
TAVOITERIITON MÄÄRITTÄMINEN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Logistiikan koulutusohjelma

Forssa, kevät 2014

Ilari Korpela

Ilari Korpela



FORSSA
Logistiikan koulutusohjelma

Tekijä	Ilari Korpela	Vuosi 2014
Työn nimi	Tavoiteriiton määrittäminen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin tilaajayritykselle. Työ tehtiin, koska yritys koki varmuusvarastojen koon optimoinnissa olevan mahdollisuus parantaa toiminnan tuottavuutta ja yrityksen kilpailukykyisyyttä. Työn tavoitteena oli selvittää varmuusvaraston oikea laskentatapa. Työn tarkoitus oli laskea työhön valituille tuotteille tavoiteriitto. Toimitusvarmuus on suuri tekijä asiakkaille. Yritys ei ollut tietoinen varmuusvaraston oikeasta laskentatavasta. Suurella varmuusvarastolla kyetään tyydyttämään kysynnässä tapahtuvat vaihtelut, jolloin toimitusvarmuus on hyvä. Suuri varmuusvarasto voi kuitenkin aiheuttaa hävikkiä ja sitoa pääomaa. Varmuusvaraston tarvittava koko voidaan määrittää palvelutason mukaan. Tällöin varmuusvaraston määrittämiseen sovelletaan normaalijakaumaa. Varmuusvaraston koko määrittyy kysynnän keskihajonnan ja varmuuskertoimen tulosta. Varmuuserroin kuvaa palvelutasoa. Tuotteiden kysyntää ennustettaessa voidaan tarvittava varmuusvarasto määrittää ennustetarkkuuden mukaan. Täten varmuusvarasto kattaa ennustevirheen halutulla palvelutasolla. Ennustevirheen ollessa hyvällä tasolla on tarvittava varmuusvarasto pienempi, kuin kysynnän hajonnan mukaan määritettynä.

Opinnäytetyössä käytettiin sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä käytettiin haastatteleamalla yrityksen kohdeprosessin avainhenkilöitä. Kvantitatiivista tutkimusmenetelmää käytettiin keräämällä historiatietoa työhön valittujen tuotteiden menneistä kysynnöistä sekä ennusteista. Historiatiedon perusteella varmistettiin teoria sopivaksi ongelmaan, sekä määritettiin tuotteille tarvittavat varmuusvaraston koot.

Työn tuloksina saatiin selvitettyä yritykselle varmuusvaraston oikeanlaisen laskentatapa sekä työhön valituille tuotteille tarvittavat varmuusvarastot. Täten opinnäytetyön tavoitteet ja tarkoitus saavutettiin. Työssä syntyi kehitysehdotus, jossa yritys ottaisi oikeanlaisen varmuusvaraston laskentatavan osaksi päivittäisiä suunnittelutoimintojaan. Kehitysehdotus on helposti otettavissa käyttöön ja se tuo lisäarvoa yrityksen toiminnalle. Lisäarvoa tuottavat parantunut palvelutaso, asiakastuoreus sekä vähentynyt hävikki.

Avainsanat ennustetarkkuus, palvelutaso, tavoiteriitto, varmuusvarasto

Sivut 31 s.

FORSSA

Degree program of logistics

Author

Ilari Korpela

Year 2014**Subject of Bachelor's thesis**

Determining target period of storage

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by a company where they felt they had an opportunity to improve their productivity and competitiveness by optimizing their safety stocks. The aim of this thesis project was to find out a proper method for calculating the safety stock. Thus the objective of this thesis project was to calculate the target period of storage for products that had been selected for the thesis project. Delivery reliability is a significant factor for the customer. The company was not aware of how to calculate their safety stock in the proper way. With a big safety stock you can satisfy fluctuations in demand, and have a high delivery reliability. A large safety stock can however inflict wastage and it will tie capital.

Safety stock can be determined according to the service level. In this case normal distribution is used to determine the safety stock. Thus the safety stock is calculated by multiplying safety factor and standard deviation of demand. Safety factor describes the service level. When product demand is forecast, the safety stock can be determined from forecast accuracy. In this case the safety stock will cover the forecast error at a required service level.

When the forecast error is reasonable the required safety stock is smaller than when determining it by fluctuations in demand. In this project both qualitative and quantitative research methods were used. Qualitative research methods were used through interviews of the key persons in the company target processes, so that theory could be applied into the current problem. Quantitative research methods were used when collecting history data of demands and forecasts of selected products. Through this history data the theory was confirmed to be appropriate as to the research problem and the necessary safety stocks could be calculated with each product. Thesis aims and objectives of this project were achieved. This thesis generated a few development ideas. One of the ideas was, that the company should incorporate the resolved calculation model of safety stocks into the company's daily planning operations. This development idea could be easily taken into practice and it would bring added value to the company's operations. Value to the company's operations will be added through a higher service level and customer satisfaction together with less wastage.

Keywords forecast accuracy, safety stock, service level, target period of storage**Pages** 31 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	2
3	NORMAALIJAKAUMA.....	3
4	KYSYNNÄN ENNUSTAMINEN.....	4
4.1	Aikasarja ennustaminen.....	7
4.1.1	Liukuva keskiarvo.....	8
4.1.2	Eksponentiaalinen tasoitus.....	9
4.1.3	Trendikorjattu eksponentiaalinen tasoitus.....	10
4.1.4	Trendi- ja kausikorjattu eksponentiaalinen tasoitus.....	11
4.2	Ennustetarkkuuden mittaaminen.....	12
5	TUOTANNONOHJAUS.....	13
6	VARASTOINTI.....	14
6.1	Varastonhallinta.....	15
6.2	Varmuusvarasto.....	16
6.3	Varmuusvaraston määrittäminen kysynnän mukaan.....	17
6.4	Varmuusvaraston määrittäminen ennustetarkkuuden mukaan.....	18
7	YRITYKSEN NYKYTILA.....	19
8	VARMUUSVARASTON MÄÄRITTÄMINEN VALITUILLE TUOTTEILLE	20
9	KEHITYSIDEAT.....	27
10	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää työhön valituille tuotteille tavoiteriitto. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tilaajayritykselle varmuusvaraston oikea laskentatapa. Varaston riitto kuvataan päivinä ja se kuvastaa kuinka moneksi päiväksi varasto riittää kattamaan kysynnän. Tavoiteriitto tarkoittaa tavoiteltavaa riittoa, joka kattaa tulevan kysynnän, mutta ei aiheuta hävikkiä.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä kilpailutilanne markkinoilla on koventunut ja alan yritysten on pakko etsiä uusia tapoja parantaa toimintansa tuottavuutta ja kilpailutilannettaan. Markkinoilla on tapahtunut muutos, jossa asiakkaiden vaatimukset ovat koventuneet. Asiakasvaatimukset ovat koventuneet tuottajien toimitusvarmuudessa ja joustavuudessa sekä tuotteiden tuoreudessa. Tässä tapauksessa toimitusvarmuus- ja tuoreusmittarit ovat osin suoria mittareita yrityksen kilpailuasemasta markkinoilla. Markkinoilla on myös tapahtunut muutos erilaisten tuotteiden määrässä. Markkinat vaativat entistä enemmän erilaisia vaihtoehtoisia ja uusia tuotteita. Uusien tuotteiden kysynnän ennustaminen on aina yritykselle vaikeaa, ja aiheuttavat ongelmia toimitusvarmuuden ja hävikin osalta. Vaadittavan tuoterepertuaarin kasvaminen aiheuttaa myös haasteita tuotteiden kysynnän ennustamiselle kysynnän jakautuessa useammalle eri tuotteelle. Nimikkeiden määrän kasvaessa myös mahdollisuudet hävikin tuottamiseen ja toimitusvarmuuden heikentymiseen kasvaa. (Tilaus-toimitusketjun kehityspäällikkö, haastattelu 10.1.2014.; Ohjauspäällikkö, haastattelu 22.4.2014.)

Tilaajayritys valmistaa lyhyen säilyvyyden kuluttajatuotteita. Lyhyestä säilyvyydestä johtuen tuotteita ei voida valmistaa varastoon suuria määriä. Markkinoiden vaatima toimitusaika pakottaa yrityksen valmistamaan tuotteitaan varastoon kysynnän ennusteen perusteella. Ennusteet ovat aina epätarkkoja, mutta niiden pohjalta tulisi pystyä toimimaan luotettavasti. Ennusteiden epätarkkuuden vuoksi yritykselle syntyy liian suurista varastoista hävikkiä ja liian pienistä varastoista toimitusongelmia. Hävikki tuottaa suoria tappioita toiminnassa ja toimitusongelmat menetettyä myyntiä, sekä yrityksen luotettavuuden heikkenemistä markkinoilla. Yrityksen toiminnan kannalta on siis tärkeää optimoida kannettavan varmuusvaraston koko.

Opinnäytetyössä käytettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä käytettiin yrityksen kohdeprosessin avainhenkilöiden haastatteluissa sekä omakohtaisissa työkokemuksissa. Kvalitatiivista tutkimusmenetelmällä selvennettiin tutkimusongelmaa, joka oli varmuusvaraston oikeanlainen laskentamalli. Kvantitatiivisin tutkimusmenetelmin todettiin teoria toimivaksi tutkimukseen sekä laskettiin työhön valituille tuotteille oikeankokoiset varmuusvarastot.

Tämä opinnäytetyö tehtiin tilaajayritykselle. Työssä ei ole yrityksen pyynnöstä mainittu sen tai tuotteiden nimiä tai tunnuksia. Työn kohdealue si-

sältää muilta markkinoiden toimijoilta salassa pidettäviä prosesseja. Täten prosesseja on avattu työssä rajoitetusti. Myös työssä käytettyjä numeerisia tietoja on esitetty rajoitetusti.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Työssä käytettiin sekä kvalitatiivisia, eli laadullisia tutkimusmenetelmiä, että kvantitatiivista, eli määrällistä tutkimusmenetelmää. Määrällistä tutkimusmenetelmää käytettiin kerätessä valituista tuotteista historiatietoa niiden kysynnästä ja ennusteista. Historiatiedon kerääminen oli välttämättömästä opinnäytetyön tekemistä varten. Historiatietoa käytettiin todistamaan teoria sopivaksi tutkimusongelmaan, sekä varmuusvaraston laskentaan valituille tuotteille. Työhön valittiin seitsemän tuotetta yrityksen edustajan ja opinnäytetyön tekijän toimesta. Valinnassa otettiin huomioon tuotteiden ennustustarkkuus sekä säilyvyysaika. Valituilla tuotteilla on erilaisia säilyvyysaikoja, kuten yrityksen tuotteilla yleensäkin. Työhön valikoitui tuotteita yhdestä tuoteryhmästä sekä huonolla että hyvällä ennustetarkkuudella. Täten työn tulokset on sovellettavissa kaikkiin yrityksen tuotteisiin.

Tiedon kerääminen suoritettiin ajamalla yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä tiedonkeruupäivää edeltävän 180 päivän historiatiedot tuotteiden päiväkohtaisista kysynnöistä ja ennusteista. Historiatieto on luotettavaa, sillä se on kerätty suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä riittävällä tarkkuudella. Historiatiedon luotettavuutta varjostaa ainoastaan tilanne, jossa varasto on ollut tyhjä, eikä myytävää ole ollut. Tällaisessa tilanteessa historiatiedot todellisesta kysynnästä eivät ole välttämättä täysin korrekkeja. Edellä mainitut tilanteet ovat kuitenkin erittäin harvinaisia, eivätkä aiheuta luottamuksellista ongelmaa historiatiedon käytössä, sillä tietoa on kerätty ja käsitelty työssä pitkällä ajanjaksolla. Tällöin mahdollisten virhetapausten vaikutus lopputulokseen on erittäin pieni. Tietoja analysoitiin laskeamalla päivittäinen ennusteen ja kysynnän erotus tietojoukosta. Erotus on yhtä kuin ennustevirhe, ja kertoo, kuinka tarkkoja ennusteet ovat olleet päivittäin. Tuotteiden tietojoukoista piirrettiin myös kuvaajat, jotta kysynnän ja ennusteiden käyttäytymistä kyettäisiin analysoidaan visuaalisesti. Kuvaajista tehtiin johtopäätöksiä kysynnän rakenteesta ja ennusteiden tarkkuudesta sekä sopivuudesta tuotteen kysyntään. Kuvaajista kyettiin lisäksi arvioimaan syitä, jotka olivat aiheuttaneet tilanteen, jossa kysyntä ylitti ennusteen suuresti.

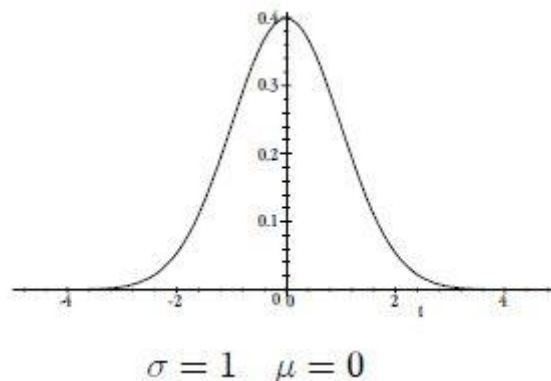
Laadullisista tutkimusmenetelmistä käytettiin puhelinhaastatteluja ja haastatteluja kohdeyrityksen kohdeprosessin avainhenkilöiden kanssa, sekä omia työperäisiä kokemuksia tuotteiden ennusteiden ja kysynnän käyttäytymisestä. Haastatteluista saadut tiedot ovat luotettavia, sillä haastatellut henkilöt ovat olleet useita vuosia yrityksessä kohdeprosessin johtotehtävissä ja tuntevat prosessin. Henkilöt ovat nähneet kysynnässä ja tuotannonohjauksessa tapahtuneet muutokset, ja ovat täten oikeutettuja kommentoimaan yrityksen ongelmakohtia tuotannonohjauksessa ja kysynnän suunnittelussa. Haastatteluista saadut tiedot kirjattiin ylös aina uutta tietoa saataessa. Haastatteluista saadut tiedot koottiin aihealueittain ja analysoitiin, täten saatiin selvyys todellisista ongelmista ja henkilöiden todellisesta

tiedosta tarkasteltavan ongelman teoriasta sekä ongelman merkityksestä yrityksen toimintaan. Haastatteluja käytettiin osaltaan myös teorian suhteuttamiseen tutkittuun ongelmaan, sillä teoriaa on monenlaista ja kirjoitettu useasti yleisellä tasolla. Yrityksen toiminnassa on monia valtavirrasta poikkeavia vaatimuksia ja toimintoja, joihin ei teoria ole aina suoraan sopeutettavissa.

