



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ILARI JAAKKOLA

MATERIAALIMENEKIN HALLINTA JA ENNUSTAMINEN

DIPLOMITYÖ

Prof. Jouni Mattila ja Lehtori Ilkka Kouri on hyväksytty tarkastajiksi Automaatio-, kone- ja materiaali-tekniikan tiedekunnan kokouksessa 9.5.2012.

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

JAKKOLA, ILARI: Materiaalimenekin hallinta ja ennustaminen

Diplomityö, 82 sivua, 1 liite (1 sivu)

Heinäkuu 2012

Pääaine: Koneautomaatio

Tarkastajat: Professori Jouni Mattila, Lehtori Ilkka Kouri

Avainsanat: Toimitusketjun hallinta, menekin hallinta, johdetun kysynnän hallinta, menekin ennustaminen

Materiaalimenekin hallintaa on tutkittu laajalti toimintaympäristöissä, joita kuvaa suuri tuotannon volyyymi sekä moduloidut tuoterakenteet. Tässä tutkimuksessa pohditaan menekinhallintaa sekä johdetun kysynnän ennustamista pienen volyymin ja varioituvien tuotteiden ympäristössä.

Tämä tutkimus tehtiin Sandvikin Tampereen maanalaisen poralaitetuotannon tuotannon suunnittelusta sekä materiaalien operatiivisesta hankinnasta vastaavalle organisaatiolle. Tutkimuksen päätavoitteena oli kehittää kriittisten tuotannollisten materiaalien operatiivista hankintaa ja menekin ennustamista. Tavoitteena oli luoda toimintamalli, jonka avulla materiaalien menekki on paremmin hallittavissa. Liiketaloudellisiksi tavoitteiksi asetettiin pitkällä tähtäimellä tuotantoyksikön parempi toimitusvarmuus sekä materiaalivarastotasojen kohtuullistaminen.

Diplomityö jakaantuu tutkimusmenetelmältään kvantitatiiviseen sekä kvalitatiiviseen analyysiin. Yrityksen nykytilaan pyrittiin paneutumaan haastatteluin ja tutkimuksessa käytetyn datapohjaisen analyysin perusteella. Tutkimuksessa esitettävä toimintamalli sekä tulokset nojaavat määrällisen tutkimuksen aineistoon. Kuitenkin tutkimuksen päätelmät sekä päätelmiin johtaneet menetelmät sisältävät laadullisen tutkimuksen piirteitä. Päätelmien tekeminen perustuu yksittäisten esimerkkitapausten tutkimiseen, joiden avulla pyritään yleistämään tiettyjä käyttäytymismalleja.

Tutkimuksessa tuotannollisista materiaaleista luotiin nimikeportfolio valittujen muuttujien suhteen. Portfoliosta valittiin tutkimuksen kannalta merkittävimmät nimikeluokat jatkotarkasteluun, jossa pohdittiin nimikkeiden menekin käyttäytymismalleja. Valituista nimikeluokista havaittiin viisi erilaista käyttäytymismallia, joille luotiin omat menekinhallintastrategiansa. Osalle luokista esitetään käytettäväksi menekinhallintaan luotua ennusteprosessia sekä ennustetyökalua. Esitelty prosessi ja työkalu voidaan ottaa käyttöön operatiivisessa hankintaorganisaatiossa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että materiaalimenekin ennustamisessa voidaan saavuttaa tarkempia tuloksia käyttämällä useita eri ennustemenetelmiä toistensa tukena. Menekinhallintaympäristössä tapahtuvien jatkuvien muutosten johdosta pelkkien kvantitatiivisten menetelmien käyttö voi aiheuttaa suuria ennustevirheitä. Jatkotutkimusta tulisi osoittaa tuotteiden valmistusrakenteiden yhtenäistämiseen ja modulointiin sekä ennustarakenteiden tarkentamiseen materiaalien menekinhallinnan helpottamiseksi.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Hydraulics and Automation

JAANKOLA, ILARI: Dependent demand planning and forecasting

Master of Science Thesis, 82 pages, 1 appendix (1 page)

July 2012

Major: Machine Automation

Examiners: Professor Jouni Mattila, Assistant Professor Ilkka Kouri

Keywords: Supply chain management, demand management, derived demand, forecasting

The subject of this thesis is the dependent demand planning and forecasting. The dependent demand is defined as a demand for materials and components according to product structures. The management of dependent demand is a widely studied subject in operational environments which include high production volumes and modular product structures. This thesis examines dependent demand management in a low volume and high variety production environment.

This thesis was written for Sandvik's underground mining segment in Tampere factory. The subscriber of the thesis is the organization responsible for the plant's production planning and purchasing. The main objective of the thesis was to develop dependent demand management and forecasting. This requires a new process for improved demand management and forecasting. The long term financial target of the thesis was to improve the factory's reliability of delivery and to reduce the value of stocks.

In the thesis quantitative and qualitative research methods were used. The present state of the company is revealed by interviews and data analysis. The results and processes are mostly based on a quantitative analysis. However, the study includes qualitative features as well.

In the study items bought from suppliers were classified according to the selected variables. From the item portfolio some demand patterns were noticeable. The demand for the various patterns and item-classes has to be managed differently. Some of the items were classified as forecastables and some as unforecastables. A specific forecasting process for the forecastable items was introduced. The process includes a forecasting tool which was parametrised for the current operational environment. The process and the tool can be implemented in the purchasing organization.

When forecasting the dependent demand in the changing operational environment it is recommended to use several different forecasting methods. Pure quantitative forecasts can lead to large forecasting errors. That is why the quantitative methods should be supported by qualitative ones. Further research should be addressed to possibilities of modular product structures and more accurate forecasted product structures in order to achieve more stable environment for the dependent demand management.

ALKUSANAT

Diplomityön tekeminen on ollut työläs, mutta kehittävä prosessi. Se on opettanut niin tiedon hakuun liittyviä taitoja kuin tiedon soveltamista käytännön ratkaisuksi. Koulu-
taipaleen viimeinen rypistys on opettanut tieteellisen tutkimuksen tekoa ja itsenäistä työskentelyä. Työn aikana on huomannut, että hyvienkin ideoiden ja teorioiden kanssa törmää yritysmaailmassa usein realiteetteihin, jotka voivat estää idean toteuttamista. Opiskeluajasta mieleen jääneet ajatukset kannattaa kuitenkin pitää mielessä myöhempää käyttöä varten.

Työn toteutumisesta ja valmistumisesta kuuluu iso kiitos ohjausryhmälleni. Elina Pyykö ja Anne Kuosmanen mahdollistivat diplomityön tekemisen organisaatiossa, joka haluaa kehittyä ja on avoin uusille toiminnan kehityshankkeille. Annea haluan kiittää luot-
tamuksesta ja suuresta määrästä ideoita. Annella on aina ollut aikaa keskustella työhön liittyvistä kysymyksistä ja moni työssä esitettävistä ajatuksista onkin Annelta lainattu. Marja Rauhalammea haluan kiittää rakentavasta opponoinnista ja perehdyttämisestä niin excellin, leanin kuin toimittajaennustamisen saloihin. Pasi Vuojelaa haluan kiittää suunnittelun näkemyksistä tuotannon ihmisten joskus lennokkaiksiinkin ideoihin. Erityiskiitos Tero Kankkuselle excel-koulutuksista ja Antti Koivulle näkemyksistä toimittajaennustamiseen.

Kiitos diplomityön tarkastustyöstä Ilkka Kourille ja Jouni Mattilalle. He ohjasivat diplomityötä koko prosessin ajan oikeaan suuntaan ja tarjosivat omaa asiantuntemustaan niin työn aihepiiristä kuin tieteellisen tutkimuksen tekemisestä. Jounin kanssa käydyt keskustelut tarjosivat uusia näkökulmia ennustamisen aihepiiriin. Ilkka Kourin valtava tietämys valmistavien yritysten tuotannon ohjaamisesta auttoi tutkimuksen rakenteen hahmottamisessa sekä oikeiden ratkaisujen ja johtopäätösten tekemisessä. Ilkan väsymätön ote raportin kommentoimisessa, työn tekijän kannustamisessa ja neuvomisessa mahdollistivat diplomityön valmistumisen.

Erityiskiitos perheelleni; Sinetta Jaakkola, Reijo Jaakkola, Anni Savolainen, Suvi Jaakkola ja Tytti Jaakkola.

Tampereella 31.07.2012

Ilari Jaakkola

SISÄLLYS

Tiivistelmä	i
Abstract	ii
Alkusanat	iii
Sisälllys	iv
Lyhenteet ja merkinnät.....	vi
1. Johdanto	1
1.1. Työn tausta ja tarve	1
1.2. Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.3. Tutkimuksen rajaukset ja painopiste.....	3
1.4. Tutkimuksen rakenne	3
1.5. Tutkimusmenetelmä.....	3
2. Materiaalin hallinnan kehittämisen osa-alueet.....	5
2.1. ABC-analyysi.....	5
2.2. Kraljic-matriisi	8
2.3. Operatiivisen hankinnan rooli materiaalien menekinhallinnassa.....	10
2.4. Toimitusketjun hallinta	11
2.4.1. Kysynnän hallinta	12
2.4.2. Menekinhallinta ja johdetut tarpeet	13
2.4.3. Joustava toimitusketju.....	14
2.5. Tuotannonohjauksen vaikutukset materiaalimenekin hallintaan	15
2.5.1. Tuotannon suunnittelu	15
2.5.2. LEAN-tuotanto	17
2.5.3. Tilauksen kytketymispiste	20
2.6. Tuotteiden rakenteiden ja komponenttien monikäyttöisyyden vaikutus materiaalihallintaan	21
2.7. Materiaalimenekin ennustaminen	22
2.7.1. Kvalitatiiviset ennustemenetelmät	23
2.7.2. Kvantitatiiviset ennustemenetelmät.....	24
2.7.3. Ennustetarkkuus.....	29
2.7.4. Ennustemenetelmän valitseminen.....	30
2.7.5. Ennusteiden yhdistäminen	31
2.7.6. Ennustettavuus	32
3. Yritys ja sen nykytila	33
3.1. Yritysesittely	33
3.2. Osto ja hankinta.....	34
3.2.1. Materiaalimenekin ennustaminen	34
3.3. Menekinhallinnan toimintaympäristö	37
3.3.1. Tuotannon suunnittelu ja ajoitus.....	37
3.3.2. Tuotteen rakenne ja johdetut tarpeet.....	38
3.3.3. Toimittaja-analyysi	38

3.3.4.	Toimitustarkkuus	41
3.3.5.	Hankinnan ja suunnittelun yhteistyö.....	44
3.3.6.	StrAgile tutkimus –ja kehityshanke.....	45
4.	Materiaalimenekin hallinnan ja ennustamisen kehitystoimenpiteiden määrittely ja analysointi	47
4.1.	Nimikeportfolio.....	47
4.1.1.	Harvoin käytettävät nimikkeet.....	51
4.1.2.	S-nimikkeet.....	52
4.1.3.	V-nimikkeet	54
4.1.4.	I-nimikkeet.....	56
4.2.	Ennustetarpeen määrittely nimikeluokille	57
4.3.	Ennusteprosessin määrittely.....	60
4.4.	Ennustetyökalu	61
4.4.1.	Työkalun lähtötiedot	62
4.4.2.	Työkalun käyttö	63
4.4.3.	Työkalun antamia tuloksia.....	64
4.5.	Menetelmän verifiointi.....	68
5.	Työn tulokset.....	72
6.	Päätelmät	76
6.1.	Johtopäätökset.....	76
6.2.	Tutkimuksen tarkastelu	76
6.3.	Jatkokehitystoimenpiteet ja suositukset	77
6.3.1.	Nimikkeiden varastonsiirrot	78
6.3.2.	Ennusterakenteiden tarkentaminen	78
6.3.3.	Komponenttien monikäyttöisyyden lisääminen.....	79
6.3.4.	Nimikkeiden hallintaan käytettävät resurssit.....	79
	Lähteet.....	80
	Liite 1. Ennusteprosessi	1

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ABC	Nimikkeiden luokittelutapa
ATO	Tilausperusteisesti ohjautuva tuotanto, Assemble to Order
BOM	Tuoterakenne, Bill of Materials
CC	Nimikkeen monikäyttöisyyden aste, Component Commonality
COV	Menekin vaihtelun kerroin, Coefficient of Variation
CPE	Sandvikin nykytuotesuunnittelu, Current Product Engineering
CRP	Kapasiteettisuunnittelu, Capacity Requirements Planning
DFLM	Lean-ajattelun mukainen suunnitteluperiaate, Design for Logistics and Manufacture
EDI	Sähköinen yhteys yritysten ERP-järjestelmien välillä, Electronic Data Interchange
ERP-järjestelmä	Tuotannonohjausjärjestelmä, Enterprise Resource Planning
ETO	Tilauskohtaiseen suunnitteluun perustuva tuotantomuoto, Engineer to Order
HVLV	Tuotteiden korkea varioinnin aste, tuotannon matala volyyymi, High variety, low volume
KET	Keskeneräinen tuotanto
LCC	Halpatuotantomaat, Low Cost Countries
LM	Lean-tuotanto, Lean manufacturing
MAD	Ennustetarkkuuden mittari, Mean Absolute Deviation
MAPE	Ennustetarkkuuden mittari, Mean Absolute Percentage Error
MPS	Tuotantosunnitelma, Master Production Schedule
MRP	Materiaalien tarvelaskenta tai suunnittelu, Material Requirements Planning
MRPII-logiikka	Tuotannon suunnittelu-logiikka, Manufacturing Resource Planning
MSE	Ennustetarkkuuden mittari, Mean Squared Error
MTS	Valmistuotevarasto-ohjautuva tuotanto, Make to Stock
NPD	Sandvikin uustuotesuunnittelu, New Product Development
OPP	Tilauksen kytketymispiste, Order Penetration Point
RCCP	Kapasiteetin karkeasuunnittelu, Rough-cut Capacity Planning
SCM	Toimitusketjun hallinta, Supply Chain Management

SF	Surface, maanpäällisten poralaitteiden tuotanto
SOP	Myynnin ja toiminnan suunnittelu, myös S&OP, Sales and Operations Planning
UG	UnderGround, maanalaisten poralaitteiden tuotanto
VMI	Toimittajan hallitsema varasto, Vendor Managed Inventory

1. JOHDANTO

Tämän tutkimuksen on tilannut Sandvik Mining & Construction Oy. Tutkimus on tehty Sandvikin Tampereen tehtaan maanalaisten poralaitteiden tuotannon suunnittelusta ja materiaalien operatiivisesta hankinnasta vastaavalle organisaatiolle. Johdannossa käsitellään työn taustaa ja perustellaan tarvetta työn tekemiselle. Siinä esitellään tutkimusongelma sekä määritellään yleiset ja liiketaloudelliset tavoitteet. Lopuksi määritellään tutkimuksen rajaukset, painopiste, rakenne sekä tutkimusmenetelmät.

1.1. Työn tausta ja tarve

Valmistavien yritysten kiinnostus niiden toimitusketjua ja sen hallintaa kohtaan on lisääntynyt kasvaneiden toiminnan kustannustehokkuusvaatimusten johdosta. Yli puolet valmistavien yritysten liikevaihdosta käytetään materiaalihankintoihin, jolloin niissä onnistumisella on merkittävä vaikutus yrityksen tulokseen. (Van Weele 2005, s.4; Stevenson 2009, s.29). Kilpailukykyisen materiaalien hankintahinnan varmistamisen lisäksi hankintatoimeen kohdistetaan paljon muita vaatimuksia. Materiaalihankinnoilla pyritään varmistamaan tuotannolle mahdollisimman hyvä palvelutaso, mutta toisaalta materiaalivaraston sekä keskeneräisen tuotannon varaston arvo halutaan säilyttää kohtuullisena. Tämä vaatii hankintatoimelta tehokasta yhteistyötä toimittajakentässä sekä jatkuvaa tuotannon muuttuvien tarpeiden seuraamista.

Sandvikin Tampereen toimipisteen maanalaisten poralaitteiden tuotannossa tilaus-toimitusketjuun liittyvät toiminnot ovat jatkuvan kehityksen kohteena. Tämä käsittää myös materiaalimenekin hallinnan kehittämisen. Menekinhallintaan sisältyy haasteita ja riskejä, jotka realisoituessaan voivat vaikuttaa negatiivisesti tuotantoon sekä sen kustannustehokkuuteen. Tällaisia ovat esimerkiksi osapuutteet tuotannossa, korkea materiaali-varaston arvo ja pitkät materiaalien hankinta-ajat. Osapuute tuotannossa viivästyttää laitteen loppukokoonpanoa ja näin ollen heikentää mahdollisuutta tuotantoaikataulun pitämiseen. Tuotannon viivästyessä aiotusta oikeaan aikaan toimitetut materiaalit kasvattavat materiaali-varaston arvoa. Lisäksi tuotannon jättämä aiheuttaa tarpeen tuotannon uudelleenajoittamiselle, jolloin materiaalien todelliset tarpeet ja tarveajat muuttuvat. Muutokset tuotantosuunnitelmassa aiheuttavat haasteita erityisesti pitkän hankinta-ajan materiaalien oikea-aikaiselle hankinnalle. Laitteen kokoonpanon viivästyminen varaa tuotannon resursseja ja laskee loppukokoonpanon tuottavuutta. Osapuutteiden lisäksi tuotantosuunnitelmaan aiheuttavat muutospaineita asiakastarpeiden ja -tilausten muutokset.

