (43)$$

2. Povpraševanje v obdobju (LT +RT) je seštevek celotnih naročil lokalnih skladišč za trenutni teden in za naslednje 3 tedne. Tako za teden 36 dobimo:

$$\text{Povpraševanje v (LT +RT)} = 454 + 561 + 493 + 677 = 2185 \text{ kosov} \quad (44)$$

3. Varnostna zaloga za cikel naročanja je varnostna zaloga kot smo jo izračunali in pojasnili za Tabelo 10 (scenarij 3). Enako višino varnostne zaloge, ki je 59 kosov, smo upoštevali za vse tedne.
4. TSL (ciljni nivo zalog) izračunamo s pomočjo enačbe (9) in za teden 36 dobimo:

$$\text{TSL} = 2185 + 59 = 2244 \text{ kosov} \quad (45)$$

5. Naročilo je oddano v primeru, da je nivo zaloge nižji od ciljnega nivoja zalog. Naročilo v trenutnem tednu se zapiše kot načrt prihoda naročil za prihodnja obdobja glede na dobavni čas. V našem primeru naročilo oddano v tednu 36 dospe na zalogo v tednu 39, saj je dobavni čas 3 tedne. Naročilo izračunamo s pomočjo enačbe (10). Za teden 36 je nivo zaloge višji od ciljnega nivoja zaloge, zato nismo oddali naročila.

6. Načrt prihoda nabavnih nalogov se definira glede na naročilo oddano v preteklem obdobju in je za teden 39 enak naročilu oddanemu v tednu 36.
7. Strošek držanja zalog smo izračunali s pomočjo enačbe (2). Za teden 36 smo dobili spodnjo vrednost. Strošek držanja zalog v tednu 36 za scenarij 3 je višji v primerjavi s scenarijem 2, saj uporaba TSL modela kontrole zalog na dveh lokalnih skladiščih oddaja optimalnejša (nižja) naročila, kar pomeni nižje povpraševanje in črpanje zalog na centralnem skladišču.

$$\text{Strošek držanja zalog} = 3905 \times 0,32 = 1237 \text{ €} \quad (46)$$

8. Strošek negativne zaloge izračunamo s pomočjo enačbe (3) in za teden 36 dobimo:

$$\text{Strošek negativne zaloge} = 0 \times 0 = 0 \text{ €} \quad (47)$$

3.2.4 Primerjava stroškov zalog celotne oskrbovalne verige za posamezen scenarij

V Tabeli 17 prikazujemo povzetek stroškov zalog za tedne 39 do 48 pri obstoječih procesih v podjetju ter pri uporabi TSL modela preko celotne oskrbovalne verige za vse tri različne scenarije, kjer postopoma dodajamo TSL model kontrole zalog v posamezne nivoje oskrbovalne verige. Podatke smo zajeli iz tabel 6–9 za 2 lokalni skladišči ter tabel 14–16 za posamezne scenarije na centralnem skladišču.

Tabela 17: Primerjava stroškov zalog celotne oskrbovalne verige za posamezen scenarij

Scenarij	Kontrola zalog na centralnem skladišču	Kontrola zalog na lokalnih skladiščih	Stroški zalog za centralno skladišče (€)	Stroški zalog za lokalni skladišči (€)	Celotni stroški zalog (€)
Scenarij 1	Obstoječe stanje	Obstoječe stanje	8.657	5.741	14.399
Scenarij 2	TSL model	Obstoječe stanje	2.192	5.741	7.934
Scenarij 3	TSL model	TSL model za 2 skladišči + Obstoječe stanje za ostala	2.970	2.148	5.118
Prihranek pri scenariju 2 glede na scenarij 1 (€)			6.465		
Relativni prihranek pri scenariju 2 glede na scenarij 1			45 %		
Prihranek pri scenariju 3 glede na scenarij 1 (€)			9.280		
Relativni prihranek pri scenariju 3 glede na scenarij 1			64 %		

3.3 Ugotovitve in predlogi

Na podlagi podatkov v Tabeli 17 lahko zaključimo, da dodajanje modelov kontrole zalog na posamezne nivoje oskrbovalne verige in koordinacija preko DRP modela prinaša podjetjem opazna znižanja stroškov držanja zalog, ob zagotovitvi enakega nivoja storitve (preko celotne analize smo se soočali z negativnimi zalogami samo na lokalnem skladišču v Državi 1 pri pregledu obstoječega stanja).