3 NORMAALIJAKAUMA

Monet muuttujat noudattavat normaalijakaumaa tai muistuttavat sitä. Tällaisissa tapauksissa muuttujien keskimääräiset arvot ovat yleisiä ja äärimmäiset arvot harvinaisempia. Satunnaisilmiöt ovat normaalisti jakautuneita silloin, kun ne selittyvät useiden riippumattomien tekijöiden avulla. Normaalijakaumaa muistuttaa ilmiöt, kuten mittausvirheet ja sarjatuotantona pakattujen tuotteiden painot. (Ernvall n.d.)

Normaalijakauman (kuva 1) tiheysfunktion kuvaajaa nimitetään useasti Gaussin kellokäyräksi, jossa jakauman keskiarvo on μ ja keskihajonta σ . Käyrän huippu asettuu kohtaan μ ja käyrä on sitä korkeampi, mitä pienempi on keskihajonta. Keskihajonta määrittää kuvaajan leveyden ja kuvaa, kuinka kauas havainnot keskimäärin sijoittuvat keskiarvosta.



Kuva 1. Normaalijakauman tiheysfunktion kuvaaja

Standardoidussa normaalijakaumassa keskiarvo on nolla ja keskihajonta yksi. Standardinormaalisti jakautunut ilmiö on erittäin poikkeuksellinen. Standardinormaalijakauman kertymäfunktion arvot on taulukoitu, ja arvot on laskettavissa erilaisilla sovelluksilla. Taulukosta löytyvät arvot kertovat prosentuaalisen pinta-alan, jonka muuttujan arvo kattaa jakaumasta. Taulukoita on erilaisia, ja on huomattava, kattaako taulukoidut arvot koko jakauman, vai esimerkiksi vain jakauman positiivisen puolen. Muuttujan arvon kattama pinta-ala jakaumasta on todennäköisyys, että arvo havaitaan. Jotta voitaisiin saada yleisemmän normaalijakaumafunktion kertymäfunktion arvoja, on muuttuja standardoitava. Standardoinnin jälkeen satunnaismuuttuja noudattaa standardinormaalijakauman kertymäfunktiota. Muuttujan standardointi tapahtuu kaavan yksi mukaisesti. (Ernvall n.d.)

$$Z = \frac{(x-\mu)}{\sigma} \quad (1)$$

Kun satunnaismuuttujan standardoidaan, niin muuttujan arvosta vähennetään keskiarvo ja erotus jaetaan keskihajonnalla. Standardoidun muuttujan arvon Z todennäköisyys voidaan lukea standardinormaalijakauman kertymäfunktion taulukoiduista arvoista. Normaalisti jakautuneen muuttujan saavuttamien todennäköisyyksien selvittäminen voidaan ja on usein tarpeen esittää käänteisesti. Tällöin etsitään muuttujan arvoa, joka osuu jakaumaan tietyllä todennäköisyydellä. Tapaa voidaan käyttää, kun etsitään jotakin raja-arvoa, joka tulisi saavuttaa, jotta laskelmat tai toiminta toimivat tietyllä todennäköisyydellä. Asia voidaan ilmaista kaavan 2 mukaisesti, jossa t on varmuuskertoimen ja keskihajonnan tulona ja keskiarvon summa. Tulos t on tällöin normaalisti jakautuneen muuttujan arvo joka kattaa jakaumasta halutun prosentuaalisen osuuden. Varmuuskerroin z on luettavissa samoista normaalijakauman kertymäfunktion taulukoista, kuin todennäköisyydetkin. Myös varmuuskerroin saadaan lasketuksi sovelluksissa. (Hajontaluvuista n.d., 8–9.)

$$t = z * \sigma + \mu \quad (2)$$

4 KYSYNNÄN ENNUSTAMINEN

“Kysynnän ennuste muodostaa pohjan koko toimitusketjun suunnittelulle” (Chopra & Meindl 2010, 197). Tulevaa kysyntää pyritään ennustamaan, jotta yrityksen tarpeet toimitusketjulle voitaisiin suunnitella etukäteen. Kysynnän ennusteen perusteella yritys määrittää muun muassa tarpeitaan työvoiman, raaka-aineen ja kuljetusten suhteen. Ennusteen tarkkuus on siis merkittävä tekijä yrityksen toiminnan kannalta. Käytettäessä alihankintaa tai useita alihankkijoita usealla eri tasolla on tärkeää, että kysynnän ennusteet tehdään yhdessä. Mikäli ennusteita ei tehdä yhdessä jokaisen tason toimijan kanssa on todennäköistä, että ennusteissa on liikaa muuttujia ja toimittajan ennuste eroaa olennaisesti alimman toimijan ennusteesta. (Chopra & Meindl 2010, 197.)

Jacobsin, Berryn, Whybarkin ja Vollmannin (2011, 53–54) mukaan johtajat tarvitsevat kysynnän ennusteita moneen tarpeeseen. Osa tarpeista on strategisia päätöksiä, joita tehdään pitkällä aikajänteellä, kuten päätökset uuden tehtaan rakentamisesta. Tämän kaltaiset ennusteet ovat hyvin summittaisia arvioita liiketoiminnan kehityksestä pitkällä aikavälillä. Laaja-pohjaiset ennusteet ovat liian summittaisia operatiiviseen suunnitteluun sopivaksi. Täten strategiseen ja operatiiviseen suunnitteluun tulisi tehdä erilaisia ennusteita. Kysynnän ennustaminen vie aina aikaa ja yrityksen on mietittävä minkä tasoista ennustetta he kulloinkin tarvitsevat. Tällöin myös ennusteen lähde voi vaihdella eri ennustemenetelmissä.

Yritykset toimivat eri tavalla, jotkut aloittavat tuotteen valmistuksen, kun tilaus on tehty. Toiset taas tekevät tuotteita varastoon ennen kuin kysyntä havaitaan. Molemmissa tapauksissa kysynnän ennustaminen on tärkeää. Toisessa tapauksessa on tuotteita oltava varastossa tarpeeksi ja toisessa täytyy tilaushetkellä olla tuotantolinjalla vapaata kapasiteettia ja raaka-ainetta tuotteen valmistukseen. (Arnold, Chapman & Clive 2012, 167.)

Chopran ja Meindlin (2010, 199–200) mukaan helpoimpia ennustaa ovat tuotteet, joilla on tasainen kysyntä. Vastaavasti tuotteiden kysynnän ennustaminen on vaikeaa, kun kysyntä tai raaka-aineiden saatavuus eivät ole tasaista. Ennustevirheen suuruuden arviointi on tärkeää kysynnän ollessa helposti tai vaikeasti ennustettavissa. Ennustetarkkuus on huomioitava ennustettaessa tuotteiden kysyntää tulevaisuuteen. Ennusteella on kolme ominaisuutta:

1. Ennusteet ovat aina epätarkkoja.
2. Pitkän ajan ennusteet ovat yleensä vähemmän tarkkoja, kuin lyhyen ajan ennusteet. Täten pitkän ajan ennusteilla on suurempi keskihajonta, kuin lyhyen ajan ennusteilla.
3. Mitä korkeammalla yritys toimii toimitusketjussa tai kauempana kuluttajasta, sitä vääristyneempää on tieto jota he saavat. Mitä vääristyneempää on saatu tieto kuluttajan päätöksistä, sitä suurempi on ennustevirhe. Yhteistyöennustaminen perustuen kuluttajamyyntiin helpottaa yritysten ennustevirheen pienentämistä.

Coylen, Langleyn, Novackin ja Gibsonin (2009, 221) mukaan olemassa oleva kysyntä voidaan jakaa kahteen tyyppiin, itsenäiseen ja riippuvaiseen kysyntään. Itsenäinen kysyntä on sellaisen lopputuotteen kysyntää, mihin muiden tuotteiden kysyntä ei vaikuta. Riippuvainen kysyntä on riippuvainen jonkin muun lopputuotteen kysynnästä. Esimerkiksi tuolien kysyntä on riippuvainen pöytien kysynnästä.

Kysyntä on usean tekijän summa ja on aina ennustettavissa jollain tarkkuudella. Jotta tuotteen kysyntää voi ennustaa, on selvítettävä kysyntään vaikuttavat tekijät ja niiden suhde tulevaisuuden kysyntään. Ennusteet perustuvat useimmiten määrälliseen ennustamiseen. Ennusteissa tulisi kuitenkin huomioda inhimillinen tekijä. Inhimillinen tekijä on sellainen, jota ei näe kysynnän historiatiedoista. Tällaista voi olla esimerkiksi hullun lehmän taudin leviäminen, joka vaikuttaa kuluttajan ostopäätökseen valittaessa lehmän ja sian, kalan tai kanan lihan välillä. Historiatieto ei siis tiedä, jos markkinaolosuhteissa tapahtuu jokin muutos. Tämä osuus kysynnästä tulisi pystyä ennustamaan. Markkinaolosuhteiden muutos voi olla edeltävää vuotta huomattavasti kylmempi kesä, jolloin tuulettimia ei myydä yhtä paljoa kuin edeltävinä lämpimimpinä kesinä. Kuten aiemmin mainittu, yrityksen tarvitsee olla tietoinen useista tekijöistä, jotka vaikuttavat tulevaisuuden kysynnän ennusteeseen. Näitä tekijöitä ovat muun muassa seuraavat:

- mennyt kysyntä
- täydennyserän läpimenoaika
- suunniteltu markkinointi, kampanjointi ja mainostaminen
- kuluttajien taloudellinen tila
- suunnitellut alennukset
- kilpailijoiden toiminta. (Chopra & Meindl 2010, 199–200.)

Tulevaisuuden ennusteet tehdään kysynnän eikä myynnin pohjalta. Kysyntä ja myynti voivat erota toisistaan sellaisissa tilanteissa, joissa kysyntää ei ole kyetty tyydyttämään. Kysynnällä on erilaisia rakenteita. Rakenteet on useimmiten huomattavissa kysynnän kuvaajasta pitkällä aikavälillä. Kysynnällä on neljä erityyppistä rakennetta trendi, kausiluonteisuus, satun-

naisvaihtelu ja sykli. Trendillä tarkoitetaan tilannetta, jossa pitkällä aikavälillä kysynnällä on jokin suunta. Suunta voi olla positiivinen, negatiivinen tai tasainen. Kausiluonteisuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa kysyntä nousee tai laskee samoina ajanhetkinä. Ajanhetken pituudet voivat olla vuosia, kuukausia, viikkoja tai jopa päiviä. Kausiluonteisuus on usein havaittavissa vuosittain. Satunnaisvaihtelua tapahtuu, kun useat eri syyt vaikuttavat kysyntään. Satunnaisvaihtelu voi olla pientä tai suurta. Syklillä tarkoitetaan tietyllä jänneväliä tapahtuvaa kysynnän tason nousua tai laskea. Tällöin jänneväli on useita vuosia tai jopa vuosikymmeniä. (Arnold ym. 2012, 168–169.)

Chopran & Meindlin (2010, 201–203) mukaan ennustusmenetelmiä on useita, ja oikean menetelmän valitseminen on usein vaikeaa. Useasti ennustusmenetelmät jaetaan neljään tyyppiin, kvalitatiiviseen eli laadulliseen, ajalliseen, kausaaliseen eli syyperäiseen ja simulointiin. Kvalitatiivinen eli laadullinen menetelmä on pääosin subjektiivinen ja luottaa asiantunteviin ihmisiin arvioihin. Laadullisia menetelmiä käytetään ennustamisessa, kun käytettävissä on vain vähän historiatietoa tai kun asiantuntijoilla on markkinaälykkyyttä, joka vaikuttaa ennustetarkkuuteen huomattavasti. Ajalliset menetelmät käyttävät historiatietoa. Näin ollen mennyt kysyntä määrittää ennustetta. Ajalliset menetelmät perustuvat olettamukseen, että mennyt kysyntä on hyvä indikaattori tulevalle kysynnälle. Ajallinen menetelmä on sopivin, kun peruskysyntä ei eroa merkittävästi ajanjaksosta toiseen. Kausaalinen ennustaminen olettaa, että kysynnän ennuste korreloi merkittävästi tiettyjen ympäristön tekijöiden, kuten talouden tilan tai korkojen tason kanssa. Kausaalinen ennustusmetodi etsii suhteen kysynnän ja ympäristöllisen tekijän välillä, esimerkiksi tuotteen hinnoittelun vaikutuksen kysyntään. Kausaalisia menetelmiä käytetään, jotta voitaisiin arvioida esimerkiksi hinnan nostamisen vaikutusta kysynnän suuruuteen. Simulointi jäljittelee kuluttajan valintoja, jotka vaikuttavat kysynnän kohtaamiseen ennusteen kanssa. Simulaation avulla yritys voi yhdistää ajallisia ja kausaalisia menetelmiä, vastatakseen esimerkiksi kysymykseen, mikä on vaikutus tuotteen kysyntään, kun kilpailija tekee vastaavan tuotteen.

Jotta ennusteesta saataisiin luotettava, on ennusteelle luotava suorituskyky- ja virhemittarit, jotka vertaavat toteutunutta kysyntää ja ennustetta. Ennustetarkkuuden merkitys on suuri, kun toimittajia on vain yksi tai tuotteen tuotantoajat ovat pitkiä, eli reagointikyky vaihteleviin kysyntämääriin on hidas. Vastaavasti ennustetarkkuuden merkitys on pienempi, kun toimittajia on monta ja toimittajilla on nopea reagointikyky. Ennustettaessa kysyntää on myös tärkeää ymmärtää mahdollisia asiakassegmenttejä. Yleisesti suurin osa asiakkaista voidaan jakaa segmentteihin palveluvaihtimusten, kysyntävolyymien, tilaustajuuden tai esimerkiksi kausiluonteisuutensa mukaan. Mikäli nämä tekijät vaikuttavat merkittävästi kysyntään, on asiakassegmentit otettava huomioon ennustamisessa. Käytettäessä historiatietoa ennusteen luomiseen on huomioitava, että tietona käytetään todellista kysyntää, eikä todellista myyntiä. Nämä tunnusluvut poikkeavat toisistaan esimerkiksi, kun varasto myydään loppuun. Tällöin kysyntää olisi voinut olla enemmän kuin tuotetta myytiin, mutta varastossa ei ollut myytävää. Todellisen kysynnän määrän selvittäminen on vaikeaa, kun va-

raston myydään loppuun, mutta se tulisi pystyä arvioimaan mahdollisimman tarkasti. (Arnold ym. 2012, 170–171.)