Haasteita hankinnan onnistumiselle luovat Sandvikin tuotannon erityispiirteet. Pieni tuotannon volyyymi heikentää Sandvikin kiinnostavuutta komponenttiasiakkaana. Laaja

tuotevalikoima ja tuotteiden varioituminen asiakaskohtaisesti vaatii suurta määrää hallittavia nimikkeitä. Korkean teknologian tuotteet vaativat erikoiskomponentteja, joiden hankinta sisältää merkittävän toimittajariskin. Komponentin toimitusaika voi olla pidempi kuin poralaitteen luvattu toimitusaika. Tällöin ennusteohjautuva materiaalien hankinta on välttämättömyys. Kaivosala on erittäin suhdanneherkkä, jolloin poralaitetoimittajan tuotannolta vaaditaan merkittävää joustavuutta. Asiakkaat, mutta myös toimittajat ovat usein suuria ja vahvoja toimijoita omilla toimialoillaan. Tämä vaikuttaa Sandvikin neuvotteluasemaan näiden sidosryhmien kanssa. Edellä esiteltyjen tuotannon ja hankinnan ominaispiirteiden takia Sandvikin hankintatoimi tarvitsee kehittyneitä menetelmiä materiaalimenekin hallintaan kyetäkseen vastaamaan sekä tuotannon tarpeisiin että hankintatoimen kustannustehokkuusvaatimuksiin.

1.2. Tutkimuksen tavoitteet

Työn tavoitteena on luoda uusi menekinhallinnan toimintamalli, joka sisältää nimikeportfoliot sekä ennustemenetelmät määritellyille nimikeluokille. Toimintamallien avulla pyritään vähentämään osapuutteita tuotannossa sekä alentamaan varaston arvoa. Liiketaloudellisena tavoitteena voidaan nähdä tuotannon kapasiteetin käyttöasteen kasvu sekä Sandvikin toimitusvarmuuden parantuminen. Toimintaan tulee sitoutua uudella toimintamallilla vähemmän pääomaa. Toimintamallin käyttö saattaa vaatia ostolta lisäresursseja lisääntyneen ennustamisen osalta. Vähentyneiden osapuutteiden ja kiiretilausten myötä ostajan työmäärä kuitenkin vähenee ja ostaja hallitsee materiaalimenekin paremmin. Myös yhteistyö toimittajien kanssa syvenee.

Tutkimuksen tavoite on selvittää ja arvioida erilaisten menekinhallinnan toimintamallien sopivuutta Sandvikin hankinnan toimintaympäristöön. Tutkimukseen sovelletaan kirjallisuudessa esitettyjä teoreettisia viitekehyksiä ja näin pyritään suunnittelemaan juuri Sandvikin tarpeisiin sopiva toimintamalli. Valittuun toimintamalliin päädytään selvittämällä nimikkeiden menekin käyttäytymistä. Käyttäytymisen perusteella luodaan nimikeluokat, joille luodaan hankintamallit ja arvioidaan ennustamistarve. Ennustetarpeen ilmetessä nimikeluokalle muodostetaan mallipohjainen menekin käyttäytymismallia tukeva ennustemenetelmä.

Valmis tutkimus sisältää toimintamalliehdotuksen tai ehdotuksia, joiden perusteella voidaan kehittyneemmin hallita nimikkeiden operatiivista hankintaa ja ennustamista. Luokkajaon perusteella luotujen menekinhallintamenetelmien avulla on mahdollista arvioida paremmin nimikkeen tulevia tarpeita. Mallit mahdollistavat kehittyneemmän toimittajayhteistyön, jolloin toimittajalla on mallipohjaisen ennustemenetelmän mahdollistama näkymä Sandvikin tuleviin materiaalitaipeisiin ja mahdollisuus varautua näihin.

1.3. Tutkimuksen rajaukset ja painopiste

Työn painopiste on tuotannon suunnittelun ja materiaalien operatiivisen hankinnan välisessä yhteistyössä. Käsiteltäessä materiaalien menekinhallintaa keskitytään ostettaviin nimikkeisiin, joiden menekinhallinta vaatii erityisiä resursseja oikea-aikaisten sekä oikeamääräisten hankintojen mahdollistamiseksi. Käsitteilyn ulkopuolelle rajataan Sandivikin itse valmistamat komponentit ja osakokoonpanot sekä toimittajien hallinnoimien varastojen nimikkeet. Tutkimuksen edetessä käsiteltävää nimikejoukkoa rajataan lisäksi valituilla parametreilla.

Työn rajoituksena on maanalaisissa poralaitteissa käytetty tuoterakenne, johon ei tämän työn puitteissa tehdä muutoksia. Sen sijaan tuoterakenteeseen voidaan ottaa kantaa ajatellen uusien tuotteiden suunnittelua. Työssä tutkitaan myös käytössä olevien ennustarakenteiden validiutta ja mahdollisuutta niiden tarkentamiseen.

1.4. Tutkimuksen rakenne

Työ sisältää kirjallisuustutkimuksen, yrityksen nykytilaa käsittelevän osuuden, empiirisen tutkimusosan, toimintamalliehdotuksen ja päätelmät. Työn teoreettisessa osuudessa esitellään työn aihepiiriin tehtyä alan kirjallisuutta sekä muuta tieteellisen tutkimuksen aineistoa. Nykytilaa käsittelevä kappale esittelee Sandivikin materiaalien menekinhallintaan liittyvää toimintaympäristöä sekä siinä ilmenneitä kehityskohteita. Empiirinen osuus sisältää tehdyn tutkimuksen raportoinnin sekä sen perusteella esiteltävät toimenpidesuosituksen.

1.5. Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellään sen aihepiiriin liittyvän tieteellisen tutkimuksen aineistoa ja tutkimuksesta koostettua kirjallista oppikirjamateriaalia. Tieteellisestä aineistosta on pyritty koostamaan teoreettinen lähtökohta tutkimuksen empiiriselle osuudelle. Teoriaosuudessa on otettu huomioon yrityksen toimintaympäristö.

Tutkimuksen aihepiiriin on tehty huomattava määrä tieteellistä tutkimusta. Esiteltävät teoriat ja viitekehykset on pyritty valitsemaan juuri tämän tutkimuksen tarpeisiin. Tärkeimpiä viitekehyksiä nimikkeiden luokittelun osalta ovat esittäneet Flores & Whybark (1986), Stevenson (2009), Van Weele (2005) ja McIvor (2001). Toimitusketjun hallintaa ovat käsitelleet Mentzer et. al. (2007), Saunders (2009) sekä Duclos et. al. (2003). Tuotannon suunnittelun ja organisoimisen teorioissa on viitattu Jina et. al. (1997), Van Weele (2005) ja Tenhiälä (2007) julkaisuihin. Ennustamista käsittelevässä osiossa tärkeimpiä lähteitä ovat Armstrong (2001), Vollmann et. al. (2009), Stevenson (2009) sekä Milliken (2006).

Yrityksen nykytilaa käsittelevä osuus perustuu havainnointiin, haastatteluihin sekä tietyn osin myös tutkimuksen kvantitatiivisen aineiston analyysiin. Tutkimuksessa käytetty havainnointi on ollut luonteeltaan pääosin osallistuvaa. Osallistuvan havainnoinnin ohessa on tutkimusta varten suoritettu dokumentoimattomia haastatteluja. Suurin osa haastatteluista onkin suoritettu epävirallisina ”kahvipöytäkeskusteluina”. Tutkimuksen tekijä on ollut työsuhteessa tarkasteltavaan organisaatioon 8 kk ennen diplomityön aloitusta. Osa tutkimukseen liittyvistä haasteista on ilmennyt jo työsuhteen aikana.

Tutkimuksen empiirinen osuus perustuu pääosin kvantitatiivisen aineiston analyysiin. Suuresta aineistomäärästä on pyritty suodattamaan tutkimukselle merkityksellinen sekä tutkimusta kiinnostava aineisto. Aineiston haussa on arvioitu datan luotettavuus sekä siinä mahdollisesti esiintyvät virhelähteet. Myös aineiston pohjalta luotu toimintamalli nojaa kvantitatiivisiin tietolähteisiin sekä teorioiden osoittamiin toimintatapoihin. Kuitenkin tutkimuksen päätelmät sekä päätelmiin johtaneet menetelmät sisältävät laadullisen tutkimuksen piirteitä. Päätelmien tekeminen perustuu yksittäisten esimerkkitapausten tutkimiseen, joiden avulla pyritään yleistämään tiettyjä käyttäytymismalleja. Lisäksi käyttäytymismallien arviointi sisältää muuttujia, joiden tarkka määrällinen mittaaminen ei ole mahdollista. Työssä esiteltävä toimintamalli, siihen sovitettujen parametrien arvot sekä menetelmän verifiointi on luotu käyttämällä yksittäisiä aineistosta havaittuja esimerkkitapauksia.

Tutkimuksen aineisto on haettu yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä 1.1.2012-31.5.2012 välisenä aikana. Tehdyt kyselyt (ERP) on pääosin toteutettu Office excel:n ja Lean Systems:n välistä ODBC rajapintaa käyttämällä. Osaan kyselyistä on käytetty Lean Systems:n käyttöliittymää. Kuvien, laskelmien ja tulosten muokkaamiseen on käytetty Microsoft Office-ohjelmistoa. Osaan kuvista ja kuvaajista on käytetty Sandvikin valmiita raportointityökaluja.

2. MATERIAALIN HALLINNAN KEHITTÄMISEN OSA-ALUEET

Työn teoriaosuudessa esitellään tutkimuksessa sovellettavat teoreettiset viitekehykset. Luku jakaantuu karkeasti kolmeen osaan. Ensimmäisenä käsitellään nimikkeiden luokitteluun käytettäviä teorioita. Toimitusketjun hallintaan sekä tuotantoon liittyviä teorioita pohditaan pääsääntöisesti materiaalien menekinhallinnan näkökulmasta. Luvun lopuksi esitellään ennustamisen ja ennustetarkkuuden arvioinnin menetelmiä.

Esiteltävät nimikkeiden luokitteluun tarkoitetut teoreettiset viitekehykset ovat ABC-analyysi ja Kraljic-matriisi. Edellä mainittuja teorioita sovelletaan laajasti valmistavien yritysten materiaalihallinnassa sekä toimittajakentän kartoituksessa. Toimitusketjun hallinta alleviivaa asiakasarvon tuottamisen prosessin liittyvän koko toimitusketjuun. Materiaalivirtojen optimoinnilla sekä toimittajakentän osallistamisella yrityksen prosesseihin mahdollistetaan toiminnan tehokkuus sekä asiakastarpeiden täyttäminen. Toimitusketjun hallinnan yhteydessä määritellään kysynnän lajit ja perustellaan johdetun kysynnän ennusteiden tarve. Lisäksi pohditaan joustavuuden merkitystä toimitusketjussa.

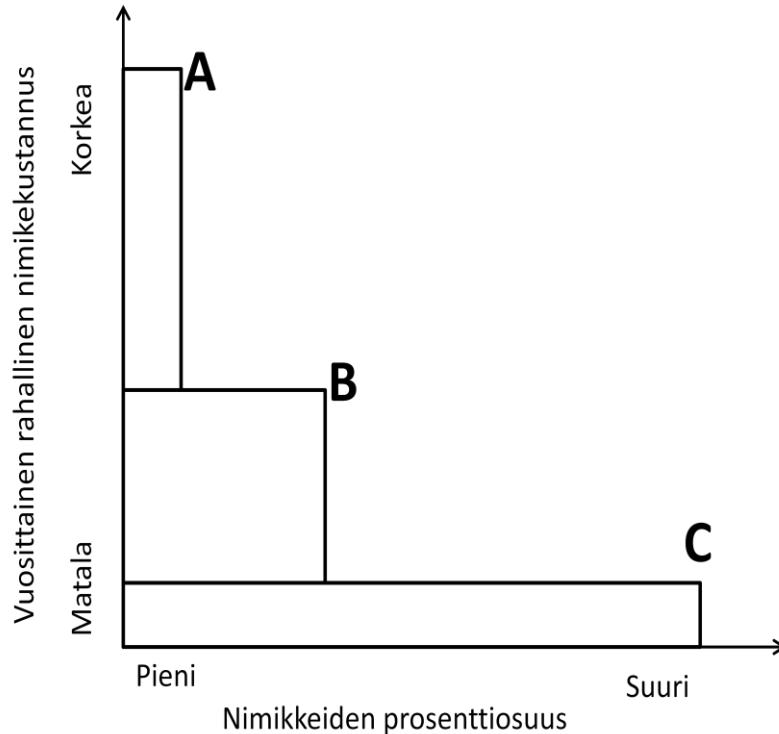
Teoriaosuudessa pohditaan tuotannon suunnittelun sekä valitun tuotantomuodon yhteyttä materiaalien menekinhallintaan. Lean-periaatteiden soveltaminen pienen volyymin sekä varioituvien tuotteiden tuotantoon sisältää haasteita, mutta tietyin edellytyksin se on mahdollista. Yhtenä tärkeimmistä edellytyksistä nähdään korkea nimikkeiden monikäyttöisyyden aste.

Ennustaminen yrityksissä yhdistetään pääsääntöisesti myynnin ennustamiseen. Tuotteiden varioituminen sekä niiden toimitusaikavaatimukset edellyttävät myös toimittajaennusteiden luomista. Tähän tarkoitukseen esitellään kvalitatiivisia sekä kvantitatiivisia ennustemenetelmiä. Lisäksi pohditaan sopivan ennustemenetelmän valitsemista sekä niiden yhdistämistä.

2.1. ABC-analyysi

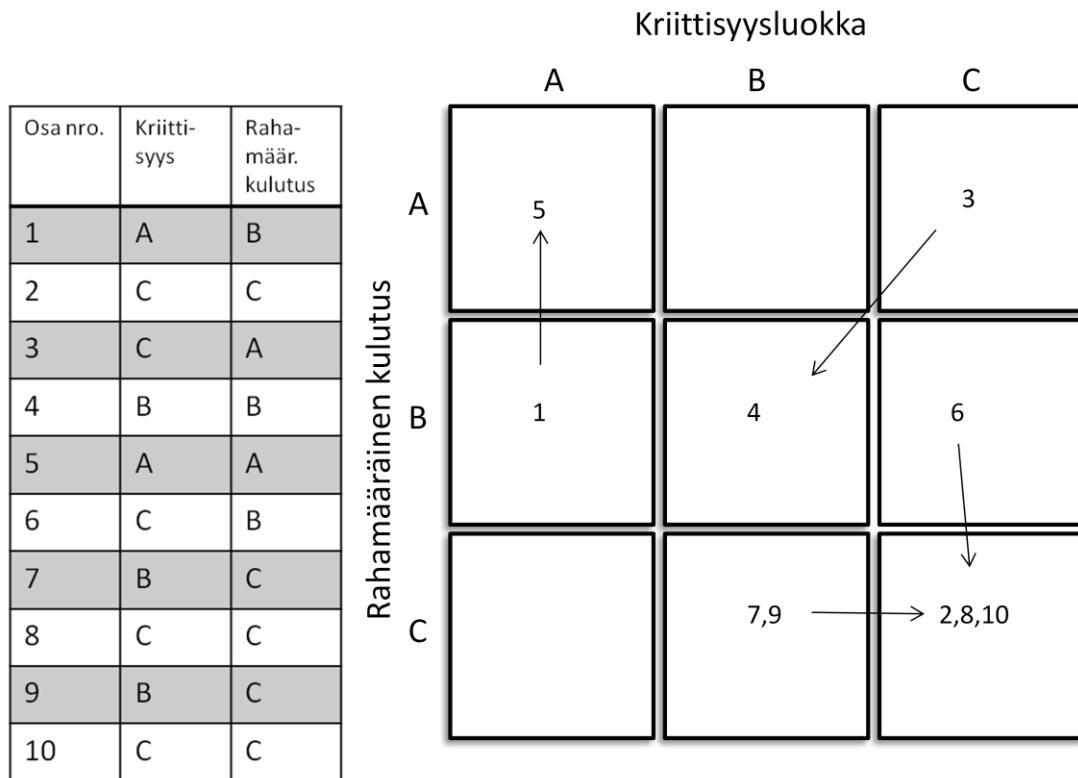
ABC-analyysi tarjoaa tavan luokitella nimikkeet niiden rahamääräisen merkittävyyden perusteella. Analyysissä luokitellaan nimikkeet kolmeen luokkaan sen perusteella, mikä on niiden vuotuinen hankintakustannus. A-luokkaan kuuluvat nimikkeet vastaavat luokittelutavasta riippuen noin 60-70 prosenttia vuotuisesta rahamääräisestä kulutuksesta. Nimikemäärällisesti ne vastaavat vain 10-20 prosenttia käytetyistä nimikkeistä. Toisessa

ääripäässä C-nimikkeet vastaavat vain noin 10-15 prosenttia vuosittaisesta rahallisesta kulusta, mutta jopa 60 prosenttia käytetyistä nimikkeistä. Luokittelu antaa ohjenuoran nimikkeiden hankintaan ja ohjaukseen käytettävien resurssien määrästä. (Stevenson 2009, s. 557-558.) Kuvassa 2.1. visualisoidaan nimikkeiden ABC-luokittelua.



Kuva 2.1. Nimikkeiden ABC-luokittelu (Stevenson 2009, s.558.).