Tezo, ki smo jo zastavili v uvodu, smo s tem potrdili.

Pri implementaciji integriranega planiranja oskrbovalne verige moramo veliko pozornosti nameniti izobraževanju človeških virov v oddelkih, kjer se srečujemo z vodenjem zalog. Pomembno je osnovno poznavanje statističnih konceptov za planiranje povpraševanja in tistih, na katere se naslanjamo pri modelih kontrole zalog.

Enako pomembno kot izobraževanje je nedvomno tudi proces upravljanja sprememb v podjetju, saj je integrirano planiranje osnovano na optimizaciji in avtomatizaciji procesov. Preko tega posamezniki velikokrat izgubijo moč nad posameznimi koraki. Ta izguba moči lahko vodi do nasprotovanja glede implementacije novih procesov, kar lahko ogrozi celotno uvajanje integriranega planiranja.

SKLEP

Učinkovito vodenje oskrbovalnih verig je v mnogih podjetjih osnova za uspešno poslovanje, saj predstavlja velik delež stroškov operacij. Poleg optimizacije operativnih procesov je ključno planiranje oskrbovalne verige, kjer podjetje definira več nivojev plana od strateškega in taktičnega do operativnega. Preko definiranja planov podjetja sprejemajo ključne odločitve glede fizičnega odtisa oskrbovalne verige, ki je osnova oziroma model za operativno planiranje. Pri definiciji fizičnega odtisa morajo podjetja upoštevati metode in taktike za zmanjševanje tveganja v oskrbovalni verigi. Pri operativnem planiranju oskrbovalne verige se morajo podjetja v večji meri posluževati integriranih procesov planiranja, ki se naslanjajo na statistične in optimizacijske modele, ki podjetju omogočajo avtomatizacijo procesa planiranja in znižanje nivoja zalog ter s tem znižanje stroškov vodenja zalog.

Izziv, s katerim se bodo podjetja soočala v prihodnosti, je prehod iz pretežno enostavnih in ročnih procesov planiranja oskrbovalne verige na integrirane procese. Tu bo veliko vlogo odigralo izobraževanje človeških virov ter izbira in implementacija naprednih informacijskih sistemov, ki omogočajo in podpirajo integrirano planiranje oskrbovalne verige.

LITERATURA IN VIRI

1. Axsäter, S. (2006). *Inventory Control* (2nd ed.). New York: Springer US.
2. Cachon, G., & Terwiesch, C. (2009). *Matching Supply with Demand: An introduction to operations management* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
3. Chase, C. (2009). *Demand Driven Forecasting: a structured Approach to Forecasting*. New Jersey: John Wiley & Sons.
4. Cranfield University (2011). *Supply Chain Planning Programme study materials*. Cranfield: Cranfield University.
5. Čibej, J. & Ferbar Tratar, L. (2012). *Matematika za poslovno rabo, (2. Del)*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
6. Ganeshan, R., & Harrision, T. (1995). *An introduction to supply chain management*. Najdeno 14. januarja na spletnem naslovu http://lcm.csa.iisc.ernet.in/scm/supply_chain_intro.html
7. Hugos, M. (2006). *Essentials of Supply Chain Management* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
8. Jacobs, F., Chase, R., & Aquilano, N. (2009). *Operations and supply management* (12th ed.). New York: McGraw-Hill.
9. Mentzer, J., & Moon, M. (2005). *Sales Forecasting Management* (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.
10. Piasecki, D. (2009). *Inventory Management Explained*. Pleasant Prairie: Ops Publising.
11. Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (5th ed.). London: Kogan Page.
12. Rusjan, B. (2009). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
13. Winston, W. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (12th ed.). Belmont: Thomson Learning.

PRILOGA

PRILOGA 1: Seznam kratic

BOM – Bill of materials

DRP – distribution requirements planning

EOQ – Economic order quantity

ERP – enterprise resource planning

IBP – Integrated business planing

LT – lead time

MRP – material requirements planning

MEIO – multi echelon inventory optimization

Q – quantity

ROP – re-order point

RT – review time

SCP – Supply chain planning

S&OP – Sales and operations plannig

SS – safety stock

TSL – target stock level