Usean ennustusmetodin käyttäminen ja yhdistetyn ennusteen luominen on tehokkaampaa, kuin yhden ennustusmenetelmän varassa tehty ennustus. Ajallinen menetelmä on parhain, kun kysyntä on sidoksissa historian kysyntään, kasvu- ja sesonkimalleihin. Jokainen ennustusmenetelmä voidaan jakaa kahteen komponenttiin, järjestelmälliseen ja satunnaiseen. Havaittu kysyntä on siis järjestelmällisen komponentin ja satunnaiskomponentin summa. Järjestelmällinen komponentti mittaa kysynnän suuruutta ja pitää sisällään kysynnän kyseisen hetken tason, trendin, tason laskun tai kasvun ja kausivaihtelun. Satunnainen komponentti eroaa järjestelmällisestä. Satunnaiskomponentti aiheuttaa ennustevirheen. Yritys ei voi ennustaa satunnaiskomponentin suuntaa, ainoastaan sen suuruutta ja vaihtelevuutta. Toisin sanoen keskiarvoisesti hyvällä ennustusmenetelmällä on virhe, jonka suuruus on verrattavissa kysynnän satunnaistekijään. Jos ennustusmenetelmä ei ota huomioon kysynnän satunnaiskomponenttia, tulee menetelmän tuloksen oikeellisuutta tutkia. Tällöin menetelmä on yhdistänyt systemaattisen ja satunnaisen komponentin. Tuloksena menetelmä toimii heikosti. Ennustamisen tavoitteena on suodattaa satunnaiskomponentti ja arvioida systemaattista komponenttia. (Chopra & Meindl 2010, 200–201.)

Ennustamista varten on olemassa valmiita tietokoneohjelmia ja moniin toiminnanohjausjärjestelmiin on sisällytetty ennustamismoduuli. Tässä tapauksessa toiminnanohjausjärjestelmä laskee tarvittavat laskutoimitukset ja voi jopa valita sopivimman ennustusmenetelmän. Ihmisen tehtävänä on kuitenkin tulkita ennusteita ja arvioida niiden järkevyyttä sekä käyttökelpoisuutta. Myös ennusteisiin tehtävät korjaukset jäävät ihmisen tehtäväksi. (Taanila 2011, 9.)

Arnoldin ym. (2012, 171) mukaan kysynnän ennusteet pohjautuvat yleensä historiatietoon, jota muutetaan tilastollisin tai humanisin menetelmin. Näin ollen tulevaisuuden ennuste on tarkkuudeltaan korkeintaan yhtä tarkkaa kuin historiatieto. Historiatiedon keräämiseen on kolme lakia:

1. Kerää tieto samassa muodossa, kuin sitä ennustamiseen tarvitaan.
2. Kerää tietoon liittyvät olosuhteet.
3. Kerää tieto kysynnästä erikseen eri asiakasryhmille.

Tieto historiassa vallinneista olosuhteista on tärkeää. Esimerkiksi alennukset ja kilpailijan hetkelliset päätökset ovat voineet vaikuttaa tuotteiden kysyntään. Muutos tulisi poistaa seuraavan ajankohdan ennusteesta, mikäli samat olosuhteet eivät vallitse enää.

4.1 Aikasarja ennustaminen

Ajallisen kysynnän menetelmissä yleisimmissä muodoissa systemaattinen komponentti sisältää tason, trendin ja kausiluonteisen tekijän. Systemaattinen komponentti voidaan laskea erilaisin tavoin:

- kerrannaisesti: systemaattinen komponentti = taso * trendi * kausiluontoinen tekijä

- summaten: systemaattinen komponentti = taso + trendi + kausiluontoinen tekijä
- sekoitetusti: systemaattinen komponentti = (taso + trendi) * kausiluontoinen tekijä.

Menetelmän oikea muoto riippuu kysynnän luonteesta. Yritys voi kehittää molemmat, tilastollisen ja mukautuvan ennustusmenetelmän kullekin yllämainitulle muodolle. (Chopra & Meindl 2010, 203.)

Erilaisia ennustusmenetelmiä voidaan vertailla siten, että jo toteutuneille havaintoja vastaaville periodeille lasketaan kunkin menetelmän mukaisia ennusteita. Näistä ennusteista lasketaan kuhunkin periodiin liittyvä virhe, jonka jälkeen lasketaan keskimääräinen virhe. Erilaisten ennustusmenetelmien virheiden suuruuksia vertaillaan ja ennustusmenetelmäksi valitaan se, jolla on pienin keskimääräinen virhe. Yksinkertaisin aikasarjaennustamisen menetelmä on käyttää ennusteena viimeisintä toteutunutta kysyntää. Tämä toimii, jos tuotteen kysynnän satunnainen vaihtelu on vähäistä. (Taanila 2011, 1.)

Jacobsin ym. (2011, 67) mukaan monia monimutkaisia ennustusmenetelmiä on luotu. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että yksinkertaiset liukuvan keskiarvon ja eksponentiaalisen tasoituksen ennustusmenetelmät ovat vähintäänkin yhtä tarkkoja kuin monimutkaiset ennustusmenetelmät. Tämä pätee ainakin yksityiskohtaisille ja tiheästi tehtäville ennusteille.

4.1.1 Liukuva keskiarvo

Liukuvan keskiarvon ennustusmenetelmää käytetään, kun kysynnässä ei ole havaittavissa huomattavaa kausiluonteisuutta tai trendiä. Tässä tapauksessa ennusteen systemaattinen komponentti koostuu kokonaan kysynnän tasosta. Tulevan ajanjakson kysyntä arvioidaan liukuvan keskiarvon menetelmällä menneiden viimeaikaisten ajanjaksojen perusteella. Tulevan ajanjakson ennuste on siis viimeaikaisten ajanjaksojen kysyntöjen summa jaettuna ajanjaksojen lukumäärällä. Näin ollen hetkellinen ennuste on sama kaikille tuleville ajanjaksoille ja se määräytyy kysynnän nykyisen havaitun tason mukaan. Käytettäessä liukuvan keskiarvon menetelmää on valittava huomioon otettavien ajanjaksojen määrä. Mitä useampia havaintoja otetaan huomioon, sitä huonommin ennuste pohjautuu viimeksi havaittuun kysyntään. Laskettaessa ennusteita tuleville ajanjaksoille käytetään havaintoja siten, että uusi kysyntä havaittaessa vanhin kysyntä jätetään laskusta pois. Liukuva keskiarvo antaa havainnoille samanarvoisen painoarvon, ja jättää huomiotta määrittelyn mukaan vanhat havainnot. (Chopra & Meindl 2010, 208–209.)

Liikkuvan keskiarvon ja eksponentiaalisen tasoituksen ennustamismenetelmät luovat tulevaisuuden ennusteen pohjan menneen kysynnän keskiarvosta. Tämä tarkoittaa, että ainakin lähitulevaisuuden ennusteet noudattavat historian kysynnän rakenteen satunnaisvaihtelua keskiarvon ympärillä, vaikka tavoite on tasoittaa satunnaisvaihtelu pois aikasarjasta. Aikasarjassa ilmentyvän satunnaisvaihtelun tasoituksessa täytyy huomioida, että kysynnän tason muutosta ei tule tasoittaa. On mahdollista käyttää kaiken saatavilla olevan historiatiedon keskiarvoa tasoituksessa luotaessa tulevaisuu-

den kysyntää Tämä ei kuitenkaan ole ideaalia useista syistä. Historiatietoa voi olla niin paljon, että sen varastoiminen tuottaa ongelmia. Usein viimeaikaisin havaittu kysyntä on kaiken relevantein luotaessa ennustetta lyhyelle ajalle lähitulevaisuuteen. Liukuvalla keskiarvolla ennustettaessa ei täten tulisi käyttää liian vanhaa historiatietoa. (Jacobs ym. 2011, 67–69.)

Kun ennustetta laskettaessa käytetään toteutuneiden havaintojen keskiarvoja, on laskijan valittava käytettävien havaintojen määrä. Useampien havaintojen käyttäminen tasoittaa aikasarjassa esiintyvää satunnaista vaihtelua. Valinta käytettävien havaintojen määrästä tehdään yleensä siten, että keskimääräinen ennustevirhe saadaan mahdollisimman pieneksi. Halutessa voidaan vanhimpia havaintoja painottaa tuoreimpia havaintoja vähemmän. Tämä tapahtuu painotetulla keskiarvolla tai eksponentiaalisella tasoituskella. (Taanila 2011, 2–3.)

4.1.2 Eksponentiaalinen tasoitus

Kuten liukuvan keskiarvon menetelmää, myös eksponentiaalisen tasoituksen ennustusmenetelmää käytetään silloin, kun kysynnässä ei ole havaittavissa huomattavaa trendiä tai kausiluonteisuutta. Täten myös eksponentiaalisessa tasoituksessa ennusteen systemaattinen komponentti koostuu kysynnän tasosta. Hetkellinen arvio kysynnän tasosta on painotettu keskiarvo kaikista kysynnän havainnoista, jossa viimeaikaisin havainto on painoarvoltaan vanhempia havaintoja suurempi. (Chopra & Meindl 2010, 209–210.)

Jacobsin ym. (2011, 70) mukaan eksponentiaalista tasoitusta valittaessa ennustusmenetelmäksi on huomioitava, että ennustusmenetelmä ei jätä yhtään historiatietoa huomiotta. Tämä voi tuottaa ongelmia historiatiedon säilytyksessä ja ennustetta luodessa, sillä tietojoukko on todella suuri. Eksponentiaalisessa tasoituksessa ennuste lasketaan kaavan 3 mukaisesti.

$$\text{Ennuste} = \alpha * \text{edellinen havainto} + (1 - \alpha) * \text{edellinen ennuste} \quad (3)$$

Eksponentiaalisessa tasoituksessa ennuste muodostuu viimeisimmän tunnetun havainnon ja saman ajanjakson ennusteen painotettuna summana.

Arnoldin ym. (2012, 175) mukaan ei ole pakollista säilyttää monen kuukauden historiatietoa kysynnästä. Edeltävä ennuste on jo tehty menneestä historiatiedosta. Tällöin tuleva eksponentiaalisesti tasoitettu ennuste voidaan laskea viimeisen ennusteen ja uuden havaitun kysynnän perusteella.

Painokerroin α on yhden ja nollan välillä oleva luku, joka ilmaisee kuinka suurella painolla edellistä havaintoa painotetaan ennustettaessa tulevaa kysyntää. Alfa ollessa nolla tulevan ajanjakson ennuste on sama kuin edellisen ajanjakson ennuste. Alfa ollessa yksi tulevan ajanjakson ennuste on samansuuruinen kuin edellinen toteutunut havainto. Täten suurella alfa arvolla tehdyt ennusteet reagoivat herkästi aikasarjassa esiintyvään vaihteluun, koska viimeisimmällä havainnolla on suurempi painoarvo. Pienillä alfa arvoilla tehdyt ennusteet sen sijaan tasoittavat voimakkaasti aikasarjassa esiintyvää vaihtelua. Alfa arvo valitaan yleensä siten, että keski-

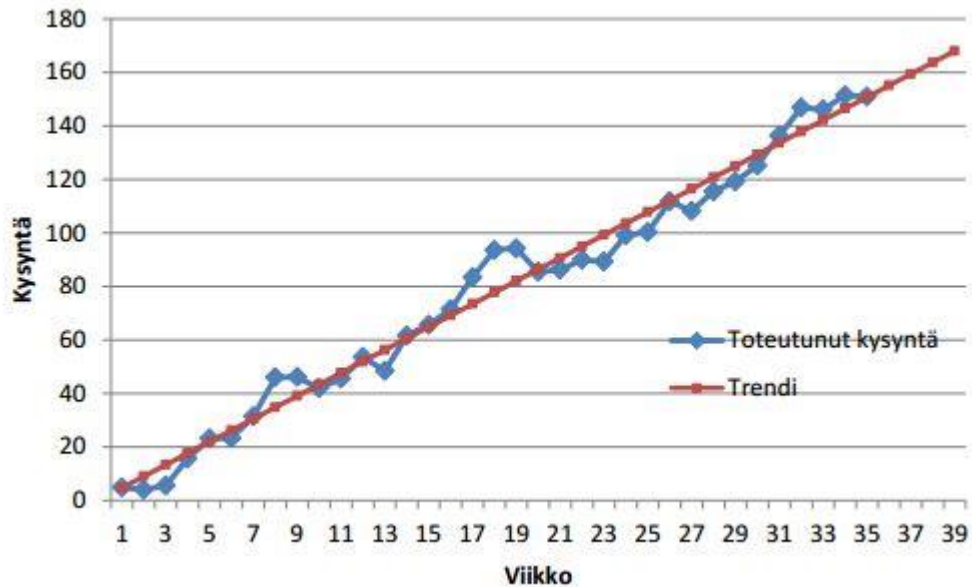
määräinen ennustevirhe saadaan mahdollisimman pieneksi. Ennusteen laskemiseen käytettävä kaava voidaan esittää myös kaavan 4 muodossa. Tulevia ennusteita siis korjataan jokaisen toteutuneen havainnon jälkeen korjaustermillä α *ennustevirhe. (Taanila 2011, 3–4.)

$$\text{Ennuste} = \text{edellinen ennuste} + \text{alfa} * \text{ennustevirhe} \quad (4)$$

4.1.3 Trendikorjattu eksponentiaalinen tasoitus

Chopran ja Meindlin (2010, 211) mukaan trendikorjattua eksponentiaalista tasoitusta eli Holtin mallia käytetään silloin, kun kysynnällä on havaittavissa taso ja trendi, mutta ei kausiluonteisuutta. Holtin mallissa ennusteen systemaattinen komponentti koostuu tason ja trendin summasta. Vetämällä lineaarinen regressioviiva kysynnän kuvaajaan saadaan alustava arvio tasosta ja trendistä. Oletuksena on, että kysynnällä on trendi, mutta ei kausiluonteisuutta. Täten lineaarinen viiva voidaan vetää eri ajankohtien kysynnöille. Näin ollen kysynnän ja ajan suhde on lineaarinen.