Perinteistä ABC-luokittelua on helppo kritisoida sen ottaessa huomioon vain rahamääräisen ulottuvuuden. Se ei ota huomioon muita hankintaan ja varaston hallintaan liittyviä muuttujia. Tästä syystä analyysiä on laajennettava käsittämään muita nimikkeiden ohjaukseen liittyviä parametreja. Kuvassa 2.2. kuvataan monen kriteerin mukaan luokiteltuja nimikkeitä. Siinä rahamääräisen kulutuksen lisäksi on luokiteltu nimikkeet niiden kriittisyyden perusteella. Kriittisyydellä tarkoitetaan osapuutteen tuotannolle aiheuttamia vaikutuksia. (Flores & Whybark 1986).



Kuva 2.2. Moniulotteinen ABC-analyysi (Flores & Whybark 1986).

Flores ja Whybark (1986) ehdottavat nimikkeiden uudelleenluokittelua, jotta kaikki nimikkeet saadaan matriisiin diagonaalille. Diagonaalilla osan luokitus on AA, BB tai CC, jolloin nimikkeen varaston hallintaa voitaisiin jälleen ohjata yhdellä parametrilla. Todellisuudessa tämä on kuitenkin harvoin mahdollista. Usein jopa kolmannen parametrin käyttöönotto olisi toivottavaa, mutta tällöin matriisi on muutettava kolmiulotteiseksi. Mitä enemmän eri parametreja otetaan käyttöön, sitä vaikeammaksi luokittelun hallinta sekä päätöksenteko sen pohjalta muodostuu. (Flores & Whybark 1986).

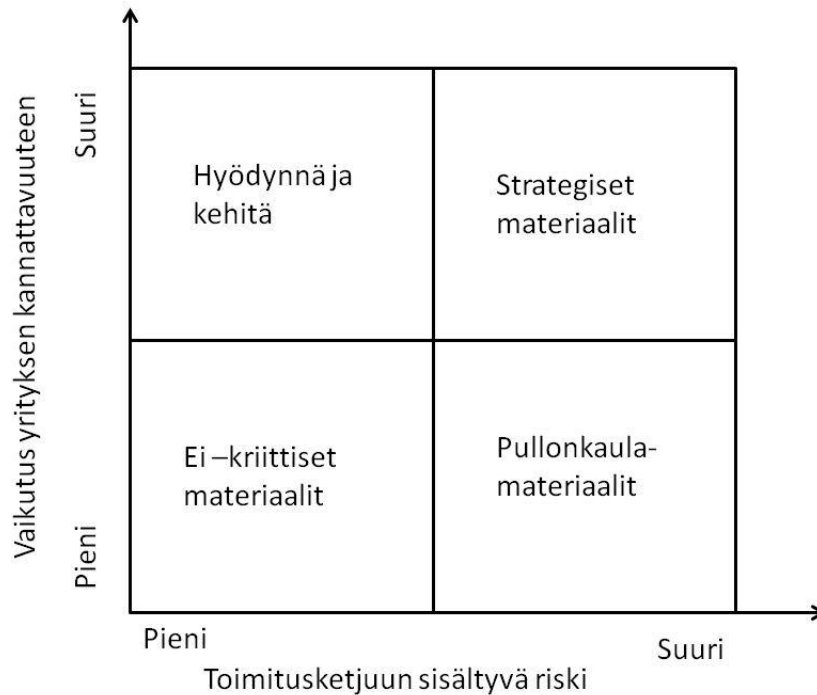
Nimikkeen kriittisyyden tilalla voidaan käyttää toisena parametrina esimerkiksi toimitusaikaa rahamääräisen kulutuksen lisäksi. Näin voidaan helposti havaita nimikkeitä, joiden toimitusaika on pitkä, mutta rahamääräinen merkittävyys pieni (AC). Osapuutten jatkuva esiintyminen AC-nimikkeissä on helppo ratkaista varmuusvarastoilla. Näin saavutetaan kustannussäästöjä vähentyneiden osapuutten ansiosta. Toisaalta toimitusajan käyttäminen parametrina saattaa johtaa korkean prioriteetin (AA) nimikkeiden turhaan varastoimiseen, jolloin varaston pito altistuu tuotantoaikataulun muutoksille, markkinoiden heilahtelulle sekä materiaalin epäkuranttisuusriskille. (Flores & Whybark 1986).

Käytettäessä materiaalin epäkuranttisuusriskiä parametrina luokitellaan sen mahdollisuutta vanhentua joko sisäisten muutosten tai ulkoisten voimien takia. Epäkuranttisuus-

riski on suositeltava luokitteluparametri, jos varastoitavien nimikkeiden varaston käsiin jääminen on ilmeistä ja kohtalokasta yrityksen taloudelle. (Flores & Whybark 1986).

2.2. Kraljic-matriisi

Kuvassa 2.3. esitetään nimikkeiden luokittelu Kraljic-matriisin avulla. Siinä nimikkeet jaetaan neljään kenttään niiden toimitusketjuun sisältyvän riskin ja yrityksen kannattavuuteen liittyvän vaikutuksen perusteella. Kraljic-matriisin perusidea on minimoida toimittajiin liittyvät riskit ja hyödyntää koko yrityksen ostovoima. (McIvor 2001).



Kuva 2.3. Kraljic-matriisi (Van Weele 2005, s.150; McIvor 2001).

Ei-kriittisiin tai rutiinimateriaaleihin luokitellaan halvat peruskomponentit, joiden saataavuus ei tuota ongelmia. Matriisi neuvoo yhdistelemään hankintoja käyttämällä esimerkiksi tukkureita tai toimittajan hallitsemia varastoja. Ei-kriittisten materiaalien tai rutiininimikkeiden luokkaa kuvaa suuri määrä komponentteja eri toimittajilta, jolloin logistiikan hallitseminen nousee yhdeksi tärkeimmistä luokkaan liittyvistä haasteista. (Van Weele 2005, s.150; McIvor 2001).

Pullonkaulamateriaaleiksi luokitellaan nimikkeet, jotka eivät vaikuta hankintahinnallaan merkittävästi yritykseen, mutta niissä voi esiintyä saatavuusongelmia. Osapuutetilanteen aiheuttama tuotannon viivästyminen ja sen aiheuttama epäsuora kustannus on moninkertainen verrattuna nimikkeen hankintahintaan. Pullonkaulanimikkeiksi osoittautuvat yleensä korkean teknologian materiaalit, esimerkiksi hydrauliventtiilit tai erikoisemmat sähkökomponentit. Riippuvuutta pullonkaulamateriaaleista pitää pyrkiä vähentämään, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Tällöin vaihtoehtona on riskin pienentäminen esi-

merkiksi pitämällä nimikkeellä bufferivarastoa tai pyrkimällä muuten turvaamaan materiaalien saatavuus. (Van Weele 2005, s.150; McIvor 2001).

Hyödynnä ja kehitä -materiaaleja on helposti saatavilla, mutta ne ovat hankintahinnaltaan merkittäviä. Näiden nimikkeiden kohdalla on tärkeää kehittää hankintaprosessia ja luoda strateginen kumppanuus toimittajan kanssa. Koko ostovoiman hyödyntäminen on tärkeää, jotta materiaalien hankintahinta saataisiin mahdollisimman alhaiseksi. Ostajan neuvotteluvoima perustuu segmentin kovaan kilpailuun toimittajien keskuudessa. (Van Weele 2005, s.150; McIvor 2001).

Strategiset materiaalit vaativat eniten hankinnan resursseja. Strategisiin toimittajiin on luotava vahva yhteistyösuhde, jolla pyritään varmistamaan materiaalien saatavuus. Joidenkin tähän luokkaan kuuluvien nimikkeiden kohdalla on hyväksyttävä yrityksen riippuvuus toimittajasta. Strategisiksi nimikkeiksi voidaan luokitella nimikkeet, joiden perusteella tuotteet on suunniteltu ja joiden korvaaminen on erittäin haastavaa. (Van Weele 2005, s.150; McIvor 2001).

Kraljic-matriisia laajennetaan usein käsittämään toimittajien arviointi ja toimittaja-asiakassuhteen väliset voimasuhteet. Voimatasapainolla tarkoitetaan neuvotteluvoimaa materiaalien saatavuuteen ja hintaan liittyvissä kysymyksissä. Matriisin diagonaalilla voimasuhteet ovat usein parhaiten tasapainossa, kun taas Hyödynnä ja kehitä -toimittajien sekä Pullonkaulatoimittajien joukossa näin ei yleensä ole. Asiakkaan neuvotteluvoima korostuu puhuttaessa Hyödynnä ja kehitä -toimittajista. Tilanne viittaa kovaan kilpailuun toimittajan markkinasegmentissä. Toisaalta Pullonkaulatoimittajien kohdalla voimatasapaino on siirtynyt toimittajan puolelle. Pullonkaulatoimittajat saattavat olla teknologiajohtajia tai jopa ainoita toimittajia omassa segmentissään. (Van Weele 2005, s.150-151). Toimittaja-asiakassuhteen voimatasapaino voidaan nähdä myös riippuvuustasapainona. Caniels & Gelderman (2005) näkevät riippuvuustasapainon käänteisenä voimatasapainoon nähden. Vahva riippuvuus asiakkaasta tai toimittajasta johtaa alentuneeseen neuvotteluvoimaan asiakassuhteessa. Vahva toisen osapuolen riippuvuus ei johda pitkäikäiseen eikä tuottavaan asiakassuhteeseen. (Caniels & Gelderman 2005).

Ilmeisin Kraljic-analyysiin kohdistuva kritiikki liittyy sen subjektiivisuuteen. Miten voidaan mitata ”pieni” tai ”suuri” toimittajaketjuun sisältyvä riski tai vaikutus yrityksen kannattavuuteen? Portfolioanalyysiä tehtäessä arviointiin liittyy aina harkinnanvaraisia tekijöitä. Analyysin käyttäjien keskuudessa on havaittu eroavaisuuksia parametrien määrittelyssä riippuen organisaation koosta, markkinasegmentistä ja asemoitumisesta arvoketjussa. (Gelderman & Van Weele 2003).

Toimittaja-arviota tehtäessä on hyvä huomioida 20-80-säännön pätevän myös toimittajakentässä. 20 prosenttia toimittajista toimittaa 80 prosenttia tarvittavista komponenteis-

ta rahamääräisesti mitattuna. Toisaalta pienet toimittajat ja halvat komponentit aiheuttavat 80 prosenttia yrityksen sisäisistä käsittelykustannuksista. (Van Weele 2005, s.149).

Toimittajaportfolion perusteella voidaan muodostaa toimittajastrategiat. Tehtävä strategia riippuu toimittajan merkityksellisyydestä asiakkaalle. Toimittajien valinnassa ja toimittajastrategioissa pitäisi aina pyrkiä tilanteeseen, jossa voimatasapaino on ostajan puolella. Tällöin ei synny tilannetta, jossa toimittaja voi ylenkatsoa asiakkaan tarpeet ja jossa asiakas ei ole liian riippuvainen toimittajasta. (Van Weele 2005, s.148-149).

2.3. Operatiivisen hankinnan rooli materiaalien menekin-hallinnassa

Operatiivisen hankinnan, oston tärkein tehtävä on varmistaa valmistukselle mahdollisimman hyvä palvelutaso. Hyvällä palvelutasolla viitataan tuotantoon, jossa ilmenee mahdollisimman vähän osapuutteita. (Van Weele 2005, s.92). Paras palvelutaso saavutettaisiin siis varastoimalla kaikkia mahdollisesti tarvittavia nimikkeitä. Toisaalta ostoon ja hankintaan liitetään myös paljon muita vaatimuksia kuten matala varaston arvo. Tämä johtuu jo pelkästään siitä, että yli puolet valmistavan yrityksen liikevaihdon määrästä käytetään materiaalihankintoihin; tällöin hankinnalla ja sen onnistumisella on merkittävä vaikutus yrityksen tulokseen ja se on kasvavassa määrin kiinnostuksen kohteena myös yritysten ylimmässä johdossa (Van Weele 2005, s.4).

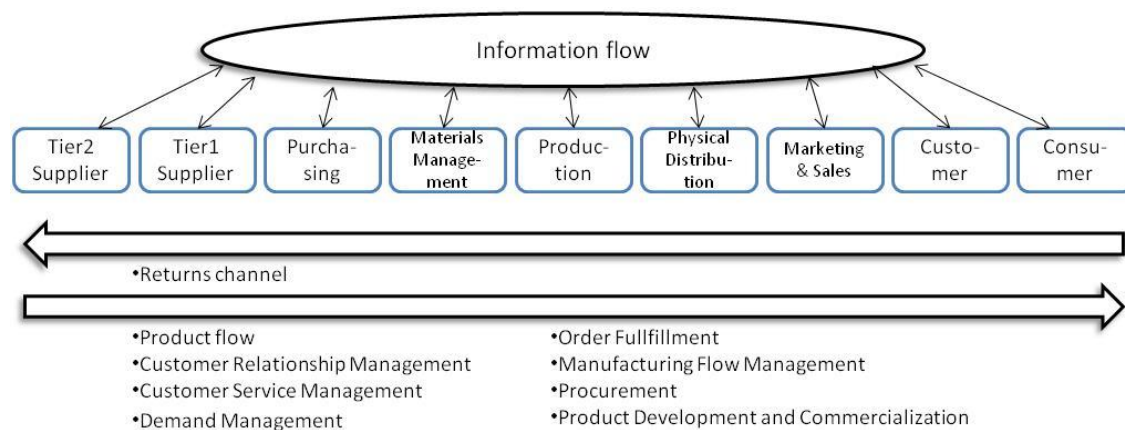
Toimittajien määrän vähentäminen ja toisaalta tiiviimpi toimittajayhteistyö on havaittu hyväksi tavaksi hankinnan kustannusten vähentämisessä. Tällöin ostava yhtiö muuttuu merkittävämmäksi toimittajan liikevaihdon kannalta. Lisääntyneen ostovoiman myötä voidaan vaatia lyhyempiä toimitusaikoja ja parempaa laatua. (Van Weele 2005, s.4). Tiivis toimittajayhteistyö nousee merkittäväksi tekijäksi toimintaympäristöissä, joissa tuotteiden luvattu toimitusaika saattaa olla lyhyempi kuin yrityksen sisäinen toimitusaika (lead time). Tällöin vaaditaan joustavuutta yrityksen tuotannosuunnittelussa sekä materiaalien hankinnassa ja toimitusketjussa. Materiaalihankintojen aikaistaminen pyritään mahdollistamaan painostamalla toimittajia lyhyempiin toimitusaikoihin. Toisaalta kiiretilaukset saattavat nostaa materiaalien hankintakustannuksia. (Van Weele 2005, s.207).

Pienen varastotason saavuttaminen vaatii jatkuvia varaston täydennyksiä. Jatkuva toimittaminen vaatii tehokkaan logistiikan lisäksi tehokasta informaatioteknologiaa toimittajan ja asiakkaan välillä. Siksi käytetään erityistä yritysten väliseen tiedonsiirtoon tarkoitettua EDI-liittymää (Electronic Data Interchange), jolla informaatio kuten ostotilaukset ja laskut siirtyvät suoraan yhtiöiden ERP-järjestelmien välillä. (Van Weele 2005, s.6).

Toimittajapäätöksen tekeminen perustuu laajaan toimittajan tarkasteluun. Pelkkä hinnan ja laadun tarkastelu eivät ole riittäviä perusteita toimittajapäätöksen tekemiselle. Potentiaalista toimittajaa arvioidaan sen perusteella, mikä on sen kyky toimittaa oikeaan tarpeeseen. Puhutaankin oston kokonaiskustannuksista pelkän hankintahinnan sijaan. (Van Weele 2005, s.12-13). Laajempi kustannusten tarkastelu paljastaa logistiikka-, varastointi-, puute- sekä laatu-kustannukset. Materiaalin hankintakustannukset voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin. Suorat kustannukset koostuvat materiaalien hankintahinnasta. Epäsuorilla kustannuksilla tarkoitetaan materiaalien kuljetuksen, vastaanoton, vastaanottotarkastuksen, sisäisten siirtojen, inventoinnin sekä epäkuranttiuden aiheuttamia kustannuksia. Osto pyrkii vähentämään epäsuoria kustannuksia supistamalla varastoa ja vähentämällä romutukseen menevää materiaalia. (Van Weele 2005, s.82).

2.4. Toimitusketjun hallinta

Materiaalimenekin hallintaprosessi (Materials management) on ymmärretty yritykseen sisään tulevana materiaalivirtana toimittajilta materiaalien käyttöpiesteelle. Toimitusketjun hallinta (Supply Chain Management, SCM) laajentaa käsitettä ottamaan huomioon materiaalien virran optimoinnin toimittajan raaka-ainetoimittajalta aina loppuasiakkaalle. (Van Weele 2005, s.206). Toisaalta toimitusketjun hallinta voidaan määrittellä yrityksen niiden avaintoimintojen integroinniksi loppukäyttäjältä toimittajalle, mitkä luovat arvoa asiakkaalle sekä muille sidosryhmille. (Croxtton et al. 2002). Kuvassa 2.4. esitetään Cooper et. al. (1997) määritelmä toimitusketjun hallinnasta.

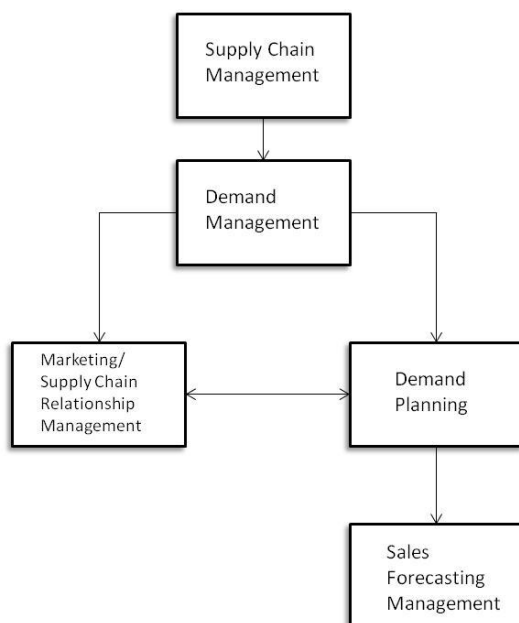


Kuva 2.4. Toimitusketjun hallinta (mukailten Cooper et. al. 1997).