Kun aikasarjassa on trendi (kuva 2, sivu 11), eli pitkän aikavälin kehityssuunta, niin ennusteita voidaan laskea tapaukseen sopivaa regressiomallia käyttäen. Jos aikasarjassa on trendi, niin trendiä voidaan mallintaa ja ennustaa regressiomallin avulla. Halutessa, että mahdollinen trendin kääntyminen tulee huomioiduksi ennusteessa, niin käytetään Holtin mallia. Holtin mallissa eksponentiaaliseen tasoitukseen on yhdistetty trendi, jota korjataan jokaisen toteutuneen havainnon jälkeen. Trendin ollessa lineaarinen, niin ennusteena käytetään lineaarisen regressiomallin antamalta suoralta laskettuja pisteitä. Pisteiden laskeminen on helppoa Excelissä funktiolla =FORECAST(x; tunnetut x; tunnetut y). Funktion ensimmäinen lähtötieto x tarkoittaa sen periodin järjestysnumeroa, jolle ennuste lasketaan. Toinen lähtötieto ”tunnetut x” tarkoittaa niiden periodien järjestysnumeroita, joista on käytettävissä havainnot. Funktion kolmas lähtötieto ”tunnetut y” tarkoittaa käytettävissä olevia havaintoja. Mikäli trendissä esiintyy ajan myötä vaihtelua, on trendi korjattava jokaisen uuden havainnon perusteella. (Taanila 2011, 5.)



Kuva 2. Aikasarjassa trendi

4.1.4 Trendi- ja kausikorjattu eksponentiaalinen tasoitus

Trendi- ja kausikorjattua eksponentiaalista tasoitusta ennustamismallia käytetään kun kysynnän systemaattisella komponentilla on taso, trendi ja kausiluonteisuus. Eli systemaattinen komponentti koostuu tason ja trendin summasta kerrottuna kausikertoimella. Mallia kutsutaan myös Winterin malliksi. (Chopra & Meindl 2010, 212–213.)

Arnoldin ym. (2012, 176) mukaan monilla tuotteilla on kausiluonteinen kysynnän rakenne. Tällaisia ovat muun muassa joulusesongin tuotteet. Kausiluonteisuutta tulisi mitata kausi-indeksillä, joka arvioi kuinka paljon kysynnän taso nousee tai laskee keskiarvoisesta tasosta kauden ajaksi. Kauden pituuden yksikkö voi olla päiviä, viikkoja, kuukausia tai vuosineljänneksiä. Kausi-indeksi lasketaan kaavan 5 mukaisesti. Kaikkien kausien keskiarvoinen kysyntä poistaa kausiluonteisuuden aikasarjasta. Kausipuhdistetun kysynnän aikasarja voidaan siis laskea kaavan 6 mukaisesti. Tällöin kausikorjattu ennuste tuotteelle on keskiarvoisen kysynnän ja kausi-indeksin tulo.

$$\text{Kausi-indeksi} = \frac{\text{Kauden kysynnän keskiarvo}}{\text{Kaikkien kausien kysynnän keskiarvo}} \quad (5)$$

$$\text{Kausipuhdistettu kysyntä} = \frac{\text{Kauden kysynnän keskiarvo}}{\text{Kausi-indeksi}} \quad (6)$$

Taanilan (2011, 6–7) mukaan trendin ja kausivaihtelun huomiointi tapahtuu seuraavien neljän vaiheen kautta.

1. Puhdistetaan aikasarja kausivaihtelusta.
2. Lasketaan trendi.
3. Lasketaan kausivaihtelun suuruus.
4. Korjataan trendiä kausivaihtelun verran.

Aikasarjan puhdistaminen kausivaihtelusta tehdään liukuvia keskiarvoja käyttäen. Havaintojen ollessa vuosineljänneksittäin kausivaihtelu puhdistuu neljän vuosineljänneksen keskiarvoilla. Vastaavasti kuukausittaisista

havainnoista puhdistetaan kausivaihtelu 12 kuukauden keskiarvoilla. Otettaessa liukuva keskiarvo sellaisista neljänneksistä, että niiden paikka olisi kahden neljänneksen välissä, pitää liukuvat keskiarvot keskittää. Tässä tapauksessa otetaan näiden kahden neljänneksen liukuvasta keskiarvosta keskiarvo. Keskitettyjen liukuvien keskiarvojen muodostamaa aikasarjaa voidaan pitää kausivaihtelusta puhdistettuna aikasarjana.

Kausivaihtelun suuruuden laskemiseen voidaan soveltaa summamallia tai tulomallia. Summamallissa oletetaan että kausiluonteisuuden määrä on samansuuruinen riippumatta trendistä tai kysynnän tasosta. Tulomallissa trendi kerrotaan kausi-indeksillä ja näin ollen kysynnän kausiluonteisuuden arvo on riippuvainen kysynnän tasosta ja trendistä. (Jacobs ym. 2011, 61.)

4.2 Ennustetarkkuuden mittaaminen

Ennustevirheen mittaaminen on tärkeää, kun toimitaan ennusteen pohjalta. Ennustetarkkuuden mittareita on monia erilaisia ja ne kertovat ennustetarkkuudesta erilaisia asioita. Ennustevirhe muodostuu ennusteen satunnaiskomponentista. Ennustevirhe on analysoitava huolellisesti, sillä suunnittelijoiden tulisi käyttää virheanalyysiä määrittääkseen ennustaako käytössä oleva menetelmä tarkasti ennusteen systemaattisen komponentin. Niin kauan, kuin havaittu ennustevirhe on ennustetun virheen suuruuden rajojen sisäpuolella, voi yritys jatkaa ennustusmenetelmän käyttöä. Löydettyessä ennustevirhe, joka on reilusti ennustetun virheen rajojen ulkopuolella, on tilanne tutkittava ja etsittävä virheeseen johtaneet syyt. Tämä voi tarkoittaa, että käytetty ennustusmenetelmä ei ole enää sopiva tuotteen kysynnän ennustamiseen. Tuotteiden kysynnän luonne voi siis muuttua ajan mittaan niin, että ennustusmenetelmää on vaihdettava. Ennustevirhetä voidaan yksinkertaisesti mitata kaavan 7 mukaisesti, jossa ennustevirhe on tietyn ajanjakson ennustetun kysynnän ja saman ajanjakson toteutuneen kysynnän erotus. (Chopra & Meindl 2010, 214.)

$$E_t = F_t - D_t \quad (7)$$

Seuraavassa luettelossa on lueteltuna joitakin ennustemittareita:

- MAD, joka on keskimääräinen absoluuttinen poikkeama eli virheiden itseisarvojen keskiarvo
- Bias, joka on ennustevirheiden kumulatiivinen summa
- TS, tracking signal, joka on Bias:n ja MAD:n suhde
- MAPE, joka on absoluuttinen virheen keskiarvo prosentteina kysynnästä, eli virheprosenttien itseisarvojen keskiarvo
- MSE, joka on virheiden neliöiden keskiarvo.

Jacobsin ym. (2011, 72–73) mukaan tuotannon suunnittelussa on tärkeää, että ennusteen taso on oikea. Tällöin ennustemittari Biasin tulisi olla lähellä nollaa. Mikäli Biasia havaitaan tarkoittaa se, että ennustusmenetelmä tuottaa liian suuria tai pieniä ennusteita järjestelmällisesti. Tämä tulisi huomata mahdollisimman nopeasti ja ennusteen taso korjata. Bias on ennustevirheiden summa ja näyttää virheen vain, jos ennuste on toiseen suuntaan virheellinen. Ennusteen tason ollessa oikea virhe pyörii nolla

molemmin puolin, negatiiviset virheet kumoavat positiiviset ja Bias on likimain nolla. Tason oikeellisuus ei kuitenkaan ole riittävää, vaan todellinen virheen suuruus on selvitettävä.

Keskimääräinen ennustevirhe kuvaa, kuinka suuriin virheisiin täytyy keskimäärin varautua. Useat ennustevirhemittarit on saatavissa suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä. MAD:ssa sen sijaan virheistä otetaan itseisarvot ja itseisarvot summataan. Tällöin negatiiviset arvot eivät kumo summassa positiivisia arvoja. MAD kuvastaa kuinka paljon ennustevirhetä keskimäärin tulee. Tracking signalille voidaan asettaa omat sopivat hälytysrajat. Yleisesti rajoina käytetään -6 ja +6. Mikäli tracking signal antaa lukuja näiden rajojen ulkopuolella, niin ennustusmenetelmä antaa joko liian suuria ennusteita, jolloin $TS > +6$, tai liian pieniä ennusteita, jolloin $TS < -6$. Tämä voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun tuotteen ennustamiseen käytetään liikkuvaa keskiarvoa joka ei huomioi trendiä, ja kysynnällä on kasvava trendi. Tällöin TS antaa negatiivisen arvon rajojen ulkopuolella ja ohjaajan on mietittävä ennustusmenetelmän pätevyyttä, sekä korjata ennuste. (Arnold ym. 2012, 180–183.)

5 TUOTANNONOHJAUS

Tuotantomäärät ovat riippuvaisia tuotteiden kysynnästä ja tuotantokapasiteetista. Tuotantokapasiteetti tulisi sopeuttaa kysynnän rakenteeseen ja kysynnän vaihteluihin. Tilanteeseen, jossa tuotantokapasiteetti loppuu kysyntäpiikin ilmentyessä, voidaan varautua alihankinnalla, ylityöillä, puskuroiduilla varastoille tai rajoittamalla myyntiä. Kysyntää ei kuitenkaan voida pienentää ja rajoittamalla myyntiä jätetään asiakastarpeita tyydyttämättä. (Ritvanen, Inkiläinen, von Bell & Santala 2011, 46–47.)

Honkasen (2013) mukaan jokainen tuotantolaitos on erilainen ja tuotteiden ohjattavuus ja tuotannon suunnittelu vaihtelee sen mukaan. Jokaisella tuotantolaitoksella on kuitenkin tarve toimivalle tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmälle. Resurssien käyttöä suunniteltaessa tulisi miettiä, mikä suunnittelua ohjaa. Tuotannonohjaukseen ja suunnitteluun sisältyy tuotannon pääaikataulu, kapasiteettitarvelaskenta, materiaaltarvelaskenta sekä tuotannon suunnitteleminen tuoteryhmä- ja tuotetasolla. Tuotannon ja sen tarpeiden suunnittelua tapahtuu siis usealla eri hierarkkisella tasolla. Karkeimmat suunnitelmat ohjaavat hienompia suunnitelmia. Kaikki suunnitelmat pohjautuvat tuotteiden kysynnän ennusteisiin ja täten tuotannon tarpeisiin. Suunnitelmat muuttuvat ennusteiden muuttuessa ja ovat yhtä epämääräisiä kuin tuotteiden ennustevirhe.

Tuotannonohjausperiaatteet voidaan jakaa kahteen, työntö- ja imuohjaukseen. Työntöohjauksessa materiaalityöt ja varastotäydennykset ajoitetaan suunnitellun valmistusaikataulun mukaisesti. Imuohjauksessa materiaalityötä aktivoidaan tulevaisuuden tarpeiden mukaan. Imuohjausta käytetään, kun materiaaleja ja kapasiteettia on vapaasti käytettävissä. Työntöohjausta käytetään, kun materiaaleja ja kapasiteettia on käytössä rajoitetusti. (Ritvanen ym. 2011, 47–48.)

Sadlerin (2007, 139) mukaan tuotannon pääaikataulus on tärkein suunnittelualusta yritystoiminnassa. Tuotannon pääaikataulu laaditaan pitkiksi ajoiksi, jopa puolen vuoden päähän. Pääaikataulun perusteella tuotanto, ostot ja muut prosessit osaavat varautua tulevaan. Pääaikataulus tehdään useasti tuoteryhmätasolla. Tuotannon pääaikataulun perusteella kyetään arvioimaan muun muassa kullakin hetkellä toimintaan sitoutunutta pääomaa, tuotanto- ja varastokapasiteettia, jotka voivat vaikuttaa uusien tilausten vastaanottamispäätökseen.

Bowersoxin, Clossin, Cooperin ja Bowersoxin (2013, 106–108) mukaan tuotantostrategiat voidaan jakaa neljään tyyppiin, näitä ovat engineer-to-order (ETO), make-to-order (MTO), assemble-to-order (ATO) ja make-to-stock (MTS). Strategiat eroavat toisistaan siinä, miten ne palvelevat asiakasvaatimuksia. Tuotantostrategian valinta vaikuttaa tilaus-toimitusaikaan. ETO-strategiassa valmistettavat tuotteet ovat uniikkeja ja erittäin kustomoituja. ETO-strategiassa mitään tuotantoa ei tapahdu ennen, kuin tilaus saadaan, vaan valmistuksen suunnittelu alkaa tilauksesta. MTO-strategia muistuttaa ETO-strategiaa, sillä myös MTO:ssa tilaus käynnistää tuotannon. MTO eroaa ETO:sta sillä, että asiakkaat tilaavat yleensä standardoituja tuotteita, joita voidaan kustomoida asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Tässä tapauksessa osa suunnittelutyöstä on tehty ennen tilauksen saantia. Yritys ei voi pitää MTO-strategian tuotteita valmiiksi varastossa, mutta lopputuotteiden raaka-aineita voidaan varastoida. ATO-strategiassa lopputuote kootaan puolivalmisteista, kun tilaus vastaanotetaan. Yritys valmistaa varastoon puolivalmisteita, joista voidaan valmistaa useampaa eri lopputuotetta. Puolivalmisteita tehdään lopputuotteiden kysynnän ennusteen mukaan. ATO-strategialla saadaan pienennetyksi tilaus-toimitusaikaa verrattuna aiempiin strategioihin. MTS-strategiassa valmiita lopputuotteita valmistetaan varastoon kysynnän ennusteen mukaan. Täten tuotteet valmistetaan ennen kuin todellinen kysyntä havaitaan. Strategian kysynnän läpimenoaika on erittäin lyhyt. Tuotteet myydään varastosta varastomäärin mukaan.

Arnoldin ym. (2012, 28–29) mukaan yritykset valmistavat tuotteita MTS-strategialla, kun

- kysyntä on tasaista ja hyvin ennustettavissa
- markkinoiden vaatima toimitusaika on huomattavasti lyhyempi kuin valmistukseen kuluva aika
- tuotteella on pitkä hyllyikä.