Cooper et. al. (1997) määrittävät toimitusketjun hallinnan siihen kuuluvien yritysten, niiden toimintojen, toimitusketjun läpi kulkevan materiaali- ja informaatiovirran sekä arvontuoton prosessien kokonaisuudeksi. He korostavat prosessien integroinnin merkitystä toimitusketjun sisällä niiden tehokkuuden lisäämiseksi. (Cooper et. al. 1997).

2.4.1. Kysynnän hallinta

Kysynnän hallinnan (Demand Management) prosessi käsittää asiakastarpeiden sekä toimitusketjun tasapainottamisen siten, että yritys pystyy tehokkaasti vastaamaan sekä ennakoituun, että ennakoimattomaan kysyntätilanteeseen. Prosessi sisältää kysynnän ennustamisen ja ennusteiden kytkemisen tuotantoon, ostoon sekä jakelutiehen. Kysynnän hallinta on yksi merkittävä osa toimitusketjun hallintaa. (Croxton et. al. 2002). Kuvassa 2.5. esitetään kysynnän hallinnan asemoituminen osaksi toimitusketjun hallintaa.



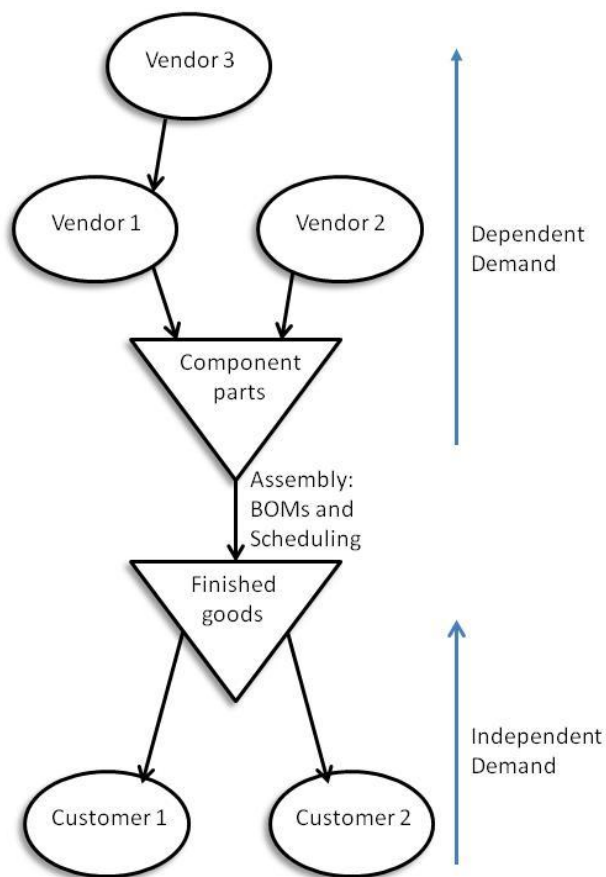
Kuva 2.5. Kysynnän hallinta osana toimitusketjun hallintaa (Mentzer et. al. 2007).

Kysynnän hallinta koostuu kysynnän suunnittelusta (Demand Planning), toimitusketjun suhteiden hallinnasta (Supply Chain Relationship Management) ja myynnin ennustamisen hallinnasta (Sales Forecasting Management). Kysynnän suunnittelulla toimitusketjussa tarkoitetaan riippumattoman kysynnän pohjalta tehdyn ennusteen johtamista läpi toimitusketjun. Tällöin ennustevirhettä aiheuttavat myyntiennusteet poistuvat toimitusketjun aikaisemmilta portailta. Toimitusketjun suhteiden hallinnalla pyritään yhtenäistämään toimitusketjun tavoitteet kustannusten vähentämisestä sekä tarpeellisen palvelutason saavuttamisesta. Tähän liittyy myös tavoitteiden onnistumisessa mittaaminen sekä hyödyn jakaminen tasaisesti toimitusketjun toimijoiden kesken. (Mentzer et. al. 2007).

Mentzer et. al. (2007) määrittelevät myyntiennusteen kysynnän tilaksi tulevaisuudessa, minkä suuruus oletetaan tiettyjen ympäristön muuttujien tilojen perusteella. He painottavat ennusteen ja suunnitelman ja tavoitteen eroa. Myyntisuunnitelma ja –tavoite tulee perustua myyntiennusteeseen. Tavoiteasetanta ei saa vaikuttaa ennusteeseen, vaikka näin usein tapahtuukin. (Mentzer et. al. 2007).

2.4.2. Menekinhallinta ja johdetut tarpeet

Riippumaton kysyntä (independent demand) voi kohdistua toimitusketjussa vain yhteen pisteeseen. Tämä piste on tuotteita loppuasiakkaalle tarjoavan yrityksen asiakasrajapinta. Tästä suorasta kysynnästä johdetaan koko muun toimitusketjun kysyntä (dependent demand) käyttäen tuoterakenteita (BOM, Bill of Material). Toimitusketjun sisällä asiakkaan johdettu kysyntä voidaan tulkita toimittajalle riippuvana kysyntänä. Toimittajan kysyntä siis riippuu asiakkaansa tuotteiden menekistä. (Mentzer et. al. 2007). Kuvassa 2.6. esitetään eri kysynnän lajit toimitusketjussa. Kuvassa asiakas oletetaan loppukäyttäjäksi.

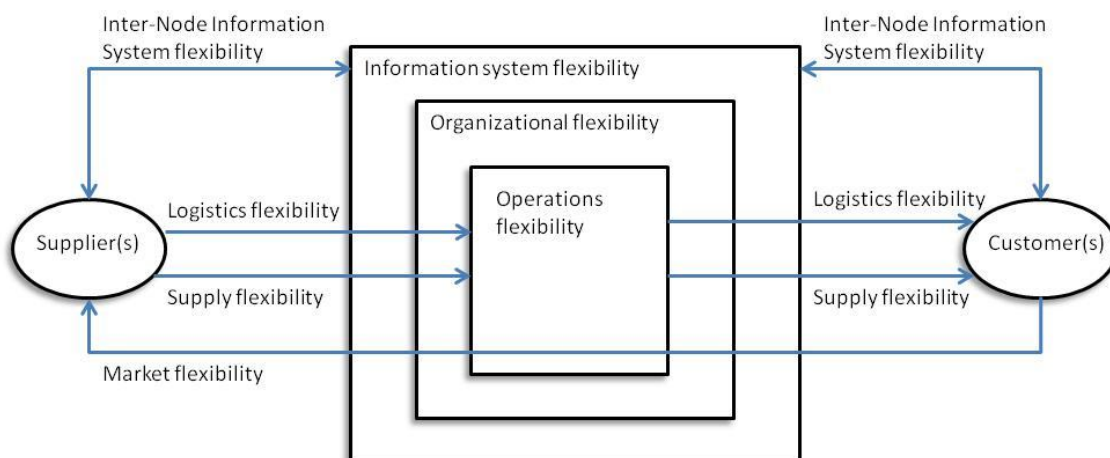


Kuva 2.6. Kysynnän lajit toimitusketjussa (Mukaiillen Vollmann et. al. 2005, s.135).

Riippumattoman ja riippuvan kysynnän hallintaan sovelletaan tavallisesti myyntiennusteita. Kuitenkin myös johdetun kysynnän suuruus pitää pyrkiä määrittämään. Tuotteiden rakenteen ollessa vakio, johdettu kysyntä voidaan suoraan määrittää lopputuotteiden kysynnästä. Erillinen johdetun kysynnän ennuste tarvitaan, jos kaikille asiakkaille ei tarjota tuoterakenteeltaan samaa tuotetta vaan tuotteet varioituvat asiakaskohtaisesti (statistical BOM forecasting). (Mentzer et. al. 2007).

2.4.3. Joustava toimitusketju

Valmistavien yrityksen asiakkailla on korkea vaatimustaso niin tuotteiden laadun, toimitusajan sekä tuotevariaatioiden osalta. Tämä vaatii valmistavalta yritykseltä joustavuutta koko toimitusketjussa. Pelkkä yrityksen sisäisten toimintojen joustavuus ei riitä. Kun tavoitteena on tyydyttää asiakkaiden tarpeet kustannustehokkaasti, joustavuus on ulotettava yrityksen koko toimitusketjuun. Duclos et. al. (2003) on laajentanut joustavuuden käsitteen yrityksen valmistuksen joustavuudesta koko toimitusketjun joustavuudeksi (kuva 2.7.). (Duclos et. al. 2003).



Kuva 2.7. Toimitusketjun joustavuuden komponentit (Duclos et. al. 2003).

Toimitusketjun joustavuus jaetaan kuvan 2.7. mukaisesti kuuteen komponenttiin. (Duclos et. al. 2003).

- *Operations system flexibility.* Valmistuksen ja palvelutuotannon on mukauduttava trendien aiheuttamiin tuotemuutoksiin sekä tuotantovolyymiin ja tuotemixin muutoksiin.
- *Market flexibility.* Toimitusketjun on reagoitava markkinoiden heilahteluihin sekä muuttuviin asiakastarpeisiin. Läheisten asiakassuhteiden avulla voidaan suunnitella muuttuviin tarpeisiin soveltuvia tuotteita. Lisäksi tuotannossa olevia tuotteita voidaan modifioida asiakastarpeiden mukaisesti.
- *Logistics flexibility.* Yrityksen kuljetustarpeet on tuotettava kustannustehokkaasti sekä paikallisten että globaalien toimittajien ja asiakkaiden kanssa. Lisäksi materiaalinhallinnassa on huomioitava joustavuusvaatimukset.
- *Supply flexibility.* Toimittajakenttää ja toimitusketjua on muokattava jatkuvasti muuttuvien asiakastarpeiden perusteella. Kuhunkin tarpeeseen on löydettävä sopivat yhteistyökumppanit, jotka muodostavat toimittajaportfolion. Toimittajien on kyettävä vastaamaan muuttuviin volyymivaatimuksiin sekä uusiin komponentitarpeisiin.

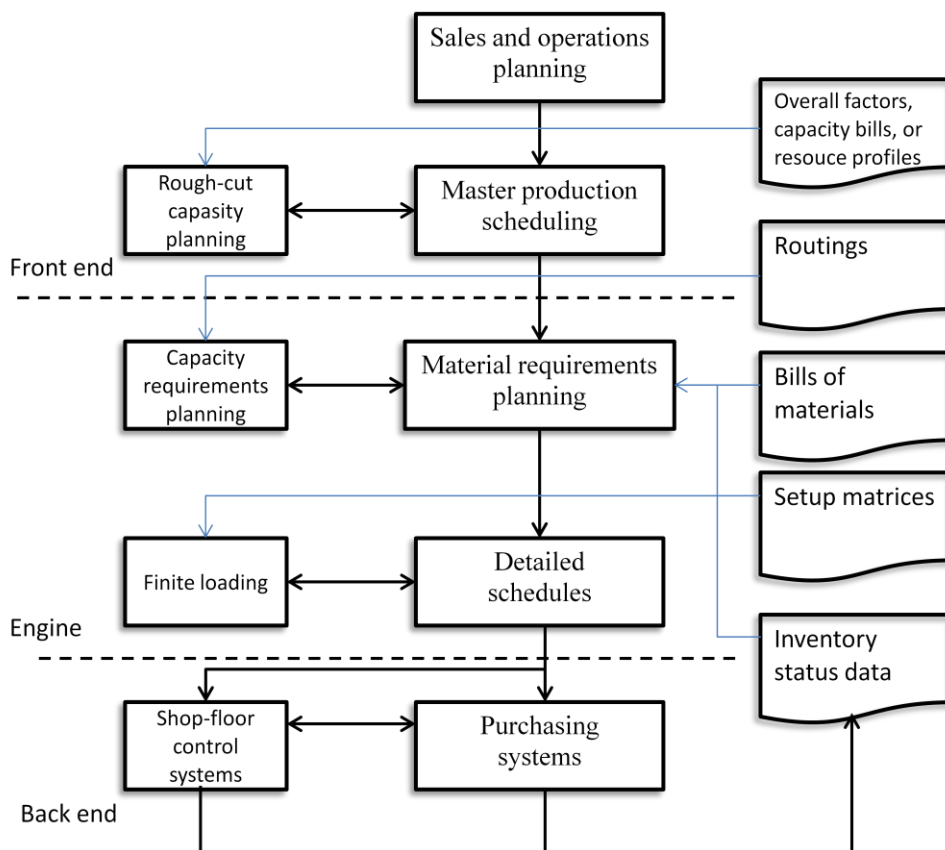
- *Organizational flexibility.* Yrityksellä on oltava käytössään tarvittava määrä oikeat taidot omaavaa henkilöstöä. Lisäksi yrityksen organisaatorakennetta on muokattava tarpeen ilmetessä.
- *Information systems flexibility.* Tarvittavan informaation on kuljettava toimitusketjun läpi tietoverkkoarkkitehtuurien sitä estämättä.

2.5. Tuotannonohjauksen vaikutukset materiaalimenekin hallintaan

Tuotannon suunnittelun tavoite on tasapainottaa kysyntä (demand) ja tarjonta (supply) ottaen huomioon materiaalien saatavuus sekä käytettävissä oleva tuotantokapasiteetti. Lisäksi tuotannon suunnittelussa on huomioitava yrityksen muut tavoitteet kuten tuottavuus. Voidaankin ajatella tuotannon suunnittelun olevan valmistavan yrityksen moottori. (Tenhiälä 2007, s.13; Saunders 2009, s.206).

2.5.1. Tuotannon suunnittelu

Hyvin yleinen tapa suunnitella ja kontrolloida tuotantoa on käyttää ajallisesti vaiheistettua materiaalin hallinnan metodia (Time-phased Materials Planning). Siinä tuotantoa suunnitellaan ja kontrolloidaan MRPII-logiikan avulla (Manufacturing Resource Planning). MRPII-logiikka on kehitetty aikaisemmin käytetyn MRP-logiikan (Material Requirements Planning) pohjalta. Kuvassa 2.8. on kuvattu yksi tapa esittää tuotannon suunnittelu MRPII-logiikan mukaisesti. Esiteltävä logiikka ei ole pelkästään teoreettinen viitekehys, vaan esimerkiksi useimmat ERP-järjestelmien tuotannonohjausmoduulit käyttävät sitä. (Tenhiälä 2007, s.15-16).



Kuva 2.8. Tuotannon suunnittelu MRP II-logiikan mukaan (Tenhiälä 2007, s.16; mukailen Vollmann et. al. 2005, s.223).

Kuvassa 2.8. vasemmanpuoleinen sarake edustaa kapasiteettisuunnittelua, keskimäinen materiaaltarpeiden suunnittelua ja oikeanpuoleinen sarake tarjoaa suunnittelussa tarvittavan informaation. Suunnitteluprosessi voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensimmäinen osa (Front end) kuvaa kuukausi- ja vuositason suunnittelua lopputuotetasolla. Mootoriosiossa (Engine) suunnittelun aikajänne on päivistä maksimissaan muutamaan kuukauteen. Siinä tehdään tarvelaskenta, jossa tuoterakenteiden avulla lopputuotteiden menekki muutetaan komponenttitarpeiksi. Alimpana (Back end) kuvataan suunnittelun aikaansaamaa toimintaa. Suunnittelussa käytettävät aikajänteet sekä käytettävät moduulit vaihtelevat yrityskohtaisesti. Jokainen yritys käyttää logiikkaa itselleen sopivimmalla tavalla. (Tenhiälä 2007, s.16-17).

Tuotannon suunnittelun on perustuttava myynnin suunnitteluun. Tuotantosuunnitelman (MPS, Master Production Schedule) taustalla onkin myynnin suunnitelmat (SOP, Sales & Operations Planning) sekä näiden vertaaminen kokonaistuotantokapasiteettiin (RCCP, Rough-cut Capacity Planning). MPS kuvaa tuotantosuunnitelman lopputuotetasolla. (Tenhiälä 2007, s.17).

MRP-laskennassa (Material Requirements Planning) lopputuotteiden tarve muutetaan komponenttitarpeiksi käyttäen tuoterakenteita (BOM) sekä tuotannon vaihemalleja.

Vaihemallien sekä tuotannon tarkemman ajoituksen avulla saadaan komponenttien todelliset tarveajat. MRP-laskenta ottaa huomioon myös materiaalien varastotasot. MRP-laskenta tehdään rajoittamattomaan kapasiteettiin. Tästä syystä MRPII-logiikka sisältää CRP-lohkon (Capacity Requirements Planning), jossa työt ajoitetaan todelliseen käytävissä olevaan kapasiteettiin. Joissakin yrityksissä on tarpeen tehdä MRP-laskentaa tarkempi tuotannon aikataulu, jolloin käytetään hienokuormitusta tuotannon kapasiteetin käyttöasteen maksimoimiseksi. MRP-laskennan sekä hienokuormituksen pohjalta ajoitetaan materiaalien ostotilaukset sekä tarvittavat tuotannon työvaiheet. (Tenhiälä 2007, s.17).

MRP-laskenta on iteroituva prosessi. Tarpeen laskennan uusimiselle aiheuttaa uusi saatavilla oleva tieto tai MRP-laskennassa esiintyneet virheet. Epätarkkuuksia MRP-laskennassa aiheuttavat muutokset asiakkaan tarpeissa, materiaalien huono laatu, varaston saldivirheet, virheet tuoterakenteissa (BOM), suunnittelumuutokset, tuotannon toteutuman ero suunnitelmaan ja toimittajien heikko toimitusvarmuus. (Vollmann et. al. 2005, s.245-246). Tuotannon ja materiaalitarpeiden uudelleenajoitus aiheuttaa ongelmia materiaalien hallinnassa. Muutokset tuotannon ajoituksessa muuttavat materiaalien todellisia tarveaikoja ja näin ollen sekoittavat myös toimittajien tuotannon ajoitusta sekä lisäävät kiiretilauksia (Van Weele 2005, s.223).

2.5.2. LEAN-tuotanto

LEAN-tuotanto määritellään tuotantomuodoksi, jossa massatuotantoa vähäisemmillä resursseilla (input) saadaan aikaiseksi massatuotantoa vastaava tulos (output). Toisaalta asiakkaalle pystytään tarjoamaan suurempi valikoima tuotteita. (McIvor 2001). Lean siis pyrkii yhdistämään kahden tuotantostrategian, differoitumisen ja kustannusjohtajuuden parhaat puolet (Van Weele 2005, s.144). Lean-tuotanto on suunniteltu tilausveitoseksi, jolloin myyntitilaus laukaisee tuotantotarpeen (Van Weele 2005, s.214). Lean-tuotanto reagoi nopeasti muutoksiin niin tilauksissa kuin toimintaympäristössään (Van Weele 2005, s.144).

Lean-ajattelun taustalla on yrityksen arvoketjun optimointi. Arvoketju sisältää oman tuotannon lisäksi yrityksen toimittajaketjut sekä asiakkaat. Arvoketjun optimointi vaatii toimimista yli perinteisten funktionaalisten tehtävien sekä yritysrajojen. (McIvor 2001). Arvoketjun alkupäässä on yrityksen toimittajaverkosto. Verkostolle ja yksittäisille toimittajille luodaan toiminnan parantamiseen tähtääviä tavoitteita. Tavoitteet voivat liittyä esimerkiksi laatuun tai toimitusaikaan. Toimittajien arvoketju koostuu kolmesta tai neljästä kerroksesta (Tier1, Tier2, Tier3). Näin ollen Lean-ajattelua toteuttava yritys pyrkii vaikuttamaan jopa oman toimittajansa toimittajaan. (Van Weele 2005, s.144).

Lean-toimitus (lean supply) alleviivaa toimittajien strategista roolia yrityksen tuotannon tehokkuuden saavuttamisessa. Minimaalisen varaston, toimitustarkkuuden sekä erinomaisen laadun saavuttamiseksi vahva yhteistyö toimittajien kanssa on välttämätöntä.

Varaston täydentäminen vaatii jatkuvien pienten erien toimittamista. Toimittajat on kiinnitettävä tuotekehitykseen ja komponenttikehitykseen jo tuotteiden suunnittelun varhaisessa vaiheessa. (McIvor 2001). Toimittajien määrän rajoittaminen mahdollistaa vahvemman yhteistyön jäljelle jäävien kanssa. Strateginen toimittajayhteistyö saattaa kuitenkin aiheuttaa yritykselle riippuvuussuhteen toimittajasta. Tällöin toimittajan vaihto ongelmatilanteissa voi osoittautua haastavaksi. Riippuvuussuhde voi syntyä myös toimittajalle asiakkaan vastatessa suurelta osin toimittajan liikevaihdosta. Toimittajan riippuvuus lisää asiakkaan ostovoimaa, mutta luo riskin koskien toiminnan pitkäjänteisyyttä. (Van Weele 2005, s.214). Strateginen toimittajayhteistyö vaatii yritykseltä avoimuutta omien toimintojensa suhteen. Yritys joutuu avaamaan tuotekehitystään sekä tuotantosuunnitelmaansa toimittajille, jotta nämä voivat avustaa sekä tuote- että prosessi-innovaatioissa sekä pystyvät varautumaan tulevaan komponenttimenekkiin. (Van Weele 2005, s.218).

2.5.2.1 LEAN-tuotanto matalan volyymin ja korkean variaatioasteen toimintaympäristöissä

Lean-tuotanto yhdistetään yleisesti yrityksiin, joilla on korkea tuotannon volyyymi, kuten autonvalmistajiin. Jina et. al. (1997) tutkii lean-tuotannon implementointia tuotantoon, jonka volyyymi on alhainen mutta tuotteiden varioinnin aste korkea (HVLV, high variety, low volume). HVLV-ympäristö määrittellään seuraavien periaatteiden mukaisesti: (Jina et. al. 1997).

- Tuotetarjonnassa on erittäin korkea varioinnin aste, mutta sekä tuotekohtainen että kokonaisvolyyymi jäävät kohtuullisiksi. Kokonaisvolyyymi on 50 – 500 kpl/vuosi.
- Tuotantomuodoksi on valittu MTO (Make-to-Order, kpl.2.5.3.). Tilauksen toimitusaika sekä sisäinen läpimenoaika on määritelty.
- HVLV-organisaatioilla on usein korkea vertikaalisen integraation aste, jotta voidaan säilyttää tuotteen ainutlaatuisuus sekä korkea varioituvuus.
- Organisaatiolla on tarve tyydyttää erilaiset asiakassegmentit ja kaupan voittamisen kriteerinä on usein juuri tietyn asiakkaan tarpeisiin sopivan ratkaisun toimitaminen.

HVLV-tuotantoa häiritsee usein normaalia lean-tuotantoa suurempi turbulenssi. Turbulenssilla tarkoitetaan variaatiota sekä epävarmuutta tuotantoprosessin inputeissa. Nämä aiheuttavat tuotannossa odottamattomia tilanteita, joiden seurauksena epäoptimaalisten toimintojen suorittaminen on välttämätöntä tuotteiden aikaansaamiseksi. Turbulenssia aiheuttavat tuotannon ajoituksen muutokset, tuotemixin ja tuotannon kokonaisvolyymin muutokset sekä tuotemuutokset varsinkin asiakkaan odottaman toimitusajan sisällä. Normaaaleissa lean-ympäristöissä korkea tuotannon volyyymi vaimentaa näiden muuttujien aiheuttamaa turbulenssia. Näin ei kuitenkaan ole HVLV-ympäristössä. Pienetkin muutokset turbulenssin aiheuttajissa vaikuttavat suoraan tuoterakenteen kautta osien

tarveaikoihin ja tuottavat tätä kautta ongelmia osien sisäisille ja ulkoisille toimittajille. (Jina et. al. 1997).

Edellä esitellyistä haasteista huolimatta Lean-tuotanto voidaan implementoida HVLV-ympäristöön. Se vaatii korkeaa materiaalien ja komponenttien monikäyttöisyyden astetta sekä moduulikokoonpanojen käyttöä. Tästä syystä tuotteiden suunnittelussa on huomioitava olemassa olevat osat ennen uuden osan suunnittelemista. Näiden huomiotta jättäminen kasvattaa nimikkeiden määrää sekä aiheuttaa ongelmia menekinhallinnassa. HVLV-ympäristöissä onkin erityisen tärkeää toteuttaa suunnittelu lean periaatteen, DFLM (Design for Logistics and Manufacture), mukaisesti. (Jina et. al. 1997).

Toinen turbulenssia vähentävä toimi on rakentaa tuotantosuunnitelma (MPS) vastamaan myyntiennusteita sekä tuotannon kapasiteettia. Todellinen myyntitilaus varaa paikan kokoonpano-ohjelmasta. Asiakkaalle luvataan toimitusaika vasta varatun ”slotin” perusteella. Ennustetun tuotteen ei tarvitse vastata täydellisesti myytyä, vaan tietty asiakaskohtainen variointi on mahdollista. Näin osakokoonpanotasoja voidaan ohjata erillään lopputuotteiden kokoonpanosta. Osakokoonpanoille voidaan luoda varmuusvarastot, jolloin lopputuotteen läpimenoaika ja toimitusaika lyhenevät. Näin voidaan vähentää tuotantosuunnitelman muutosten aiheuttamaa turbulenssia ja tasoittaa materiaalivirtoja. Tämä vaatii kuitenkin pitkälle moduloitua tuoterakennetta sekä korkeaa komponenttien monikäyttöisyyden astetta, jotta varastotasot voidaan säilyttää kohtuullisella tasolla. (Jina et. al. 1997).

Lopputuotteiden menekin hallitsemisen lisäksi lopputuotteisiin käytettävien osien sekä osakokoonpanojen menekin hallinta nousee HVLV-ympäristössä kriittiseksi. Nimikkeet voidaan jakaa Lean-periaatteiden mukaisesti kolmeen luokkaan (Runner parts, Stranger parts, Repeater parts). Runner parts-luokan nimikkeillä on tasainen ja kohtuullinen volyyymi ja näiden menekkiä voidaan hallita MRP-laskennan kautta. Stranger parts-luokan nimikkeillä on epätasainen ja matala volyyymi. Näiden nimikkeiden tuotannolle suositellaan suurempia mutta harvemmin toistuvia eriä. Nimikkeen ollessa ostettava toimittajasuhde pyritään luomaan mahdollisimman vahvaksi. Repeater parts-luokkaa kuvataan haasteellisesti hallittavaksi nimikeluokaksi. Niiden menekki on luonteeltaan jaksottaista ja menekissä esiintyy suurta heilahtelua. Repeater parts-luokan nimike asettuu menekin käyttäytymisen perusteella Runner parts- ja Stranger parts-luokkien väliin. Nämä nimikkeet pitäisi pyrkiä uudestaan luokittelemaan kahteen aiempaan luokkaan tämän ollessa mahdollista. Muuten pyritään näiden nimikkeiden tuotannon ulkoistamiseen. (Jina et. al. 1997).

HVLV-ympäristö aiheuttaa haasteita yrityksen toimittajakentässä. Pienestä volyyymistä johtuen nimikkeiden eräkoot ovat pieniä. Varioituvuuden johdosta ostettavien nimikkeiden määrä on suuri. Tuottavan toimittajasuhteen luomiseksi nimikkeiden monikäyttöisyyden asteen tulee olla korkea sekä toimittajien määrän kohtuullinen. Pienen toimit-

tajamäärän avulla toimittajakohtaista volyyymiä voidaan kasvattaa ja nimikkeiden monikäyttöisyydellä voidaan vähentää nimikkeiden määrää sekä lisätä tietyn komponentin kulutusta. Osa toimittajista luokitellaan avaintoimittajiksi, joiden kanssa pyritään jakamaan tulevaan menekkiin liittyvää riskiä. Toimintaympäristö korostaa toimittajien toimitustarkkuuden sekä korkean toimitustaajuuden merkitystä. (Jina et. al. 1997).

2.5.3. Tilauksen kytkeytymispiste

Yrityksen tuotanto voidaan luokitella tilauksen kytkeytymispisteen mukaan (OPP, Order Penetration Point). Tilauksen kytkeytymispiste tarkoittaa tuotannon arvoketjun pistettä, jossa tietty valmistettava tuote liittyy tiettyyn asiakastilaukseen. (Olhager 2003). Tuotantoa voidaan luokitella myös asiakastilauksen täyttämiseen (Order fulfillment) liittyvien prosessien kautta. Tilauksen kytkeytymispisteellä ja tuotannon reagointiajalla on usein merkittävä vaikutus asiakastilauksen saamisessa. Asiakastilauksen täyttämiseen käytettävä aika, toimitusaika, liittyy monissa valmistavissa yrityksissä asiakaskustomoinnin asteeseen. (Stevenson 2009, s.530).

Kuvassa 2.9. esitetään tilauksen kytkeytymispisteen ja valitun tuotantomuodon yhteys. Kuvassa katkoviivalla merkityt toiminnot ovat ennusteperusteisia, kun taas yhtenäisellä viivalla kuvataan tiettyyn asiakastilaukseen liittyviä toimintoja. (Olhager 2003).

Product delivery strategy	Design	Fabrication & procurement	Final Assembly	Shipment
MTS	-----	-----	-----	-----
ATO	-----	-----	-----	-----
MTO	-----	-----	-----	-----
ETO	-----	-----	-----	-----

Kuva 2.9. Tilauksen kytkeytymispisteen ja valitun tuotantomuodon yhteys (Olhager 2003).

Tehtäessä lopputuotteita varastoon puhutaan Make-to-Stock- tuotannonsta (MTS). Tuotanto perustuu myyntiennusteisiin ja lopputuotevarastotasoihin. Asiakastilaukset täytetään lopputuotevarastosta. Tällöin asiakastilauksen toimitusaika voi olla hyvinkin lyhyt. Tuotantomuoto sopii tasaisen tai ennustettavissa olevan menekin bulkkivarastuotantoon. (Stevenson 2009, s.531).

Myyntitilauksen kytkeytymisestä generoitava tuotantotilaus viittaa Assembly-to-Order-tuotantomuotoon (ATO). Tuotantomuodossa puolivalmisteita ja osto-nimikkeitä varastoidaan ennustemenetelmäperusteisesti, kun taas lopputuotteet valmistetaan vasta asiakastilauksen pohjalta (Van Weele 2005, s.211). Tällöin voidaan ajatella puolivalmistei-

den tuotantoa MTS-perusteiseksi. ATO-tuotanto sopii hyvin koneenrakennusteollisuuden, jossa kasvava trendi on ollut tuotteiden variointi asiakkaan tarpeiden mukaan. Puolivalmisteiden varastointi lyhentää merkittävästi tuotteen toimitusaikaa mahdollistaen kuitenkin lopputuotteen asiakaskohtaisen kustomoinnin. (Mohebbi & Choobineh 2005).

Make-to-Order- tuotantomuodossa (MTO) lopputuote valmistetaan raaka-aineista tai peruskomponenteista vasta asiakastilauksen pohjalta. Tuotantomuoto mahdollistaa matalamman keskeneräisen tuotannon varaston arvon (KET) kuin ATO, mutta toisaalta lopputuotteen toimitusaika kasvaa usein huomattavasti. (Van Weele 2005, s.11).

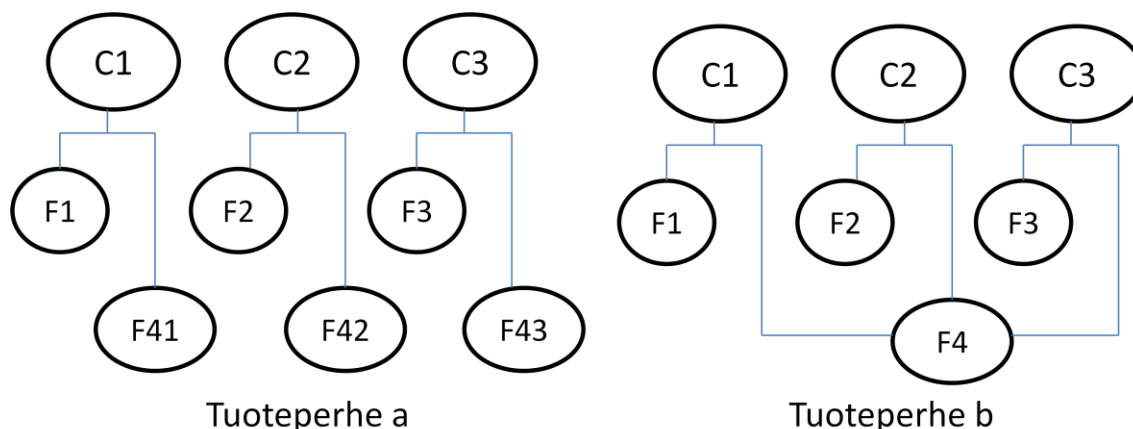
Ääripään tuotantotapa on Engineer-to-Order (ETO), jossa kaikki tuotannon toiminnot liittyvät tiettyyn asiakastilaukseen. Tällöin suunnittelu, osto ja valmistus tehdään tiettyä tilausta varten. (Van Weele 2005, s.11). Todellisuudessa yrityksen tuotantotapa on yleensä jokin hybridi edellä esiteltyjen tapojen välillä. Tiettyjä puolivalmisteita ja materiaaleja ostetaan tai valmistetaan varastoon, mutta toisaalta osa komponenteista ostetaan tai jopa suunnitellaan tiettyä myyntitilausta varten.

2.6. Tuotteiden rakenteiden ja komponenttien monikäyttöisyyden vaikutus materiaalihallintaan

Tuotteiden rakenne yhdessä tuotannon ajoituksen kanssa määrittävät tarvittavat materiaalit ja niiden tarveajan. Ongelmat ja virheet tuotteiden rakenteissa johtavat ongelmiin materiaalien hankinnassa (Van Weele 2005, s.223). Tuotantovaiheessa olevan laitteen yhteydessä havaittu rakennevirhe aiheuttaa kiiretilauksia sekä mahdollisia tuotannon viivästymisiä. Ongelmat rakenteissa johtavat myös yleiseen epävarmuuteen rakenteiden oikeellisuudesta ja näin laskevat niiden luotettavuutta (Van Weele 2005, s.223).