6 VARASTOINTI

”Varastoon liittyviä toimintoja on löydettävissä lähes kaikista tuotannollisista sekä kaupallisista toiminnoista. Myös palveluliikennetoiminta tarvitsee onnistuakseen varastoja.” (Hokkanen & Virtanen 2012, 9) Varastointi tapahtuu aina tarpeesta ja olemassa onkin varastointia tarjoavia yrityksiä. Täten useat yritykset ovat ulkoistaneet varastointitoimintonsa joko kokonaan tai osin ulkopuoliselle varastointiin erikoistuneelle yritykselle. Syitä varastointiin on useita, mutta kaikki varastointi tapahtuu asiakastarpeen tyydyttämisestä. Muita syitä varastointiin voivat olla kysynnän kausivaihtelut, kuljetuskustannukset, tuotantokustannusten alentaminen, valuutta-

kurssimuutokset tai tuotannon katkokset. (Hokkanen & Virtanen 2012, 10–14.)

Arnoldin ym. (2012, 196) mukaan varastot ovat materiaaleja ja tarvikkeita, joita yritys kantaa joko myynnin tai tuotannon prosessien tarpeisiin. Kaikki yritykset ja instituutiot vaativat varastojen ylläpitoa. Varallisesti varastot ovat merkittäviä valmistajayrityksille ja sitovat yleensä 20–60 prosenttia yrityksen pääomasta. Varastojen ylläpitäminen aiheuttavat operatiivisia kustannuksia ja näin ollen pienentävät toiminnan tuottavuutta.

Varastoja on erilaisia, ja ne voidaan nimetä varastossa suoritettavien toimintojen mukaan. Kaikissa varastotyypeissä kuitenkin tehdään samat toimenpiteet tavaran vastaanotosta ja säilytyksestä tuotteiden lähettämiseen. Varaston toiminnot mukautuvat sen mukaan, millaisia tuotteita varastossa säilytetään. Erilaisia varastoja ovat muun muassa raaka-aine-, puolivalmistet- ja valmistuotevarastot. (Hokkanen & Virtanen 2012, 16–17.)

Varastoinnista aiheutuu aina kustannuksia. Kustannukset pienentävät yrityksen toiminnan tuottavuutta. Varastointi voi kuitenkin aiheuttamistaan kustannuksista huolimatta tuottaa sellaista lisäarvoa yrityksen toiminnalle, että varastoja on kannattavaa pitää yllä. Varastoinnilla voidaan esimerkiksi parantaa toimitusvarmuutta ja sen avulla voidaan pyörittää tehdasta täydellä kapasiteetilla. Kaiken varastoinnin tarkoituksena on turvata tavalla tai toisella yrityksen toimintaa ja parantaa sen tuottavuutta. Koska varastointi aiheuttaa aina kustannuksia, varastotasot tulisi pitää mahdollisimman alhaisina siten, että yrityksen toiminta ei kuitenkaan vaarantuisi.

6.1 Varastohallinta

Arnoldin ym. (2012, 196) mukaan varastohallinnan voi jakaa kahteen osioon, kokonaisvarastohallintaan ja varaston hallintaan tuotetasolla. Kokonaistasolla hallitaan minkä tyyppisiä varastoja pidetään yllä ja missä kohdassa toimitusketjua. Kokonaisvarastohallinta on taloudellisesta orientoitunutta hallintaa ja sisältää seuraavia osa-alueita:

- varastojen virtauksen ja varastojen tyypit
- kysynnän ja toimitusten rakenteet
- varastojen suorittamat toiminnot
- varastohallinnan tavoitteet
- varastointiin liittyvät kustannukset.

Varastohallintaan tuotetasolla liittyy seuraavia osa-alueita:

- yksittäisten tuotteiden ohjaus varastossa
- varaston täydennyseräkoot
- varastojen täydennysimpulssin hallinta.

Varastohallinta riippuu kysynnän laadusta ja sen keskeisempiä ongelmia on määrittää tilauserän koko sekä tilauksen ajankohta. Tuotevalikoima tulisi kyetä luokittelemaan ja valita sopivat hallintamallit tuotteille. Varastohallinnassa tulisi ymmärtää toimitusaikojen ja kysynnän ennusteiden sekä niiden vaihteluiden merkitys. Täten tulisi myös palvelutasovaatimukset asettaa järkevälle tasolle. Varastohallintamalleja on monenlaisia, ja

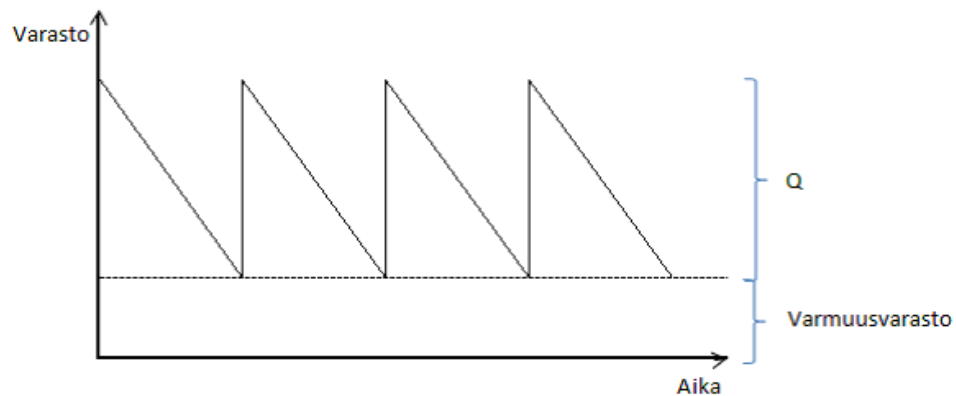
niiden sopivuus tuotteille riippuu muun muassa kysynnän ja kustannusten luonteesta ja suuruudesta. (Muller 2011, 127–135.)

Varaston täydentämiseen on erilaisia laskelmia. Varastojen täydennysajankohtia voi laskea muun muassa logistiikka kustannusten, taloudellisen eräkoon, varastoon sitoutuneen pääoman tai ABC-analyysin mukaan. Näihin laskentoihin liittyvät voimakkaasti rahan ja tilan kulutus. On kuitenkin tapauksia, joissa tilaushetken puute on suurin kustannuserä. Tässä opinäytetyössä keskitytään edellä mainittuun ajatteluun. (Sadler 2007, 46–54.)

6.2 Varmuusvarasto

Varmuusvarastoa käytetään turvaamaan kysynnässä, tuotannossa tai hankinnassa esiintyvät vaihtelut ja epävarmuudet. Tällöin varmuusvarasto toimii puskurina vaihtelun varalta. Varmuusvaraston toiminta on kuvattuna kuvassa 3. Varmuusvarastoa pidetään yllä, jotta kyettäisiin vastaamaan ennusteet ylittävään kysyntään suoraan varastosta. (Taanila 2011, 26–27)

Suuri varmuusvarasto parantaa palvelutasoa huomattavasti, mutta samalla nostaa varastointikustannuksia. Tämä ongelma nousee esiin aloilla, joissa tuotteiden elinkaari on varsin lyhyt ja kysyntä epävarmaa. Iso varasto auttaa kattamaan kysynnän epävarmuuden, mutta voi aiheuttaa suuria kustannuksia jos uusia tuotteita tulee markkinoille ja varastoon jää vanhentuneita tuotteita. Varasto on näin ollen arvoton ja laskee toiminnan tuottavuutta. (Chopra & Meindl 2010, 306)



Kuva 3. Varmuusvarasto

Taanilan (2011, 28) mukaan varmuusvaraston kokoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa tilauksen, valmistuksen kuljetuksen ja laadun tarkistuksen tai täydennyksen vastaanoton läpimenoaika. Varmuusvaraston toiminta voidaan jakaa kahteen tyyppiin. Varaston täydentämiseen voidaan soveltaa perioditilausjärjestelmää ja varastotasojen jatkuvaan seurantaan perustuvaa tilausjärjestelmää. Perioditilausjärjestelmässä varaston täydennys tilataan määritellyin aikavälein. Hyötynä kuljetukset ja muut varastointiin liittyvät operatiiviset toiminnot on helppo suunnitella eteenpäin. Haittana perioditilausjärjestelmässä on usein varmuusvaraston suuri koko, sillä varmuusvaraston tulee kattaa epävarmuus koko periodin ajalta. Tällöin va-

raston tavoitetaso lasketaan kaavan 8 mukaisesti. Varastotason jatkuvaan seurantaan perustuvassa tilausjärjestelmässä varaston täydennys tilataan, kun varasto saavuttaa tietyn tason. Tätä voidaan kutsua myös tilauspistejärjestelmäksi. Tässä tapauksessa varmuusvaraston koko lasketaan kaavan 9 mukaisesti. Kaavassa z on normaalijakauman kertymäfunktion saavuttamien arvojen kautta johdettu varmuuskerroin. Varmuuskerroin määräytyy sen mukaan, kuinka korkeaksi palvelutaso halutaan.

$$\text{Tavoitetaso} = \text{väliajan kysyntä} + \text{läpimenoajan kysyntä} + vv \quad (8)$$

$$\text{Varmuusvarasto} = z * \sqrt{\text{läpimenoaika} * \text{kysynnän vaihtelu}} \quad (9)$$

6.3 Varmuusvaraston määrittäminen kysynnän mukaan

Taanilan (2011, 27) mukaan kysynnässä esiintyessä vaihtelua, voidaan varmuusvaraston koko määrittää vaihtelun suuruuden mukaan. Määrittämiseen sovelletaan normaalijakaumaa. Jotta tilanteeseen voidaan soveltaa normaalijakaumaa, on kysynnän oltava normaalisti jakautunut. Kysynnän voidaan olettaa olevan normaalisti jakautunut, sillä useasti on olemassa useita toisistaan riippumattomia kysyntään vaikuttavia tekijöitä. Tällaisia ovat esimerkiksi useat eri ostajat, ja heidän ostopäätöksiin vaikuttaneet tekijät. Sovellettaessa normaalijakaumaa varmuusvaraston määrittämiseen, normaalijakauman kertymäfunktion saavuttamien arvojen todennäköisyydet ovat todennäköisyyksiä, jolla varmuusvarasto on riittävä kysynnän heilahteluihin. Täten siis varmuusvaraston koko määritetään halutulle palvelutasolle. Laskennassa käytetään varmuuskerrointa z , joka kuvastaa todennäköisyyttä. Näin ollen varmuusvaraston koko lasketaan kaavan 9 mukaisesti. Erona kaavassa on sivun neljä kaavaan 2, että keskiarvo on korvattu tilauksen läpimenoajan neliöjuurella. Tämä sen vuoksi, että kysynnän keskiarvoa ei tarvitse sisällyttää varmuusvarastoon, sillä kysynnän keskiarvoa vastaavat määrät valmistetaan jokaiselle tilaushetkelle normaalivarastoon. Tietyn ajanjakson tuotannon tulisi siis olla z kertaa kysynnän keskihajonta kertaa tilauksen läpimenoajan neliöjuuri plus kysynnän keskiarvo. Kaavaan sijoitettavan varmuuskertoimen z :n arvo on luettavissa normaalijakauman kertymäfunktion taulukosta. Varmuuskerroin saadaan myös sijoittamalla haluttu palvelutaso Excelin funktioon =NORMSINV().

Tilauksen läpimenoajan ollessa enemmän kuin yksi, tulee se huomioida varmuusvaraston laskennassa. Täydennysaika huomioitaessa kerrotaan varmuusvaraston koko tilauksen läpimenoajan neliöjuurella. Läpimenoajan ollessa nolla myös keskihajonta on nolla. Läpimenoajan suurentuessa myös keskihajonta suurenee. Keskihajonta ei nouse kuitenkaan suorassa suhteessa läpimenoajan nousuun. Ei ole todennäköistä, että kysyntä hajooa keskihajonnan verran perättäisinä mittaushetkinä. Kysyntä voi hajota ensimmäisenä mittaushetkenä positiivisesti ja seuraavana negatiivisesti, jolloin hajonnat kumoavat toisensa osin tai kokonaan. Aikavälin suurentuessa keskihajonnan tasoitus suurentuu. Keskihajonnan suuruutta aikavälillä voidaan approksimoida kertomalla keskihajonta aikavälin neliöjuurella. (Arnold ym. 2012, 247.)

6.4 Varmuusvaraston määrittäminen ennustetarkkuuden mukaan

Tuotteen kysyntää ennustettaessa varmuusvaraston koko voidaan laskea ennustetarkkuuden mukaan. Mikäli ennustetarkkuutta ei huomioida varmuusvaraston laskennassa, niin ennusteelle ei anneta minkäänlaista painoarvoa. Tällöin varmuusvarasto määräytyy kysynnän hajoavuuden mukaan. Laskettaessa varmuusvarastoa ennustetarkkuuden mukaan kysynnän keskihajonta korvataan ennustevirheen keskihajonnalla. Kysynnän ja ennusteen erotuksen eli ennustetarkkuuden keskihajontaa voidaan arvioida tiettyin ennustetarkkuuden mittarein.