Tuotteiden rakenteiden yhteydessä puhutaan komponenttien monikäyttöisyydestä (component commonality, CC). Tämä tarkoittaa saman komponentin käyttöä eri tuotteissa ja tuotteen eri variaatioissa. Monikäyttöisyyden lisääminen ja tuoterakenteiden yhtenäistäminen on mahdollista, vaikka tuotteet eriävät merkittävästi toisistaan. (Mohebbi & Choobineh 2005). Monikäyttöisyydellä tai nimikkeiden standardoinnilla on merkittävä vaikutus hallittavien nimikkeiden määrään. Toisaalta riittämätön nimikkeiden standardisointi johtaa tilanteeseen, jossa nimikekirjo kasvaa ostajan kannalta hallitsemattomaksi (Van Weele 2005, s.223). Monikäyttöisten komponenttien suunnittelu saattaa lisätä komponenttien tuotantokustannuksia lisääntyneen komponentin monimutkaisuuden myötä, mutta toisaalta se vähentää nimikkeiden varastointi- ja hallintakustannuksia lisääntyneen kulutuksen myötä. Näin ollen myös komponentin menekinhallinta helpottuu. (Mohebbi & Choobineh 2005). Valmius reagoida asiakkaan esittämiin muutospyyntöihin paranee käytettäessä monikäyttöisiä komponentteja. Kuvassa 2.10. esitetään yksinkertainen esimerkki komponentin monikäyttöisyyden vaikutuksista. Esitetty tuote-

perhe a koostuu kolmesta lopputuotteesta ja kuudesta eri komponentista. Tuoteperhe b koostuu samoin kolmesta lopputuotteesta, mutta vain neljästä komponentista.



Kuva 2.10. Komponenttien monikäyttöisyyden vaikutus tuotteisiin ja tuoteperheisiin (mukailleen Mohebbi & Choobineh 2005).

Laajennettaessa ajattelua kymmeniä eri tuotteita sisältäviin tuoteperheisiin ja tuotteisiin, jotka sisältävät tuhansia eri komponentteja, ymmärretään tuoterakenteiden yhtenäistämisen potentiaali. Mohebbin ja Choobinehin (2005) simulointimallien perusteella voidaan osoittaa yleiskäyttöisten komponenttien käytön pienentävän varaston arvoa sekä kasvattavan materiaalinhallinnan palvelutasoa tuotannolle. Yleiskäyttöisten komponenttien käytön merkitys korostuu yrityksissä, joissa sekä lopputuotteiden kysyntä sekä komponenttien ostotoiminta sisältää epävarmuuksia (Mohebbi & Choobineh 2005).

Korkean komponenttien monikäyttöisyyden toimintaa tehostavat vaikutukset voidaan myös kyseenalaistaa. Bragg et. al. (2005) esittävät matalan monikäyttöisyyden asteen lisäävän palvelutasoa, koska tietty komponentti on varmemmin saatavilla sen kuullessa pienemmän lopputuotejoukon tuoterakenteeseen. Lisäksi korkean monikäyttöisyyden asteen komponentin mahdolliset saatavuusongelmat vaikuttavat laajasti tuotannon suorituskykyyn. (Bragg et. al. 2005). Benton & Krajewski (1990) eivät kiistä kommonaliteetin mahdollistamaa korkeaa palvelutasoa, mutta esittävät sen peittävän toimittajien laatu- ja toimitusvarmuusongelmia. Ongelmat eivät nouse esiin, sillä yleiskäyttöistä komponenttia bufferoidaan saatavuusongelmien varalta. (Benton & Krajewski 1990).

2.7. Materiaalimenekin ennustaminen

Päätöksentekijä tarvitsee ennustetta vain, jos päätöksentekotilanteeseen liittyy epävarmuutta. Yrityksen päätöksentekotilanteissa näin usein on. Yleisesti ennustaminen liitetään yrityksissä myynnin ennustamiseen, mutta myös jonkin muun ilmiön ennustaminen voi olla tarpeellista. Kuitenkin esimerkiksi materiaalimenekin tai kapasiteettitarpeiden ennusteet liittyvät yleensä myynnin ennusteeseen. Ennustaminen sekoitetaan usein

suunnitteluun. Suunnittelulla viitataan tavoitteisiin, kun taas ennuste viittaa tulevaisuuden tilaan. Suunnitelman sekoittaessa esimerkiksi myynnin ennusteen, siitä tulee poikkeuksetta liian positiivinen. Toisin sanoen suunnitelman tulee perustua ennusteeseen, ei toisin päin. (Armstrong 2001c, s.2).

Kirjallisuudessa esitellään runsaasti erilaisia ennustetekniikoita ja menetelmiä. Ongelmaksi nouseekin menetelmien hallitseminen ja sopivan valitseminen kulloiseenkin ennustamista vaativaan tilanteeseen. Toinen haaste liittyen ennustamiseen on tarpeellisen tiedon hankkiminen sekä sen oikeellisuuden varmistaminen. Tehtyjen havaintojen mukaan parhaiten toimivat ennustemenetelmät ovat yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä. Varsinkin lyhyen tai keskipitkän aikavälin ennusteita luotaessa ennustetarkkuudessa ei olla havaittu suurta eroa vertailtaessa monimutkaisia ja yksinkertaisia menetelmiä. (Vollmann et. al. 2009, s.32).

Ennustemenetelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan, kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset ennustemenetelmät. Kvalitatiiviset tai harkinnanvaraiset menetelmät perustuvat kokeneiden henkilöiden näkemyksiin tulevasta. Kvantitatiiviset menetelmät käyttävät historiatietoa tulevaisuuden ennustamisessa. Myös kausaaliset ennustetekniikat luetaan kvantitatiivisten menetelmien joukkoon. Ne pyrkivät selittämään ilmiötä tiettyjen muuttujien avulla. (Stevenson 2009, s.77).

Lean-tuotannon periaatteisiin kuuluu toimittajien juuri oikeaan tarpeeseen (JIT) toimitaminen ja ennusteajakänteiden voimakas lyhentäminen. Tällöin materiaalimenekin ennustetarve siirretään toimittajien myynnin ennustamisen vastuulle. (Armstrong 2001c, s.2). Asiakas voi kuitenkin merkittävästi vaikuttaa toimittajien toimitusvarmuuteen olemalla avoin tulevien tarpeidensa kanssa (Van Weele 2005, s.208).

2.7.1. Kvalitatiiviset ennustemenetelmät

Kvalitatiivisia ennustemenetelmiä käytetään, jos historiatietoa ei ole saatavilla tai ennustettavan ilmiön arvioidaan muuttuvan tulevaisuudessa. Esimerkiksi uuden tuotteen myynnin ennuste perustuu lähinnä arvioihin potentiaalisesta menekistä.

Henkilökohtainen eli subjektiivinen ennuste perustuu ennustajan henkilökohtaiseen näkemykseen ennustettavasta ilmiöstä. Subjektiivinen menetelmä on helppo ja resursseja vähän vaativa ennustetekniikka. Toisaalta sitä voidaan pitää kohtalaisen epäluotettavana ennustemenetelmänä. Ennusteeseen saattaa muodostua virhettä yksilön henkilökohtaisten motiivien, optimismin, toiveikkaan ajattelun, johdonmukaisuuden puutteen tai jonkin muun syyn johdosta. Subjektiivisen ennusteen voidaan ajatella sisältävän ennusteen, toteuman sekä ennustevirheen. Henkilökohtaista ennustetta käytetään yleisesti jonkin kvantitatiivisen ennustetekniikan tukena, jolloin henkilökohtainen näkemys voi parantaa ennustetarkkuutta. (Maines 1996; Sanders & Ritzman 2001).

Ryhmäennusteella voidaan vähentää mahdollista subjektiivisen ennusteen epävarmuutta. Ryhmäennusteessa monen ihmisen mielipiteestä muodostetaan yksi ennuste. Ennusteessa jokaisella ryhmän jäsenen mielipiteellä voi olla samanarvoinen painoarvo tai eri jäsenten ennusteita voidaan painottaa tietyllä kertoimella. Jonkun ryhmän jäsenen dominoiva asema tai mielipide saattaa vaikuttaa tehtävän ennusteen tarkkuuteen negatiivisesti. (Maines 1996).

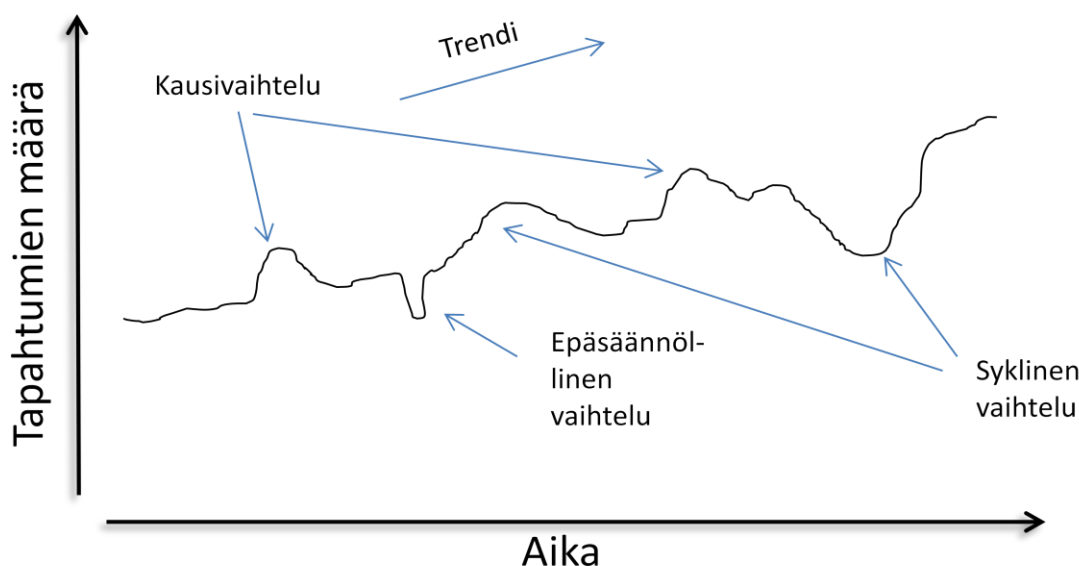
Delphi-ennustemenetelmä on kvalitatiivinen, lähinnä pitkän aikavälin ennustamiseen tarkoitettu ryhmäennustetekniikka, joka perustuu alansa ammattilaisten kollektiiviseen näkemykseen ennustettavasta ilmiöstä. Tekniikassa kerätään anonyymisti eri ammattilaisten mielipiteet yhteen, jonka jälkeen näitä käsitellään ryhmässä. Mielipiteiden ääri-laidat karsiutuvat, jolloin tietyn henkilön tai mielipiteen dominointi estyy. Tekniikkaa voidaankin luonnehtia iteroituvaksi prosessiksi, jossa ryhmän jäsenet päätöksenteon avustamisen lisäksi myös itse oppivat muilta ryhmän jäseniltä. Menetelmä on suhteellisen vähän resursseja vaativa ja sillä on ryhmän jäseniä motivoiva vaikutus. Ryhmässä tehtävä päätöksenteko edistää oikeiden päätösten tekemistä ja sitouttaa ryhmän jäsenet yhteisen päätöksen taakse. Delphin puutteena saatetaan nähdä puutteellisen metodologian tai puutteellisten haastattelukysymysten käyttö. Ryhmän jäsenien mielipiteeseen saattaa vaikuttaa heidän omat tavoitteensa tai ryhmän tavoitteet, ja näin ollen tehtävä ennuste vääristyy ja muistuttaa enemmän tavoiteasetantaa. Myös väärin valitut ammattilaiset voivat johtaa virheelliseen ongelman tulkintaan ja päätökseen. (Gupta & Clarke 1996).

2.7.2. Kvantitatiiviset ennustemenetelmät

Aikasarja tarkoittaa tasaisin väliajoin tehtyä havaintoa ennustettavasta ilmiöstä kuten esimerkiksi jonkin nimikkeen menekistä. Aikasarjoista saatavaan tietoon perustuvat ennustetekniikat olettavat tulevaisuuden tapahtumien perustuvan vähintään tietyllä tarkkuudella menneisyyteen. Menneisyyden tapahtumien perusteella voidaan estimoida tulevaisuutta. Aikasarjatekniikat eivät ota kantaa muuttujiin, jotka vaikuttavat tutkittavan tapahtuman syntyyn. Aikasarjoja pyritäänkin mieluummin tutkimaan ilmiön taajuudesta piirrettyjen kuvaajien avulla. Aikasarjojen tutkimiseen liitetään viisi mahdollisesti havaittavissa olevaa ilmiötä. Kuvassa 2.11. visualisoidaan näitä ilmiöitä. (Stevenson 2009, s.78-79).

- Trendi kuvaa pitkän aikavälin muutosta tapahtumien yleisyydessä. Trendi voi olla nouseva tai laskeva.
- Kausivaihtelu kuvaa lyhyemmän aikavälin jaksottain tapahtuvaa muutosta. Kausivaihtelu viittaa usein tiettyinä aikoina ilmenevään muutokseen tapahtumien määrässä. Esimerkiksi jokasyksyinen sateenvarjojen menekin kasvu voidaan selittää kausivaihtelun avulla.

- Syklisellä vaihtelulla tarkoitetaan pidemmän aikavälin (yli vuosi) aaltomaisia muutoksia tutkittavassa ilmiössä. Muutokset voidaan liittää esimerkiksi talouden heilahteluihin.
- Epäsäännöllinen vaihtelu viittaa johonkin epätavalliseen ilmiöön, joka vaikuttaa tutkittavan ilmiön tapahtumien määrään.
- Tutkittavassa ilmiössä esiintyy aina satunnaisvaihtelua, jota ei voida selittää millään yllä olevista ilmiöistä. Se ilmenee pienenä heilahteluna tapahtumien määrässä.



Kuva 2.11. Aikasarjoista havaittavissa olevat ilmiöt. (mukaillen Stevenson 2009, s.80).

Toinen tapa kuvata aikasarjoja on Mentzerin et. al. (2007) esittämät neljä aikasarjoihin liittyvää ilmiötä. Aikasarjan malli koostuu tasosta (level), trendistä (trend), kausittaisuudesta (seasonality) sekä kohinasta (noise). Taso kuvaa ilmiön horisontaalista tasoa ilman muita ilmiöitä. Trendi on jatkuva muutos ilmiön tasossa. Kausivaihtelu on ilmiössä toistuvasti esiintyvä vaihtelu ja kohina kuvaa ilmiön satunnaisvaihteluita. (Mentzer et. al. 2007).

2.7.2.1 Ekstrapolaatio

Aikasarjatekniikalla toteutettavista ennusteista yksinkertaisin ja erittäin yleisesti käytetty on ekstrapolaatioon perustuva ennuste (ns. naiivi ennuste). Siinä edellisen jakson toteumaa käytetään seuraavan jakson ennusteena. Ennusteeseen voidaan ottaa huomioon ilmiössä tapahtuva trendimäinen vaihtelu korjaamalla ennustetta kahden edellisen jakson tapahtumien määrän erotuksella. Taulukossa 2.1. esitetään esimerkki trendin huomioon ottavasta ennusteesta. (Stevenson 2009, s.79).

Taulukko 2.1. Ekstrapolaatioon perustuva ennuste. (mukaillen Stevenson 2009, s.79).

Jakso	Toteutunut määrä	Muutos ed. jaksosta	Ennuste
t-2	20		
t-1	24		
t		+4	24 + 4 = 28

Ekstrapolaatioon perustuva ennustetekniikka on erittäin helppokäyttöinen eikä sen käyttö vaadi juurikaan resursseja tai lähtötietoja. Toisaalta tekniikka saattaa yksinkertaistaa ilmiötä liikaa eikä sillä välttämättä päästä riittävään ennustetarkkuuteen. Ennustemenetelmä sopii tasaisesti keskiarvon ympärillä vaihtelevien ilmiöiden ennustamiseen. Jos sillä ennusteella saavutetaan riittävä ennustetarkkuus, ei ole perusteltua valita raskaampia ja enemmän resursseja vaativia ennustetekniikoita. (Stevenson 2009, s.79).

Ekstrapolaatioon perustuva ennuste reagoi aggressiivisesti jokaiseen muutokseen tutkittavassa ilmiössä. Muutosten johtuessa satunnaisvaihtelusta niiden vaikutusta ennusteseen halutaan vähentää. Tästä syystä käytetään keskiarvoistavia ennustetekniikoita kuten liukuva keskiarvo, painotettu liukuva keskiarvo ja eksponentiaalinen tasoitus. Keskiarvoistavat tekniikat toimivat parhaimmillaan runsaasti vaihtelevan ilmiön ennustamisessa. (Stevenson 2009, s.79-81).