Koska kysynnän voidaan olettaa olevan normaalisti jakautunut keskiarvolla μ ja keskihajonnalla σ , voidaan myös olettaa että ennusteen ja kysynnän erotus on normaalisti jakautunut keskiarvolla μ ja keskihajonnalla σ . Oletuksen nojalla voidaan ennustetarkkuuden keskihajonnan perusteella määrittää tarvittava varmuusvaraston koko halutulle palvelutasolle. Ennusteen tason ollessa oikea, ennustevirheen keskiarvo on lähellä nollaa. Jos ennusteen taso on väärä ja kumulatiivinen ennustevirhe ei ole lähellä nollaa, niin laskettu keskihajonta ei ole todellinen, eikä näin myöskään tarvittava varmuusvarasto. Tämä tarkoittaa, että ennusteen tason tulisi olla oikea, jotta varmuusvaraston laskenta ennustetarkkuuden mukaan toimisi. Täten ennustevirhemittari Biasin tulisi olla lähellä nollaa. Lähtökohtana ennustamisessa on, että ennusteen taso on oikea ja ennustevirhe koostuu satunnaisvaihtelusta. Normaalijakauman kertymäfunktion saavuttamien arvojen perusteella ilman varmuusvarastoa kyettäisiin vastaamaan 50 prosenttisesti tilauksiin suoraan varastosta. Erotuksen keskihajonta voidaan arvioida ennustemittari MAD:n avulla. On todettu, että ennustevirheen keskihajonta on noin $1,25 \cdot MAD$. Varmuusvarasto käyttäen ennustemittari MADia, huomioiden täydennyksen läpimenoaika, lasketaan kaavan 10 mukaisesti. (Arnold ym. 2012, 243–244.)

$$\text{Varmuusvarasto} = z * 1,25 * MAD * \sqrt{\text{löpimenoaika}} \quad (10)$$

Kaavan 10 mukaisesti laskettava varmuusvarasto ei korreloi ennusteen suuruuden kanssa. Täten esimerkiksi 1000 yksikön ja 200 yksikön ennusteille tulisi pitää yhtä suurta varmuusvarastoa, mikäli näillä on yhtäläinen ennustetarkkuus tai ovat saman tuotteen eri päivien ennusteita. Käyttämällä ennustevirheen keskihajonnan sijaan suhteellista keskihajontaa, voidaan varmuusvaraston koko suhteuttaa ennusteen suuruuteen. Suhteellisessa keskihajonnassa ilmaistaan keskihajonnan osuus arvojoukosta tai keskihajonnasta. Suhteellinen keskihajonta (RSD) ilmaistaan usein prosentteina ja lasketaan sivun 19 kaavan 11 mukaisesti. Laskettaessa keskihajonta tai MAD suhteellisena keskihajontana verraten sitä ennusteen keskiarvoon, varmuusvarasto korreloi ennusteen suuruuden kanssa. Näin ollen varmuusvaraston koko kuvataan varmuusvaraston ja ennusteen suhteena, ja oikea varmuusvaraston määrä saadaan kertomalla suhde tulevilla ennusteilla. Näin ollen siis ennustevirheen keskihajonta tai MAD jaetaan tarkasteltavan ajanjakson ennusteen keskiarvolla. Varmuusvarasto määritetään täten kaavan 12 mukaisesti. (Analyyttisen kemian jatkokurssi n.d.)

$$RSD = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \% \quad (11)$$

$$VV = z * 1,25 * \frac{MAD}{\mu_{ennuste}} * \sqrt{\text{läpimenoaika}} * \text{ennuste} \quad (12)$$

Kaavan 12 tuloksena saatava suhdeluku siis kertoo, kuinka monta prosenttia päivän ennusteesta tulisi jäädä varastoon, mikäli kysyntä kohtaa ennusteen täydellisesti. Täten työssä on käytetty kerrointa viitteellisenä varaston riittönä. Varaston riitto kuvastaa, kuinka monta päivää varastomäärä kestää ilman täydennystilauksia. Kerrointa voidaan käyttää viitteellisenä riittönä, kun oletetaan seuraavan päivän tai päivien kysynnän olevan keskiarvon verran. Laskutoimitus ei ole realistinen, mutta työssä sitä on käytetty kuvaamaan tarvittavien varmuusvarastojen kokoa.

7 YRITYKSEN NYKYTILA

Työn tilaajayrityksen tuotteille ominaisia piirteitä ovat niiden lyhyet säilyvyysajat ja tuotteiden menekin osin vaikea ennustettavuus. Vaikean ennustettavuuden vuoksi yrityksen toimitusvarmuus ei aina ole halutulla tasolla. Yrityksen tuotteistosta on löydettävissä tuotteita, joiden toimitusvarmuus, tuoreus ja ennustetarkkuus ovat selvästi heikkoja verrattuna muihin tuotteisiin. Lyhyen säilyvyyden ja vaikean ennustettavuuden vuoksi yritykselle jää aika-ajoin haltuun vanhentunutta varastoa. Vanhentunut varasto on arvotonta ja aiheuttaa osaltaan huomattavaakin tuottavuuden alentumista. Lisäksi vanhentuva varasto aiheuttaa lisää työtä, joka olisi vältettävissä oikean kokoisilla varastotasolla.

Yrityksen markkina-alueella toimitusvarmuus ja tuoreus ovat erittäin tärkeitä kilpailuvaltteja. Näin ollen tuotteiden ennusteita ja varastotasoja pyritään kehittämään kokoajan. Koska toimitusvarmuus on tuoreuden ohella tärkeimmät mittarit liittyen asiakkaiden tyytyväisyyden tarpeiden täyttämiseen, niin opinnäytetyössä ei ole tarkasteltu laskennallisten varastotasojen taloudellisia vaikutuksia. Tästä johtuen esimerkiksi taloudelliset eräkoot on jätetty huomiotta. Opinnäytetyössä on käytetty yrityksen sisäistä toimitusvarmuustavoitetta, joka on 99 prosenttia.

Jokaiselle yrityksen tuotteelle on määritetty tuotteen ohjaaja. Ohjaaja ennustaa tuotteiden kysyntää niin pitkällä, kuin lyhyelläkin aikavälillä. Ohjaaja myös laatii valmistusohjelmat ja huolehtii tuotteiden varastotasojen oikeellisuudesta. Ohjaajille koostetaan viikoittain tiedot tuotteiden toimitusvarmuuksista, tuoreudesta ja hävikistä. Tunnuslukujen pohjalta tuotteiden ohjaajat voivat tarkastella toimintansa tarkkuutta.

Tällä hetkellä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän tuotannosuunniteluohjelmassa ei ole näkyvissä tarvittavan varmuusvaraston kokoa. Yrityksessä ei myöskään tarkkaan tiedetä, miten varmuusvaraston koko tulisi määrittää. Yrityksellä on useita tuotantolaitoksia, joissa valmistetaan erityyppisiä tuotteita. Täten myös eri tuotantolaitoksissa on erilaisia toimintatapoja. Varastotasot tarkastetaan tuotteittain päivittäin. Valmistusohjelmat tehdään tuotantolaitoksesta riippuen seuraavalle päivälle, tai jopa viikoksi kerralla. Myös tuotannon läpimenoajoissa on eroavaisuuksia tuotteista ja

tuotantolaitoksista riippuen. Yleisesti läpimenoaika on kuitenkin yksi päivä.

Työn tilaajayritys toimii ”make to stock”-toimintamallilla. Toimintamallin käyttöön on useita syitä, mutta pakottavia tekijöitä ovat muun muassa kysynnän rakenne ja asiakkaiden vaatimukset toimitusajassa.

Useat yrityksen tuotantolaitokset toimivat irrallaan logistiikkakeskuksesta, jossa tuotteiden keräily eteenpäin lähetystä varten tapahtuu. Asiakkaiden vaatima toimitusrytmi on lyhyempi, kuin tuotteiden valmistuksen läpimenoaika. Täten tuotantolaitokset eivät voi valmistaa tuotteita tilausta vastaan. Koska valmiiden tuotteiden kuljettaminen logistiikkakeskukseen tuotantolaitokselta vie aikaa, tarvitsee keräilyaikataulun vuoksi varastossa olla tuotteita myös päivän ennusteen ylitse. Tuotannon valmistusohjelmat laaditaan kaksi päivää ennen, kuin tuotteet toimitetaan asiakkaalle. Tällöin toimitaan kysynnän ennusteen varassa vahvasti, ja ennusteiden hyvä tarkkuus on tärkeää yrityksen toiminnalle. Lisäksi tietyillä tuotteilla valmistusohjelmien suurentaminen lyhyellä reaktioajalla on vaikeaa, johtuen raaka-aineiden saatavuudesta ynnä muista syistä. Tämä korostaa entisestään ennusteen tarkkuuden ja riittävien varmuusvarastojen tärkeyttä.

8 VARMUUSVARASTON MÄÄRITTÄMINEN VALITUILLE TUOTTEILLE

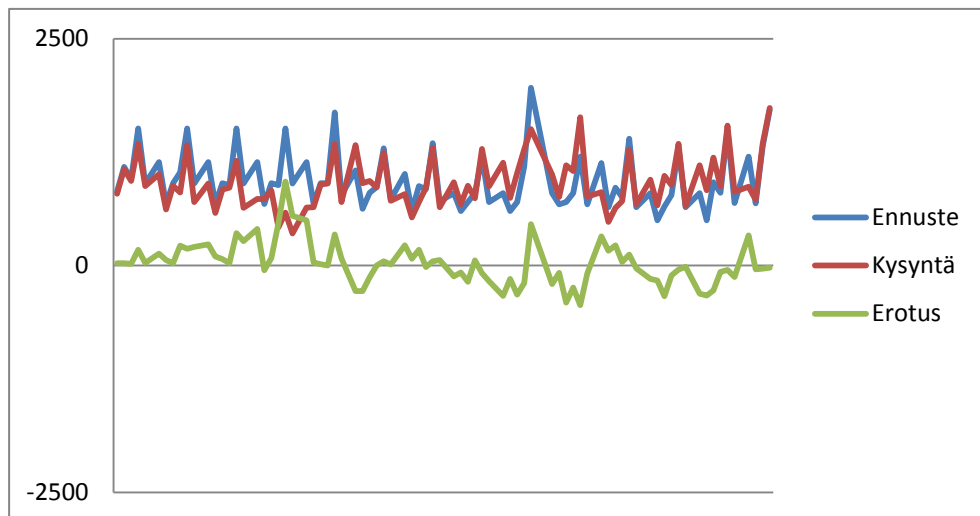
Työhön valituista tuotteista ajettiin tiedonkeruuhetkeä edeltävien 180:n toimituspäivän tiedot ennusteista ja toteutuneista kysynnöistä. Jotta varmuusvarastoja pystyttäisiin laskemaan normaalijakauman kertymäfunktion saavuttamien todennäköisyyksien perusteella, oli selvitettävä varmuuskerroimet eri todennäköisyyksillä. Varmuuskertoimet laskettiin Excel-taulukossa kaavalla =NORMSINV(). Tuloksena saatiin taulukon 1 mukaiset arvot. Koska varmuusvarasto lasketaan varmuuskertoimen ja ennustevirheen keskihajonnan tulona, näkee taulukosta palvelutason muutoksen vaikutuksen varmuusvarastoon. Parannus 97 prosentista 99:sään nostaa kerrointa noin 0,45:ellä. Tämä tarkoittaa, että tarvittavan varmuusvaraston koko kasvaa lähes puolella.

Taulukko 1. Varmuuskerron palvelutasoittain

Palvelutaso	z
99 %	2,326348
98 %	2,053749
97 %	1,880794
96 %	1,750686

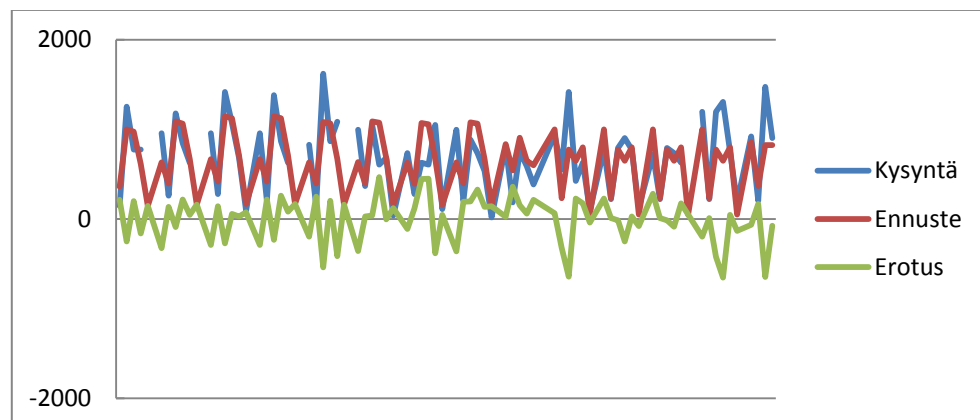
Tarkasteluun työssä valittiin yrityksen edustajan ja opinnäytetyöntekijän puolesta seitsemän yhden tuoteryhmän tuotetta. Tuotteiden ennusteista ja todellisista kysynnöistä piirrettiin kuvaajat, jotta ymmärrettäisiin paremmin miten kysyntä tuotteilla käyttäytyy ja kuinka tarkkaa ennustaminen on ollut. Tuotteiden kysynät, ennusteet ja ennustetarkkuudet ovat kuvattuna

tuotteittain kuvioissa 1–7. Kuvioista puuttuvat yksiköt, sillä varsinainen historiatieto on työn osalta luokiteltu salaiseksi.



Kuvio 1. Tuotteen 1 kuvaaja.

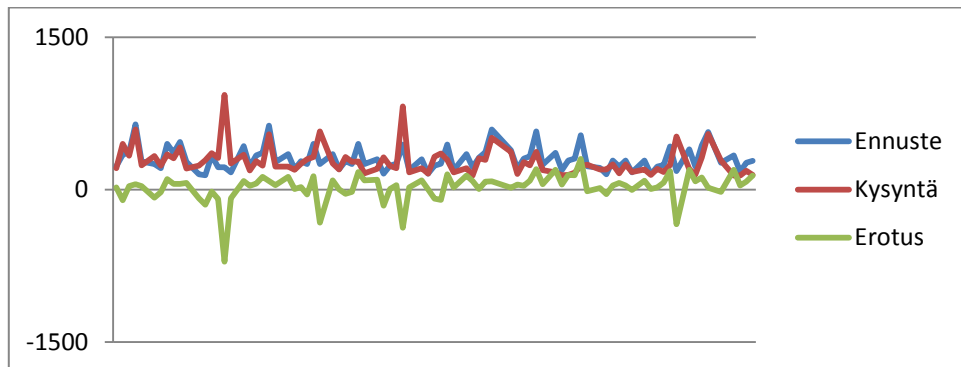
Ensimmäisen tuotteen kuvaajasta (kuvio 1) voidaan havaita, että kuvaajan alussa ennusteen ja kysynnän erotus on ollut positiivista. Alun jälkeen erotus ailahtelee piikkeineen nollan molemmin puolin. Alussa tuotteen ennusteen taso on ollut korkea, johtuen erotus-kuvaajan sahaamisesta ainoastaan positiivisella puolella. Tuotteen ennusteen taso on korjattu ja ennusteen tasoa laskettu alun jälkeen. Kysyntäpiikit ovat tuotteella ennustettu ajallisesti hyvin, määrällisesti ennuste on vuoroin ollut suuri ja vuoroin pieni. Kaikkiaan ennuste seuraa kysynnän kuvaajaa, lukuun ottamatta muutamia kysynnän hetkellisiä notkahduksia.



Kuvio 2. Tuotteen 2 kuvaaja.

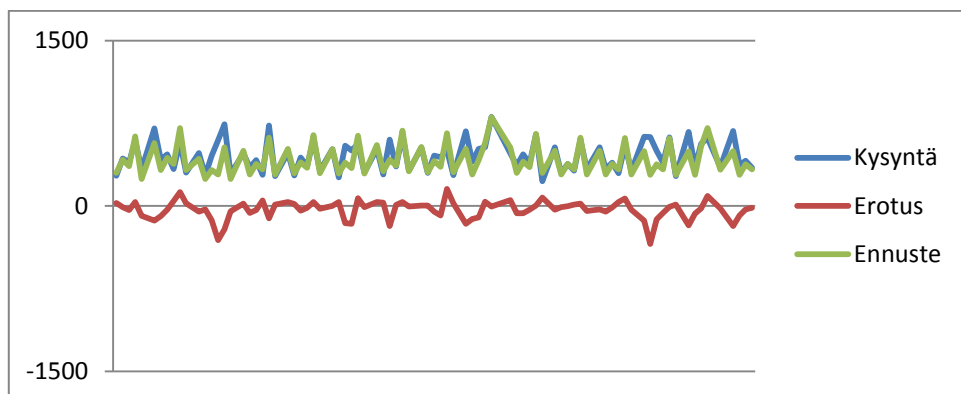
Tuotteen kaksi kuvaajasta (kuvio 2) voidaan todeta kysynnän olevan erittäin epävakaa. Ennuste on kuitenkin seurannut kysynnän kuvaajaa melko hyvin. Kuten ensimmäisessäkin tuotteessa, niin toisessakin tuotteessa jotkin kysyntäpiikit on ennustettu suuresti ja jotkin vähäisesti. Kysynnän piikit on kuitenkin ennustettu ja ennustevirhe pyörii nollan ympärillä. Kuvaajassa on havaittavissa kohtia, joissa ennuste notkahtaa päiväkohtaisesti ja kysynnän kuvaaja katkeaa. Ajanhetkiksi, jolloin kysynnän kuvaaja katkeaa, on ennustettu erittäin alhaista kysyntää. Ennustetta on kuitenkin jätetty

hieman näillekin ajanhetkille. Tällaiset ennusteet tulisi poistaa, huomattaessa kysynnän katkeavan tietyllä syklillä.



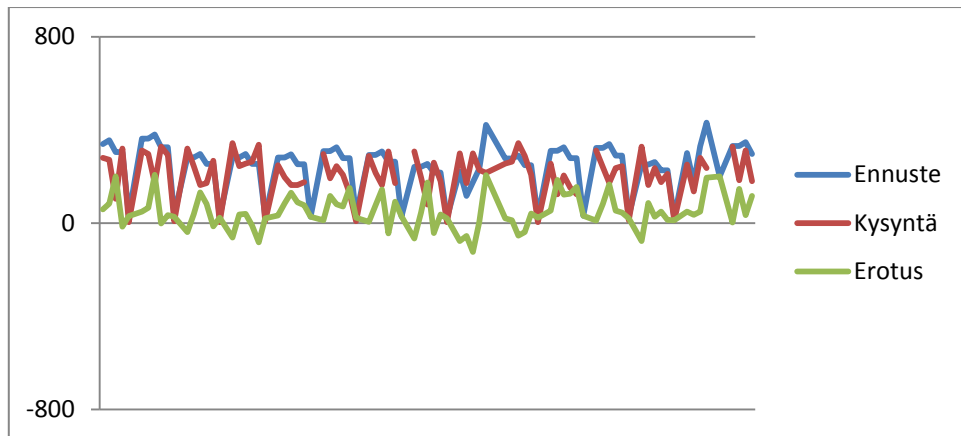
Kuvio 3. Tuotteen 3 kuvaaja.

Kolmannen tuotteen kuvaajassa (kuvio 3) esiintyy mitatun 180:n päivän aikana seitsemän kysyntäpiikkiä. Kysyntäpiikeistä neljää ei ole ennustettu tai ennuste on ollut merkittävän pieni. Tällöin siis kysynnän noususta ei ole ollut ennakkotietoa, tai tieto ei ole ollut tarkkaa. Kokonaisuudessaan erotus-kuvaaja pyörii noin nollan ympärillä, lukuun ottamatta näitä neljää ennustamatonta kysyntäpiikkiä. Erotuksen kuvaajasta voidaan havaita ennusteen olevan hienoisesti yliennustava, eli ennusteen taso on korkea.



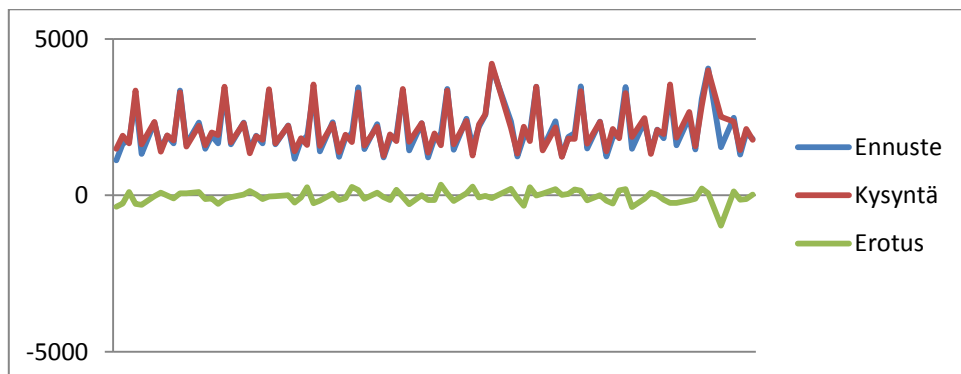
Kuvio 4. Tuotteen 4 kuvaaja.

Tuotteen neljä kuvaajasta (kuvio 4) voidaan havaita että kysynnän käyttäytymistä on ennustettu hyvin. Joissakin kysyntäpiikeissä kysyntä on ylittänyt ennusteen selvästi. Näinä ajanhetkinä kysyntäpiikki on kuitenkin ennustettu. Voidaan todeta, että ennusteen hetkelliseen nostamiseen saatu tieto ei ole ollut riittävän tarkkaa ja kysyntä on arvioitu liian pieneksi. Tästä aiheutuvat erotuksen-kuvaajassa havaittavat suurimmat piikit, jotka ovat negatiivisia. Kysynnän hetkellinen nousu on johtunut todennäköisesti hetkellisestä hinnan alennuksesta. Mikäli hinnan alennus on tehty asiakkaan toimesta, voidaan todeta, että arvioiden tarkkuutta asiakkaan kanssa tulisi parantaa. Arvioiden tarkennus vaatii lisää työtä, mutta palvelee molempia osapuolia. Näin ollen on todennäköistä, että asiakas on halukas parantamaan arvioita hinnan alennuksesta johtuvaan kysynnän nousuun. Tällöin toimittajayritys varautuu kysynnän nousuun oikein tuotantomäärin ja asiakkaan kampanjointiajan toimitusvarmuus paranee.



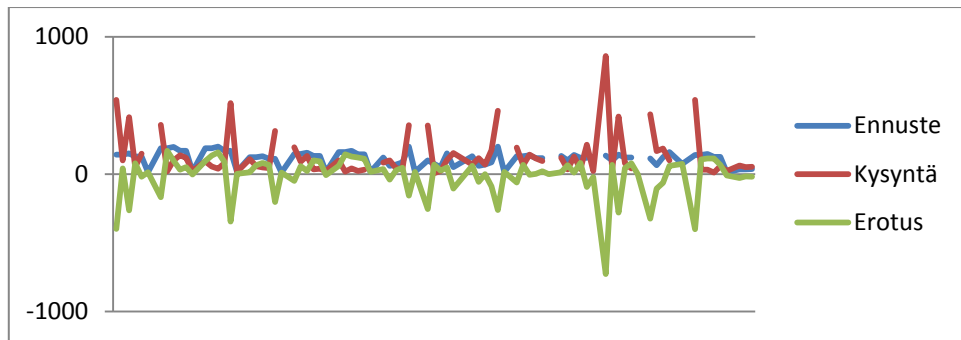
Kuvio 5. Tuotteen 5 kuvaaja.

Tuotteen viisi kysynnän kuvaaja (kuvio 5) on huomattavan epätasainen. Kuvaajassa on kohtia, joissa kysynnän kuvaaja katkeaa, mutta ennusteen kuvaaja on jatkuva. Tällöin on siis ennustettu tuotteella olevan kysyntää, jota ei kuitenkaan ole havaittu. Ennustetta tulisi korjata tältä osin. Kysyntäpiikit tuotteella on ennustettu, mutta kysynnän kasvun ennusteet ovat olleet liian suuria. Tästä on todennäköisesti aiheutunut vanhentuvaa varastoa. Eräiden ennustepiikkien aikana kysyntä on notkahtanut hetkellisesti ennustepiikin sisällä. Tämä voi johtua siitä, että tuotteen kampanjointi ei ole lisännyt tuotteen menekkiä jälleenmyyjällä odotetusti. Toisin sanoen jälleenmyyjä on tässä tapauksessa arvioinut markkinoinnista johtuvan kysynnän kasvun liian suureksi. Erotus-kuvaaja on selvästi positiivinen, jolloin ennusteen taso on ollut liian suuri. Tasoja ei myöskään ole korjattu koko aikana, jolta ennuste on kerätty.



Kuvio 6. Tuotteen 6 kuvaaja.

Tuotteen kuusi kuvaajasta (kuvio 6) voidaan todeta ennusteen olleen erittäin tarkka. Kysyntä hajoaa päivittäin paljon, mutta hajoavuus toistuu viikoittain. Tuotteella on myös kampanjoitu ja kampanjan aiheuttama lisäkysyntä on arvioitu tarkasti. Erotus-kuvaaja hajoaa nollan ympärillä tasaisesti, eikä suuria piikkejä ole havaittavissa. Kuvaajan lopussa on kysyntäpiikki jatkunut ennustettua pidempään aiheuttaen erotuksen kuvaajaan negatiivisen piikin.



Kuvio 7. Tuotteen 7 kuvaaja.

Tuotteen seitsemän kuvaajasta (kuvio 7) voidaan havaita että ennuste on ollut suunnilleen tasossa. Kysynnän rakenne on erilainen, kuin aiemmissa tuotteissa, eikä kysynnän rakennetta ole pystytty ennustamaan. Kuvaajasta on havaittavissa kysyntäpiikkejä, joita ei ole ennustettu lainkaan. Piikit näkyvät suoraan ennustevirheen kuvaajassa. Piikkejä lukuun ottamatta erotus pyörii nollian ympärillä. Oletettavasti piikit kysynnän kuvaajassa eivät ole aiheutuneet tuotteen kampanjoinnista, sillä piikkejä ei ole ennustettu lainkaan. Tällöin piikit olisivat kysynnän satunnaista vaihtelua. Voidaan todeta, että tuotteen kysyntä on huonosti ennustettu. Kysyntäpiikit tulisi pystyä ennustamaan. Myös tuotteessa seitsemän on havaittavissa kohtia, joissa ennustetta on ollut, mutta kysyntää ei ole esiintynyt. Erotuksena aiempien tuotteiden kuvaajiin tuotteen seitsemän ennusteen kuvaaja ei laske hetkellä jolloin kysynnän kuvaaja katkeaa. Kysynnän hetkellistä notkahdusta ei siis ole osattu ennustaa. Näistä syistä tulisi ottaa tarkasteluun tuotteen ennustamismenetelmä ja ennusteen perusteena oleva tieto. Jokaisen tuotteen kysynnän ennuste on rakennettu samantyyppisen historiatiedon pohjalle. Kerätyt historiatiedot on kerätty siis samalla tavalla, joten seitsemännen tuotteen tiedon keräämisessä ei pitäisi olla ongelmia. Erilaista tietoa asiakkaalta voitaisiin kuitenkin kerätä, kuten piikkeihin vaikuttaneita tekijöitä ja tulevaisuuden näkymiä samankaltaisista olosuhteista. Ennuste ei ole osannut ennakoita kysynnän käyttäytymistä juuri lainkaan, joten ennustamismenetelmä saattaa olla väärä kyseiselle tuotteelle, eikä ole kykenevä ennustamaan kysynnän käyttäytymistä.

Kaikista tuotteiden kuvaajista voidaan todeta, että päiväkohtaiset vaihtelut kysynnän kuvaajissa ovat huomattavia. Lisäksi jokaisen tuotteen kysyntä sisältää useita suurempia piikkejä, jotka erottuvat normaalista kysynnän kuvaajan sahaamisesta. Piikkejä ovat voineet tuottaa tuotteiden kampanjoinnit tai hinnanalennukset jälleenmyyjillä. Erotuksen kuvaajan piikit ovat muutamalla tuotteella suurilta osin negatiivisia, jolloin toimitusvarmuus on kärsinyt. Asiakslähtöisessä ajattelussa tämä on suurempi paha kuin yritykselle jäänyt vanheneva varasto.

Jotta tuotteiden ennusteen, kysynnän ja ennustetarkkuuden käyttäytymistä ymmärrettäisiin paremmin, tuotteiden koko tietojoukosta laskettiin ennustemittarit Bias ja MAD. Tulokset olivat sivun 25 taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Tuotteiden ennustetarkkuudet

Tuote	Bias	MAD
1	2008	173,1
2	-227	195,6
3	2025	93,1
4	-2895	63,6
5	4244	68,8
6	-3740	146,2
7	-1185	93,7

Tuotteen yksi Bias johtuu ennusteen liian korkeasta tasosta kerätyn historiatiedon alkuhetkillä. Tasokorjauksen jälkeinen Bias oli kuitenkin lähellä nollaa. Tuotteen kaksi Bias on erittäin pieni ja lähellä nollaa kysynnän suuruuteen suhtautettuna. Tuotteen kuusi Bias koostuu suurilta osin historiatiedon keräyshetken kahden viimeisen viikon ennustamattomasta kysynnän tason noususta. Viimeiset datapisteet huomioimatta tuotteen kuusi Bias on lähellä nollaa.