2.7.2.2 Liukuva keskiarvo

Liukuva keskiarvo ottaa huomioon valitun määrän edellisten jaksoiden toteumia, jotta viimeisin toteuma ei vaikuta ennusteessa hallitsevana. Ennustetekniikassa valittujen jaksoiden toteumat lasketaan yhteen ja jaetaan tarkasteltavien jaksoiden määrällä. Näin saadaan seuraavan jakson ennuste. Saatava ennuste toimii myös myöhempien jaksoiden ennusteena. (Stevenson 2009, s.80-81; Vollmann et. al. 2009, s.34).

$$F_t = MA_n = \frac{\sum_{i=1}^n A_{t-i}}{n} = \frac{A_{t-n} + \dots + A_{t-2} + A_{t-1}}{n} \quad (2.1)$$

F_t = Ennuste jaksolle t

MA_n = n jakson liukuva keskiarvo

A_{t-1} = Jakson $t-1$ toteuma

n = Tarkasteltavien jaksoiden määrä

Liukuvan keskiarvon käyttäminen ja ymmärtäminen on helppoa. Tarkasteltavien jaksoiden määrää voidaan muuttaa tarkasteltavan ilmiön mukaan. Yleisesti voidaan ajatella lähimenneisyyden toteumien kuvaavan paremmin nykytilaa sekä lähitulevaisuutta ja näin ollen suositellaan käytettäväksi muutamaa viimeisintä havaintoa. Liukuva keskiarvo pitää kaikkia tarkasteltavia jaksoja yhtä merkityksellisinä. Jos halutaan painottaa uudempien jaksoiden toteumia, voidaan käyttää painotetun liukuvan keskiarvon ennustetekniikkaa. Tekniikka vastaa liukuvan keskiarvon tekniikkaa, mutta siinä jokaisen jak-

son toteuma kerrotaan valitulla painokertoimella. Painokertoimien summan täytyy olla yksi. (Stevenson 2009, s.81-83; Vollmann et. al. 2009, s.33-34).

$$F_t = w_{t-1}(A_{t-1}) + w_{t-2}(A_{t-2}) + \dots + w_{t-n}(A_{t-n}) \quad (2.2)$$

$$w_{t-1} + w_{t-2} + \dots + w_{t-n} = 1 \quad (2.3)$$

F_t = Ennuste jaksolle t

w_t = Jakson t painokerroin

A_{t-1} = Edellisen jakson toteuma

Painotetun liukuvan keskiarvon tekniikan etuna on viimeisimpien muutosten painotettu huomioiminen ennusteessa. Toisaalta painokertoimien määrittäminen on usein tehtävä kokeilemalla. (Stevenson 2009, s.83).

2.7.2.3 Eksponentiaalinen tasoitus

Eksponentiaalinen tasoitus on edellisiä hienostuneempi painotetun keskiarvon ennustetekniikka. Siinä jokainen ennuste perustuu edelliseen ennusteeseen sekä siinä ilmenneeseen ennustevirheeseen. Ennustevirheen vaikutusta ennusteeseen tasoitetaan valittavalla painokertoimella. Painokerroin edustaa ennustevirheen prosentuaalista vaikutusta ennusteeseen. Mitä pienempää prosenttiosuutta käytetään korjaamaan ennustevirhettä, sitä vähemmän ennuste mukautuu muutoksiin ja sitä suurempi on tekniikan tasoittava vaikutus. Toisaalta annettaessa suurempi painoarvo ennustevirheen korjaukselle ennuste seuraa aggressiivisemmin muutoksia. (Stevenson 2009, s.83; Vollmann et. al. 2009, s.35). Yksi eksponentiaalisen tasoituksen eduista on sen ominaisuus huomioida monen edellisen jakson toteumat ja ennusteet ilman niiden suoraan vaikutusta ennustekaavassa (Vollmann et. al. 2009, s.34).

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2.4)$$

F_t = Ennuste jaksolle t

F_{t-1} = Edellisen jakson ennuste

α = Ennustevirheen painokerroin

A_{t-1} = Edellisen jakson toteuma

Painokertoimen määrittäminen tapahtuu kokeilemalla tai simuloimalla parasta arvoa. Tavallisesti käytetään arvoja 5%-50%. Painokertoimen määrittäminen on kompromissi muutoksiin reagoimisen ja satunnaisvaihtelun huomiotta jättämisen välillä. Tavallisesti pientä painokerrointa käytetään stabiilien ilmiöiden ennustamisessa ja suurempaa painokertoimen arvoa, kun ilmiölle on luonnollista vaihdella merkittävästi. Mitä suurempaa painokerrointa käytetään, sitä uudempia havaintoja ennustemenetelmä painottaa. (Stevenson 2009, s.83-84; Vollmann et. al. 2009, s.36).

Eksponentiaalista tasoitusta käytettäessä voidaan huomioida ilmiössä havaittu trendi. Trendiavustettu eksponentiaalinen tasoitus antaa normaalia eksponentiaalista tasoitusta tarkemman ennusteen, kun ilmiö ei vaihtele keskiarvon ympärillä vaan toteumien arvot kasvavat tai vähenevät lineaarisesti. Trendillä korjattu eksponentiaalisen tasoituksen ennuste (TAF, Trend Adjusted Forecast) voidaan muodostaa seuraavalla yhtälöllä. (Stevenson 2009, s.89; Andreassen & Kraus 1990).

$$F_{t(m)} = F_t + mT_t \quad (2.5)$$

F_t = Jakson ennuste ilman trendin vaikutusta

T_t = Havaitun trendin estimaatti

m = Halutun tulevan jakson ennuste

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)(F_{t-1} - T_{t-1}) \quad (2.6)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.7)$$

β = Trendin vaikutuksen tasoituksen kerroin

Kuten ennustevirheen painokerroin, myös trendin vaikutuksen tasoituksen kertoimen arvo on määritettävä kokeilemalla. (Stevenson 2009, s.89).

2.7.2.4 Satunnaisen menekin ennustaminen

Satunnaista menekkiä (sporadic or intermittent demand) esiintyy usein esimerkiksi varaosien myynnin yhteydessä. Sillä tarkoitetaan menekin käyttäytymismallia, jossa esiintyy yksittäisiä suuriakin menekkieriä tietyillä jaksoilla, mutta toisaalta jaksoja, jolloin menekkiä ei esiinny lainkaan. Tällöin perinteiset aikasarjoihin perustuvat ennustemenetelmät saattavat tuottaa suuriakin ennustevirheitä niiden menekkiä keskiarvoistavan luonteen johdosta. Lisäksi menekin nollajaksoit vaikuttavat aggressiivisesti perinteisillä menetelmillä luotaviin ennusteisiin. Myöskään harkinnanvaraisilla tekniikoilla ei pystytä ennustamaan yksittäisiä menekkipiikkejä. (Stadtler & Kilger 2005, s.151).

Satunnaisen menekin ennustamiseen on luotu oma ennustemenetelmänsä, joka koostuu kahdesta erillisestä tekijästä: Menekiltään positiivisten jaksojen esiintymistaajuudesta ja esiintyvien menekkipiikkien suuruudesta. (Stadtler & Kilger 2005, s.151). Esiteltävä ennustemenetelmä olettaa, että perättäisten nollajaksojen määrä sekä menekkipiikin suuruus ovat tuntemattomia muuttujia. Saatavaa ennustetta käytetään täydennyserien ajoituksen ja suuruuden määrittämiseen. Täydennyserän ennustettava suuruus ja menekin nollajaksojen määrä lasketaan seuraavasti: (Schultz 1987).

$$\widehat{D}_t = aD_t + (1 - a)\widehat{D}_{t-j} \quad (2.8)$$

$$\hat{n}_t = bj + (1 - b)\hat{n}_{t-j} \quad (2.9)$$

\hat{D}_t = Päivitetty keskiarvo menekkierän suuruudesta, jos $D_t > 0$.

D_t = Havaitun menekkierän suuruus.

a = Tasoituskerroin menekkierien suuruuden vaihelulle.

\hat{D}_{t-j} = j jaksoa sitten laskettu menekkiennuste, missä j on nollajaksojen määrä transaktioiden välillä.

\hat{n}_t = Päivitetty keskiarvo nollajaksojen määrästä menekkitransaktioiden välillä.

b = Tasoituskerroin nollajaksojen määrän vaihtelulle.

\hat{n}_{t-j} = Edellinen ennuste nollajaksojen määrästä.

Esitellyillä yhtälöillä epäsäännöllisen menekin ennuste päivitetään aina, kun ilmenee menekkitransaktio eli $D_t > 0$. Kuten eksponentiaalisen tasoituksen ennustemenetelmä iteroituvasti toteutettava satunnaisen menekin ennustemenetelmä säilyttää ennusteessa pitkän aikavälin toteumatietoa vähäisellä määrällä ennusteessa käytettävää dataa. (Schultz 1987).

2.7.3. Ennustetarkkuus

Ennustetarkkuuden mittaaminen on ennustamiseen kiinteästi kuuluva osa, koska ilman mittaamista ei ennustemenetelmiä pystytä arvioimaan ja kehittämään. Ennustetarkkuutta voidaan mitata ennusteen keskivirheellä (bias) summaamalla jaksojen ennustevirheet ja jakamalla tulos jaksojen määrällä. Pelkän keskivirheen laskemisessa törmätään helposti tilanteeseen, jossa positiiviset ja negatiiviset virheet kumoavat toistensa vaikutukset. Tällöin ennustetarkkuus tulkitaan todellisuutta paremmaksi. (Vollmann et. al. 2009, s.37)

Todenmukaisempia tuloksia ennustetarkkuudesta antavat yleisesti käytetyt mittarit keskiarvon absoluuttinen poikkeama (MAD, mean absolute deviation), keskiarvon neliöity virhe (MSE, mean squared error) ja keskiarvon absoluuttinen prosentuaalinen virhe (MAPE, mean absolute percent error). (Stevenson 2009, s.75-76).

$$MAD = \frac{\sum |Actual_t - Forecast_t|}{n} \quad (2.10)$$

$$MSE = \frac{\sum (Actual_t - Forecast_t)^2}{n-1} \quad (2.11)$$

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|Actual_t - Forecast_t|}{Actual_t} * 100}{n} \quad (2.12)$$

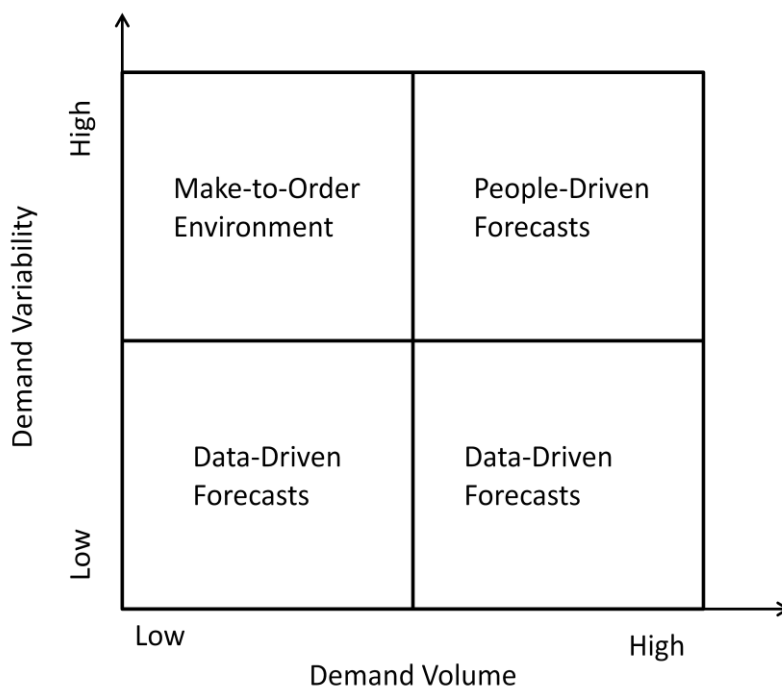
Ennustemittareista MAD painottaa kaikkia virheitä yhtä paljon. MSE painottaa suuria virheitä ja MAPE painottaa virheitä suhteellisesti. Suhteellisella virheiden painottamisella viitataan esimerkiksi tilanteeseen, jossa 5kpl virhe 10kpl ennusteessa on suuri, mutta 1000kpl ennusteessa merkityksetön. (Stevenson 2009, s.76-77).

2.7.4. Ennustemenetelmän valitseminen

Sopivan ennustemenetelmän valitsemiseksi voidaan tarjota muutamia yleispäteviä ohjeita. (Armstrong 2001b).

- Kun käytössä on riittävästi tietoa, kvantitatiivisten menetelmien voidaan olettaa olevan kvalitatiivisia menetelmiä tarkempia.
- Kun odotettavissa on suuria muutoksia, kausaaliset menetelmät ovat naiiveja menetelmiä parempia varsinkin pitkän aikavälin ennustamisessa.
- Yksinkertaisia menetelmiä voidaan suositella, sillä tarkkuuden lisäksi hyvän ennustemenetelmän kriteereiksi nousevat helppokäyttöisyys ja menetelmän ymmärrettävyys. Lisäksi yksinkertaiset menetelmät ovat halvempia ja usein vähemmän väärässä kuin monimutkaiset menetelmät.
- Käytettäessä harkinnanvaraisia menetelmiä, menetelmä pitää olla strukturoitu. Näin varmistetaan menetelmän kommunikoitavuus, kehitettävyys sekä ennustetarkkuuden mittaaminen.
- Menetelmän valitseminen pitää perustua ymmärrykseen ennustettavasta ilmiöstä sekä ennustetilanteesta.

Croxton et. al. (2002) painottavat ennustemenetelmän valinnassa ennusteympäristöä. Heidän mukaansa myynnin ennustamiseen vaikuttavat tuotteiden menekin volyyymi sekä vaihtelevuus. Kuvassa 2.12. esitetään ennusteympäristön vaikutus käytettävään lähestymistapaan ennustemenetelmää valittaessa. (Croxton et. al. 2002).



Kuva 2.12. Menekin ennustamisen ympäristö ja käytettävät ennustemenetelmät. (Croxtton et. al. 2002).

Kvantitatiivisia menetelmiä suositellaan tuotteille, joiden menekki ei vaihtelee merkittävästi. Esiintyessä runsaasti menekin vaihtelua ennuste vaatii harkinnanvaraisten tekniikoiden käyttöä. Tuotteille, joilla on pieni menekki, mutta suuri menekin vaihtelu ehdotetaan MTO-tuotantoympäristöä. Tällöin menekin ennustaminen siirtyy tuotteiden komponenttien sekä raaka-aineiden hankinnan vastuulle. (Croxtton et. al. 2002).

2.7.5. Ennusteiden yhdistäminen

Eri ennustemenetelmiä yhdistämällä voidaan saavuttaa tarkempia ennusteita kuin käyttämällä yhtä ennustemenetelmää. Ennustemenetelmien yhdistämisellä tarkoitetaan ennemminkin eri menetelmien vertailua kuin niiden varsinaista yhdistämistä. Vertailua suositellaan käytettäväksi erityisesti ennustetilanteissa, joihin sisältyy suuri määrä epävarmuutta. Yhdistettäessä eri ennusteita niille annetaan tietyt painoarvot lopullisesta ennusteesta. Yhteneviä painoarvoja suositellaan, jos ei voida osoittaa tietyn ennusteen tarkkuutta tai epävarmuutta. Yhdistämisellä on todettu saatavan tarkempia ennusteita kuin sen sisältämällä tarkimmalla ennustemenetelmällä. Yhdistämisellä voidaan myös välttää suuret ennustevirheet. (Armstrong 2001a).

Toinen tapa yhdistää ennusteita on avustaa tiettyä ennustemenetelmää toisella. Tällöin yleensä käytettävän kvantitatiivisen menetelmän antamaa ennustetta tarkastellaan käyttäen kvalitatiivista menetelmää, kuten subjektiivista harkintaa. Historiatietoon pohjautuva ennuste antaa aina saman ennusteen tietyillä lähtöarvoilla ja se pystyy käsittelemään suurenkin määrän lähtötietoa. Toisaalta dataan pohjautuva ennuste on vain niin

hyvä kuin ennusteeseen käytetty tieto. Harkintaan perustuva ennuste voi olla virheellinen johtuen ennustajan vääristyneistä käsityksistä, mutta toisaalta ennustajalla voi olla tietoa, jota historia ei voi selittää. Näin ollen on luonnollista avustaa tai korjata datapohjaista ennustetta harkinnalla. (Sanders & Ritzman 2001).

Historiatietoon pohjautuvaa ennustetta voidaan korjata, kun olemassa on tietoa, jota ennustemenetelmä ei ota huomioon, ennustetilanteeseen sisältyy merkittävää epävarmuutta tai ennusteympäristöön on oletettavissa muutoksia. Ennusteen korjaamiselle pitää olla oma prosessinsa ja tehtävät toimet on voitava dokumentoida toimenpiteiden onnistumisen mittaamiseksi. (Sanders & Ritzman 2001).

2.7.6. Ennustettavuus

Kaikkia ilmiöitä ei voida ennustaa perustuen historian toteumatietoon. Ennustamisessa suurin ongelma liittyy menekin heilahteluun. Menekin ennustettavuutta tarkasteltaessa käytetään yleisesti sen keskihajontaa. Milliken (2006) mukaan tutkimalla menekin keskihajonnan ja keskimääräisen käytön suhdetta voidaan paremmin arvioida ennustettavuutta. Vaihtelun kerroin (Coefficient of Variation, COV) määritetään seuraavasti. (Milliken 2006).

$$COV = \frac{\text{Keskihajonta}}{\text{Keskiarvo}} \quad (2.13)$$

Vaihtelun kerroin on sitä suurempi, mitä enemmän vaihtelua menekissä on. Kertoimen kasvaessa ennustaminen vaikeutuu ja sen luotettavuus kärsii. Ennustettavuuden raja on asetettu seuraavasti: (Milliken 2006).

- $COV < 0,8$. Menekki on ennustettavissa. Valitaan ilmiölle parhaiten sopiva ennustemenetelmä.
- $COV > 0,8$. Menekki ei ole ennustettavissa. Pyritään löytämään muita tapoja menekinhallintaan.