Tuotteen varmuusvaraston määrittämiseen voidaan käyttää ennustetarkkuutta. Ennustetarkkuuden muuttuessa tarvittavan varmuusvaraston koko muuttuu. Mitattaessa ennustetarkkuutta pitkältä aikaväliltä tasoitetaan ennustetarkkuudessa ilmenevää hajontaa. Mitattaessa ennustetarkkuutta lyhyeltä aikaväliltä painotetaan varmuusvaraston määrittämisessä viimeaikaisia havaintoja ennustetarkkuudesta. Jotta voitaisiin määrittää sopiva aikaväli jonka ennustetarkkuus vaikuttaa varmuusvaraston kokoon, otettiin käsittelyyn kaksi tuotetta joiden ennustetarkkuus on ollut hyvällä tasolla. Käsiteltäviksi tuotteiksi valikoituivat ennustemittareiden ja kuvaajien tulokinnan jälkeen tuotteet yksi ja kuusi. Nämä sen vuoksi, että tuotteiden kysyntä oli ollut ennustettavissa kuvaajien mukaan, sekä tuotteiden ennustetarkkuus oli ollut hyvää lukuun ottamatta tiettyjä ajankohtia.

Tutkittaessa tuotteiden historiatietoa laskettiin tuotteittain ennusteen keskiarvo sekä ennustemittari MAD. Laskenta tehtiin viikoittain laskien toimituspäivien tiedot viikon ajalta. Vertailua tehtiin yhden viikon ennustetarkkuudesta aina niin pitkälle kuin historiatietoa oli käytettävissä. Kerätyn historiatiedon määrällä kyettiin muodostamaan pisimmillään 13 viikon liukuva mittari. Toisella tuotteista saatiin taulukon 3 (sivulla 26) mukaiset tulokset viimeiselle viikolle.

Taulukko 3. MAD ja ennusteen keskiarvon suhde eri aikasarjojen pituuksilla

n viikon historiatieto	MAD*1,25*z / ennusteen keskiarvo
1	0,2764
2	0,2484
3	0,2339
4	0,2685
5	0,2849
6	0,2679
7	0,2483
8	0,2389
9	0,2337
10	0,2655
11	0,2609
12	0,2521
13	0,2381

Toisella tuotteista olisi ajautettu toimitusongelmiin jokaisella huomioidun hajonnan pituudella. Tämä johtui siitä, että ennusteen taso ei ollut oikea, vaan liian alhainen. Tässä tapauksessa ennustetarkkuuden perusteella laskettu varmuusvarasto ei voi kattaa ennusteen ylittänyttä kysyntää. Toimitusongelmia esiintyi myös ajankohtina, jolloin ennusteen taso oli oikea. Tämä johtui siitä, että ennustetarkkuus oli ollut lähiviikkoina tarkempi, kuin käsiteltävällä viikolla. Toimitusvaikeuksia esiintyi tapauksissa, joissa varmuusvaraston määrittämiseen käytettiin liukuvaa ennustetarkkuutta yhden ja viiden viikon väliltä. Lyhyen ajanjakson ennustetarkkuuden käyttäminen tuotti myös turhan suuria varmuusvarastoja viikoille, joille ennusteen tasoa oli korjattu edeltävistä viikoista. Täten todettiin, että varmuusvaraston määrittämiseen tulisi käyttää tarkastelun perusteella vähintäänkin kuuden viikon ennustetarkkuutta. Ennustetarkkuus huomioitaessa vain lyhyeltä ajanjaksolta varmuusvaraston koko voi kasvaa tarpeettoman suureksi, mikäli ennusteen taso on ollut väärä. Tämä virhe tulisi tasoittaa huomioitavien datapisteiden määrällä. Ennusteen taso voi olla jopa viikon väärin, sillä suunnittelijan on vaikea arvioida tilannetta kysynnän tason nousuksi tai laskuksi yhden tai kahden päivän perusteella. Esimerkiksi maltillinen kysynnän tason nousu on haastavaa havaita, kun toimitusvaikeuksia ei ilmene tai tuotannon määriä ei tarvitse radikaalisti nostaa. Tason lasku on sen sijaan helpompi huomata, koska tällöin ennustetta jää jäljelle päivittäin.

Tarkastelussa huomattiin, että paras ajanjakson pituus, jolta ennustemittari huomioidaan varmuusvaraston määrittämisessä, on kahdeksan viikkoa. Tällöin menetelmä ei tuota turhan suuria varmuusvarastoja, mutta kattaa kysynnässä esiintyvät ennustamattomat piikit halutulla palvelutasolla. Näin ollen yrityksen olisi kannattavaa määrittää varmuusvarastoja tuotteittain sivulla 17 olevan kaavan 12 mukaisesti.

9 KEHITYSIDEAT

Työn tuloksena syntyi kehitysidea, että varmuusvaraston määrittely ennustetarkkuuden perusteella vietäisiin yrityksessä käytäntöön. Laskentamalli on implementoitavissa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään, joka pitää jo yllä ennustetarkkuusmittareista ainakin MADia ja MSE:tä. Täten tuotannosuunnitteluohjelmaan tehtäisiin makro joka laskisi tarvittavan varmuusvaraston koon päivittäin. Suunnittelijalla olisi näin tehtäessä tieto vaadittavasta varmuusvaraston suuruudesta suunnitellessaan tuotantomääriä.

Yrityksen tilaus-toimitusketjun kehityspäällikön (haastattelu 10.1.2014) mukaan menetelmän implementoinnissa toiminnanohjausjärjestelmän tuotannosuunnitteluohjelmaan ei ole ongelmia. Suunnitteluohjelmiin voidaan hänen mukaansa rakentaa erilaisia makroja ja menetelmän kaltaisia makroja on jo yrityksessä tehty.

Huomioitavaa on, että tuotannosuunnitteluohjelma ei huomioi lauantaita toimituspäivänä erikseen, sillä lauantait eivät ole keruupäiviä. Ohjelma näin ollen laskee lauantain ja maanantain toimitusten ennusteet yhteen perjantain keruuseen. Tällöin on perjantain keruun kohdalla varmuusvaraston koossa huomioitava varaston täydennyksen läpimenoaika. Tässä tapauksessa läpimenoaika olisi kaksi päivää ja varmuusvaraston koko kerrottaisiin termillä $\sqrt{2}$ sivulla 17 olevan kaavan 12 mukaisesti. Tilanteissa, joissa lauantain ennusteet ja kysynät ovat merkittävän pieniä, on turha varautua lauantain osalta varmuusvarastoon termin $\sqrt{2}$ mukaisesti. Tällaisissa tapauksissa on päätettävä lauantain ennusteen suuruus, joka vaikuttaa varmuusvaraston kokoon. Jotta halutun rajan alittavissa tuotteissa varmuusvarastoa ei kerrottaisi termillä $\sqrt{2}$, tulisi tuotteisiin käyttää läpimenoaikana yhtä. Tällöin varmuusvarastossa jätettäisiin huomiotta läpimenoaika. Erilaiset varmuusvaraston laskentatavat ovat luotavissa eri tuotteille käsin tai on mahdollista, että ohjelmaan määritetään prosentuaalinen osuus, mitä lauantain ennusteen tulee olla muiden päivien ennusteista, jotta ohjelma laskisi varmuusvaraston läpimenoajan huomioiden.

Menetelmän käyttöönottamisesta saavutettavat hyödyt olisivat seuraavallaisia:

- parantunut palvelutaso
- parantunut asiakastuoreus
- pääomien vapautuminen varastoista
- hävikin vähentyminen
- mahdollistaa oikeiden tuotteiden valmistamisen puskurivarastoon.

Menetelmän avulla kyettäisiin mahdollisesti välttämään toimitusvaikeuksia ja suunnittelijalla olisi enemmän työkaluja suunnitellessaan tuotantoa toimitusvarmuuden varaan. Mallin käyttöönotosta voi seurata tilanne, jossa suunnittelija huomaa tuotteen ennusteen olevan hyvällä tasolla, kun tuotannosuunnitteluohjelma ehdottaa varmuusvarastoa varsin pieneksi. Tällöin hän voi siirtää keskittymistään huonommin ennustettuihin tuotteisiin.

Tällä hetkellä varmuusvarastojen koot perustuvat suunnittelijoiden näkemyksiin kysynnän heilahteluista. Näin ollen mahdollisesti pidetään yllä tarpeettoman suuria varmuusvarastoja. Pienentämällä tällaiset varmuusvarastot laskentamallin mukaisiksi pienennetään riskiä hävikin aiheuttamiseen, sekä vapautetaan pääomaa varastoista.

Menetelmästä on hyötyä myös tilanteissa, joissa yritys on syystä tai toisesta pakotettu kasaamaan puskurivarastoa tuotteilla. Puskuroinnissa ongelmaksi yleensä nousee varaston kierto, eli että varasto ei vanhene. Puskuroidessa tuotteita ennusteiden varaan on varaston kierron kannalta tärkeää, ettei kysyntä jää ennusteesta suuria määriä. Tällöin pienen varmuusvaraston vaativilla tuotteilla uskallettaisiin puskuroida suurempia varastoja, koska tiedetään, kuinka suurella varmuudella kysyntä toteutuu tietyn rajan sisällä ennusteesta. Eli mallia voidaan soveltaa maksimi varastotasoon ja tuloksena saadaan hävikin todennäköisyys.

Menetelmällä voidaan myös löytää tuotteita, joiden vaadittavat varmuusvarastot ovat suhteettoman suuria. Kaikkiaan menetelmän käyttöönotto helpottaisi suunnittelijoiden työtä ja jättäisi asioita vähemmän arvailujen varaan. Vaadittavan varmuusvaraston teettäminen jäisi kuitenkin aina suunnittelijan oman harkinnan varaan. Yrityksellä on kuitenkin muitakin vaateita, kuin toimitusvarmuus, kuten hävikki ja tuoreus. Liian suuria varastoja ei tulisi valmistaa, vaan liian suuren varaston tulisi herättää kysymyksiä ennustamismenetelmän sopivuudesta ja ennustetiedon tarkkuudesta. Tämä voi herättää käyntiin prosessin, jossa havaitaan keinoja parantaa tuotteen ennusteen tarkkuutta. Mikäli halutaan vaalia tuoreutta, laskennalla voidaan myös määrittää tietyissä tapauksissa haluttu tai tavoiteltava ennustetarkkuus. Tämä tapahtuu lukitsemalla haluttu kerroin, jolla päivän ennuste kerrotaan. Tällöin yhtälöstä saadaan tarvittava ennustetarkkuus. Toinen tapa parantaa tuoreutta on lyhentää toimitusaikaa, jonka tarkastelemaan menetelmän käyttäminen saattaa johtaa.

Toisena kehitysideana työstä syntyi Bias-ennustemittarin käyttäminen suunnittelijan työssä. Työssä huomattiin, että suurimmat toimitusongelmat syntyivät, kun kysynnän taso nousi. Suunnittelija ei välttämättä huomaa kysynnän tason muuttumista niin nopeasti, kuin olisi mahdollista. Bias-ennustemittarin tuominen suunnitteluohjelmaan tuotteittain voi olla keino parantaa tason muutoksen huomioimista. Tämä on tärkeää myös siksi, että varmuusvaraston laskenta perustuu oletukseen, että ennusteen taso on oikea.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tehtävänä oli määrittää työhön valituille tuotteille tarvittavien varmuusvarastojen koot. Tavoitteena oli selvittää tilaajayritykselle varmuusvaraston koon oikea laskentatapa. Tehtävä suoritettiin ja selvitetty laskentamalli todettiin toimivaksi. Näin ollen opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin.

Laskentamallin selvittämisestä voi olla suuria hyötyjä yritykselle. Osa laskentamallilla saavutetuista hyödyistä voivat parantaa yrityksen kilpailuti-

lannetta. Toisilla hyödyillä yritys helpottaa omaa toimintaansa ja parantaa suunnitelmien tarkkuutta. Laskentamallin käytöstä saattaa seurata myös suoranaista taloudellista hyötyä.

Työstä saadut kehitysideat ovat valmiita otettavaksi käytäntöön päivittäisessä työssä. Kehitysideoiden käyttöönotto ei myöskään vaadi suuria investointeja. Yrityksestä saadun tiedon perusteella kehitysideat voidaan toteuttaa yrityksen oman henkilökunnan toimesta. Kokonaisuudessaan työllä saavutettiin sille asetetut tavoitteet ja saatiin aikaan lopputulos, josta on tulevaisuudessa hyötyä yritykselle.

LÄHTEET

- Analyyttisen kemian jatkokurssi. n.d. Aalto-yliopisto. Viitattu 25.3.2014. https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/ke-35.4330/materiaali/KE-35_4330_osio_1.doc
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M. 2012. Introduction to Materials Management. Seventh Edition. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B. & Bowersox, J. C. 2013. Supply chain logistics management. Fourth edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Chopra, S. & Meindl, P. 2010. Supply chain management. Fourth edition. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Coyle, J. J., Langley, C. J. jr., Novack, R. A. & Gibson, B. J. 2009. Supply chain management a logistics perspective. Mason: South-Western Cengage learning.
- Ernvall, R. nd. Sovmat1. Sovellettu matematiikka. Hämeen ammattikorkeakoulu, Myfiles. Viitattu 20.12.2013. <https://myfiles.hamk.fi/htcomnet/>
- Hajontaluvuista. n.d. Materiaalit. Otavan opisto. Viitattu 10.1.2014. http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/mab/mab05/2_tunnusluvut/mab5_2.3_hajontaluvuista.pdf?C:D=1846538&m:selres=1846538
- Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Ensimmäinen painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.
- Honkanen, T. 2013. Tuotantojärjestelmän yleiskuvaus. Tuotannon ja logistiikan johtaminen -opintojakson verkkoaineisto. Hämeen ammattikorkeakoulu, Moodle. Viitattu 30.4.2014. <https://moodle.hamk.fi/>
- Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Vollmann, T. E. 2011. Manufacturing planning & control for supply chain management. Sixth edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Muller, M. 2011. Essentials of inventory management. Second edition. New York: AMACOM.
- Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Reijo Rautauoman säätiö.
- Sadler, I. 2007. Logistics and Supply Chain Integration. London: SAGE publications Ltd.
- Taanila, A. 2011. Toimitusketjun hallinnan työkaluja. Haaga-Helia. Viitattu 20.3.2014. <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/s/toimitusketju.pdf>

HAASTATTELUT

Ohjauspäällikkö. 2014. Haastattelu 22.4.2014.

Tilaus-toimitusketjun kehityspäällikkö. 2014. Haastattelu 10.1.2014.