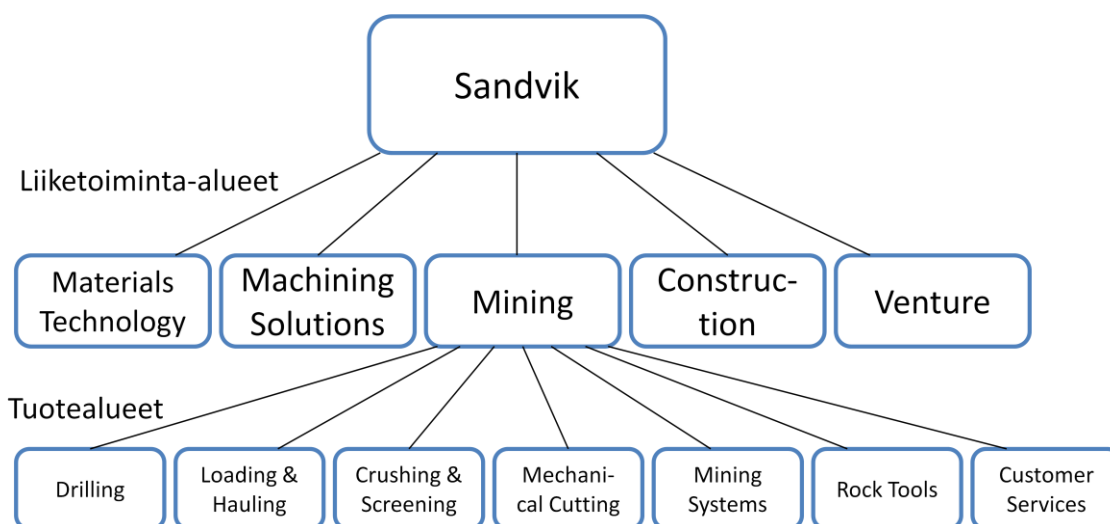
Pyrittäessä ennustamaan menekkiä, jonka kerroin on suurempi kuin 0,8, päädytään yleisesti epätarkkoihin ennusteisiin. Luotettaessa tällaisiin ennusteisiin aiheutetaan yleensä vain lisää ongelmia menekin sekä varaston hallinnalle. Poikkeuksena asetetulle rajalle voidaan pitää ilmiöitä, joissa esiintyy vahvaa kausiluontoisuutta. Tällöin kausittainen vaihtelu on huomioitava tehtävässä ennusteessa. (Milliken 2006).

3. YRITYS JA SEN NYKYTILA

Yritystä ja sen nykytilaa käsittelevässä osiossa käydään läpi Sandvik yrityksenä sekä tarkastellaan niitä sen toimintoja lähemmin, jotka ovat tutkimuksen kehityksen kohteena tai jotka on otettava tutkimuksessa huomioon. Luvussa tarkastellaan oston ja hankinnan nykytilaa sekä oston luomia menekkiennusteita. Lisäksi arvioidaan tuotannon suunnittelun sekä tuoterakenteiden yhteyttä nimikkeiden menekinhallintaan. Sandvikin toimittajakenttä ja toimittajien toimitusvarmuuteen liittyvät seurantaraportit esitellään. Luvussa pohditaan suunnittelun integroitumista tuotannon toimintoihin sekä esitellään työn aihepiiriin tehty kehitysprojekti.

3.1. Yritysesittely

Sandvik on ruotsalainen korkean teknologian materiaalinkäsittelytuotteisiin, kaivosteollisuuteen ja metallintyöstökoneissa käytettäviin erikoistyökaluihin sekä näihin liittyviin palveluihin erikoistunut maailmanlaajuisesti toimiva konserni. Se on ulottanut toimintansa yli 130 maahan. Kuvassa 3.1. esitetään vuonna 2012 voimaan tulleen organisatiomuutoksen mukaiset viisi liiketoiminta-aluetta. Mining-liiketoiminta-alue jakautuu edelleen seitsemään eri tuotealueeseen. (Sandvik intra 2012).



Kuva 3.1. Sandvik-konserni (mukaillen Sandvik intra 2012).

Mining-liiketoiminta-alueen henkilöstön määrä on noin 13 200 ihmistä ja vuoden 2011 liikevaihto oli 32 200 MSEK. Sandvik Mining on maailman johtava kaivosteollisuuden

toimittaja. Se tarjoaa tekniset ratkaisut, laitteet sekä palvelut kaivosteollisuuden tarpeisiin. (Sandvik intra 2012).

Tampereen Myllypuron tehdas jakautuu kahteen erilliseen tuotantolinjaan. Underground-tuotanto (UG) valmistaa maan alla toimivia kovan kiven porauslaitteita sekä tunnelin vahvistamiseen tarkoitettuja laitteita. UG-tuotanto jakautuu kaivoslaitteisiin (UM, Underground mining) sekä urakointiteollisuuden laitteisiin (CT, Construction tunneling). UM-laitteet kuuluvat *Mining*-segmentin *Drilling* tuotealueen alle. CT-laitteet kuuluvat *Construction* liiketoiminta-alueen alle. Tehtaan toinen erillinen tuotantolinja (SF, Surface) valmistaa maan pinnalla toimivia poralaitteita. Suurin osa SF-linjan tuotteista on tarkoitettu urakointiteollisuuteen, mutta pintalaitelinja valmistaa myös avolouhoksiin tarkoitettuja kaivoslaitteita. Tuotannon lisäksi Myllypuron tehtaalla sijaitsee muita toimintoja kuten tutkimus sekä tuotteiden suunnittelu. (Sandvik intra 2012). Kuvassa 3.2. on tyypillinen UG-tuotannon valmistama tunnelinporauslaite.



Kuva 3.2. Tunnelijumbo (Sandvik intra 2012).

Tuotanto Tampereen tehtaalla on keskittynyt poralaitteiden loppukokoonpanoon. Suurin osa sekä UG:n että SF:n käyttämien nimikkeiden ja osien valmistuksesta on ulkoistettu. Myös moduulikokoonpanoa ja laitteiden loppukokoonpanoa on siirretty alihankintaverkostoon tuotantokapasiteetin lisäämiseksi. Poralaitteiden tärkeimmän osan, porakoneen, valmistus nähdään yhtenä yrityksen erityisosaamisena ja se halutaan säilyttää Tampereen tehtaalla.

3.2. Osto ja hankinta

3.2.1. Materiaalimenekin ennustaminen

Sandvikin UG-tuotanto ennustaa toimittajille materiaalien menekkiä kahdella tavalla. Automaattisesti laiterakenteiden ja tuotanto-ohjelman avulla generoituva bruttotarvelista

antaa toimittajille tietyin varauksin materiaalimenekin ennusteen. Ostajat luovat tietyille toimittajille omaa nimikohtaista ennustetta. Tarve toimittajakohtaiselle manuaalisesti muodostettavalle ennustelle voi olla toimittajalähtöistä tai se voi liittyä Sandvikin näkemykseen ennusteen toimitusvarmuutta nostavasta vaikutuksesta. Pääsääntöisesti ns. käsiennusteita kuitenkin tehdään tarvittavien materiaalien saatavuuden varmistamiseksi.

3.2.1.1 Bruttotarvelista

Myyntiennusteista ja -tilauksista generoidaan tuotantosuunnitelma, joka johdetaan materiaalien menekiksi käyttäen laitteiden ennuste- ja valmistusrakenteita. Tuotantosuunnitelman muodostumista ja tuotteiden rakenteita käydään tarkemmin läpi kappaleessa 3.3. Nimiketasolle purettu tuotantosuunnitelma muodostaa materiaalien menekin ennusteen, bruttotarvelistan. Osa toimittajista pääsee tarkastelemaan bruttotarvelistaa Sandvikin toimittajille suunnatun portaalin kautta. Kuvassa 3.3. esitetään esimerkki käytetystä bruttotarvelistasta. Siitä toimittaja näkee viikkokohtaisten nimiketarpeiden lisäksi nimikkeen tämän hetkisen varastosaldon, tilatun määrän sekä jättämän nimikkeen käytössä.

Toimittaja 1 21.04.2012
Bruttotarvelista

vko

Nimike	Saldo	Tilattu	Jättämä	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55000111	23	10	0	0	1	5	4	2	6	8	4	2	3	4	5
55000112	8	2	5	0	1	2	0	1	0	2	1	3	0	2	1
55000113	5	1	3	1	2	3	1	3	2	5	2	4	2	1	3
55000114	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1

Kuva 3.3. Esimerkki bruttotarvelistasta.

Bruttotarvelistan tarkkuutta ja luotettavuutta heikentävät muutokset tuotantosuunnitelmassa ja tuotteiden rakenteissa. Tuotantosuunnitelmaan liittyvät epävarmuuden lähteet ovat myyntiennusteiden ja -tilausten toteuma, virhearviot luotaessa myyntiennusteista tuotantosuunnitelmaa sekä aiotun tuotantosuunnitelman toteuma. Nämä epävarmuuden lähteet muuttavat lähinnä nimikkeiden tarveaikoja.

Kriittisempi virhelähde bruttotarvelistaan muodostuu tuotteiden rakenteiden epävarmuudesta. Tuotantosuunnitelmassa oleviin ennustelaitteisiin liitetään ennusterakenne, joka on tietyn laitetyypin standardispesifikaatio. Standardispesifikaatio ei sisällä tuotteen sähkörakenteita eikä siihen valittavia optioita. Asiakkaan valitsemat laiteoptiot ja laitteen toimitusmaa vaikuttavat kokonaisvaltaisesti tuotteen valmistusrakenteeseen.

Optioilla on suurin vaikutus laitteen hydraulikomponentteihin ja teräsrakenteisiin. Toimitusmaassa käytettävä jännitealue sekä valitut optiot määräävät pääosin laitteen sähkörakenteen.

Laitteen valmistusrakenteen vapautuessa siihen liitetty ennustetilaus ja ennusterakenne poistuvat tuotantosuunnitelmasta. Valmistusrakenne muuttaa ennustettuja nimiketarpeita. Osa nimiketarpeista pysyy muuttumattomina ja osa poistuu. Toisaalta rakenteeseen lisätään nimikkeitä. Näin ollen tiettyjen nimikkeiden menekki saattaa olla merkittävästi ennustettua suurempi. Ennustettua suurempaan menekkiin toimittajan on vaikea varautua ja toisaalta varautumatta jättäminen voi aiheuttaa merkittäviä osapuutetilanteita. Erityisen kiusallisia muutoksia listalla ovat poistuvat nimiketarpeet. Tilanne, jossa toimittaja on varautunut listan perusteella siitä poistuviin tarpeisiin, aiheuttaa toimittajalle ja Sandvikille liiketaloudellista tappiota sekä varaston kasvua. Bruttotarvelistan tarkkuudella saattaa olla vaikutusta toimittajien luottamukseen tulevista materiaalityypeistä.

3.2.1.2 Toimittajakohtaiset ennusteet

Sandvikilla ostajat muodostavat toimittajakohtaiset ennusteet, koska heillä on paras näkemys tulevista materiaalityypeistä. Ostajat pohjaavat ennusteensa vuosisuunnitelmaan, mutta myös kvalitatiiviset menetelmät, lähinnä subjektiivinen harkinta ja kokemus, vaikuttavat tehtäviin ennusteisiin. Harkinnanvaraisia tekniikoita on käytettävä, koska tulevat nimiketarpeet sisältävät epävarmuutta ja historiatietoon perustuvaa ennustemenetelmää ei ole käytössä.

Ennuste on yleensä nimikekohtainen excel-taulukko. Ennusteiden aikajänne ja mahdolliset kiinteät ennustejaksot on sovittu erikseen toimittajakohtaisesti. Käsiennusteita tehdään tyypillisesti toimittajille, joiden toimitusketjuun sisältyy merkittävä riski. Ennustettavilla nimikkeillä on tyypillisesti pitkä toimitusaika ja niiden saatavuus juuri tietyltä toimittajalta on turvattava.

Kuvassa 3.4. esitetään periaatteellinen esimerkki toimittajakohtaisesta ennusteesta. Siinä ennuste sisältää neljän viikon kiinteän jakson, kaksi jaksoa, joihin tietyn suuruiset muutokset ovat mahdollisia ja puhtaan ennustejakson. Tavallisesti ennusteita tehdään huomattavasti pidemmällä aikajänteellä. (H5).

Supplier 1 21.04.2012
Forecast

Item ID	12 Months consumption	Week															
		FIXED				VARIABLE 1				VARIABLE 2				FORECAST			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
55000111	70	2	1	3	0	1	3	4	2	2	5	8	1	5	6	2	4
55000112	75	5	7	2	1	5	1	7	3	2	5	6	1	3	2	3	4
55000113	12	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
55000114	15	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
55000115	53	2	0	3	0	0	3	2	1	0	3	5	2	0	2	4	3
55000116	68	4	1	3	2	2	3	5	4	4	1	5	3	3	5	4	1

Kuva 3.4. Toimittajakohtainen ennuste.

Toinen käytetty ennustetapa on ennustaa tulevan vuoden kokonaiskulutusta. Tämä tulee kyseeseen esimerkiksi letkujen, kaapeleiden tai nippojen menekkiä ennustettaessa. Vuoden aikana valmistettua laitemäärää sekä nimikkeen toteutunutta kulutusta verrataan tulevan vuoden suunniteltuun tuotanto-ohjelmaan. Näin saadaan tulevan vuoden kulutusta varsin hyvin kuvaava ennuste.

Tietyille toimittajille ja varsinkin moduulitoimittajille nimikekohtaisen ennusteen luominen on tarpeetonta, mutta menekin ennustaminen muulla menetelmällä on tarpeellista. Usein tällöin ennustetaan toimittajalta tarvittavaa kapasiteettia tietyllä aikavälillä.

3.3. Menekinhallinnan toimintaympäristö

3.3.1. Tuotannon suunnittelu ja ajoitus

Sandvikilla UG-tuotanto käyttää kolmivaiheista tuotannosuunnittelua. Suunnittelun vaiheet ovat vuosisuunnittelu, karkeasuunnittelu ja hienosuunnittelu. Vuosisuunnittelun pohjana käytetään myyntialueiden tuotekohtaista myyntiennustetta. Myyntiennuste sisältää laitetypin lisäksi ennustekohtaisen kaupan toteutumisen todennäköisyyden. Myyntiennusteista koostetaan tuotannon Master Plan, josta tuotannosuunnittelu ajoittaa ennustelaitteet kuukausitasolle toimituspäivämäärän mukaan. Nykyistä myyntiennusteen aikajännettä voidaan pitää riittämättömänä pitkän aikavälin tuotantokapasiteettia suunniteltaessa. On kuitenkin todettu, että pidemmän aikavälin myyntiennusteen luominen ei ole tarkoituksenmukaista, sillä ennusteiden tarkkuus putoaa dramaattisesti aikaikkunan ulkopuolella. Suurin syy pitkän aikavälin myyntiennusteiden heikkoon tarkkuuteen on markkinoiden suhdanneherkkyys. Suhdanteiden vaihtelut sekä esimerkiksi mineraalien hintakehitys eivät vaikuta pelkästään tuotannon kokonaisvolyymiin

vaan myös tuotemixiin. Tästä syystä historiatietoon pohjautuva ennustaminen voi olla harhaanjohtava tapa ennustettaessa poralaitteiden menekkiä. (H6).

Tuotannon karkeasuunnitelma on vuosisuunnitelmaa tarkempi tuotannon aikataulu ja se sisältää ennustelaitteita sekä laitteita, joista on kirjattu myyntitilaus ja valmistusrakenne. Laitteen valmistusrakenne muodostuu myyntineuvottelujen, suunnittelun sekä rakennekäsittelyn pohjalta. Myyntitilaus voi olla tyyppiä *ennuste* tai *tilaus*. Myyntitilauksen tila kertoo siihen liitetyn tuoterakenteen tarkkuuden.

3.3.2. Tuotteen rakenne ja johdetut tarpeet

Vuosisuunnittelun perusteella luotuun tuotantoaikatauluun lisättyihin laitteisiin liitetään ennusterakenne. Jokaiselle laitetypille on yksi tai useampi vaihtoehto ennusterakenteelle. Ennusterakennetta voidaan kutsua laitteen perusspesifikaatioksi. Se ei sisällä laitteen sähkörakennetta eikä siihen tulevia optioita. Laitteiden varioituessa merkittävästi valittujen optioiden ja laitteen toimitusmaan mukaan perusspesifikaatio vastaa rajoitetusti todellisuudessa valmistettavan laitteen tuoterakennetta. Ennusterakenteissa on lisäksi havaittu puutteita niiden ajantasaisuuden osalta. Nykytuotesuunnittelun tekemät komponenttimuutokset päivittyvät hitaasti ennusterakenteille. Näiden syiden johdosta on haastavaa johtaa laitemyyntiennusteista luotettavia komponenttien menekkiennusteita. Oston onkin suhtauduttava kriittisesti tuotannonohjausjärjestelmässä esiintyviin komponenttien menekkiennusteisiin. Menekin ennustaminen vaatiikin tällä hetkellä ostajalta erittäin hyvää tuotetuntemusta ja pitkää kokemusta komponenttien todellisesta menekistä. (H4, H6)

Perusspesifikaatioiden lisäämistä on ehdotettu yhdeksi vaihtoehdoksi lisäämään ennusterakenteiden tarkkuutta. Näiden rakenteiden lisääminen kuitenkin lisäksi myös niissä olevia virheitä sekä vaatisi nykyistä enemmän resursseja rakenteiden päivittämiseen. Rakenteiden lisäämiseen liittyy myös toinen suuri ongelma; Kuinka voidaan valita ennustelaitteelle juuri oikea ennusterakenne kuitenkaan tietämättä esimerkiksi laitteen toimitusmaata? Väärä arvio valittaessa spesifioidumpaa ennusterakennetta aiheuttaisi ostolle ja komponenttien menekin ennustamiselle enemmän haittaa kuin hyötyä. (H6).

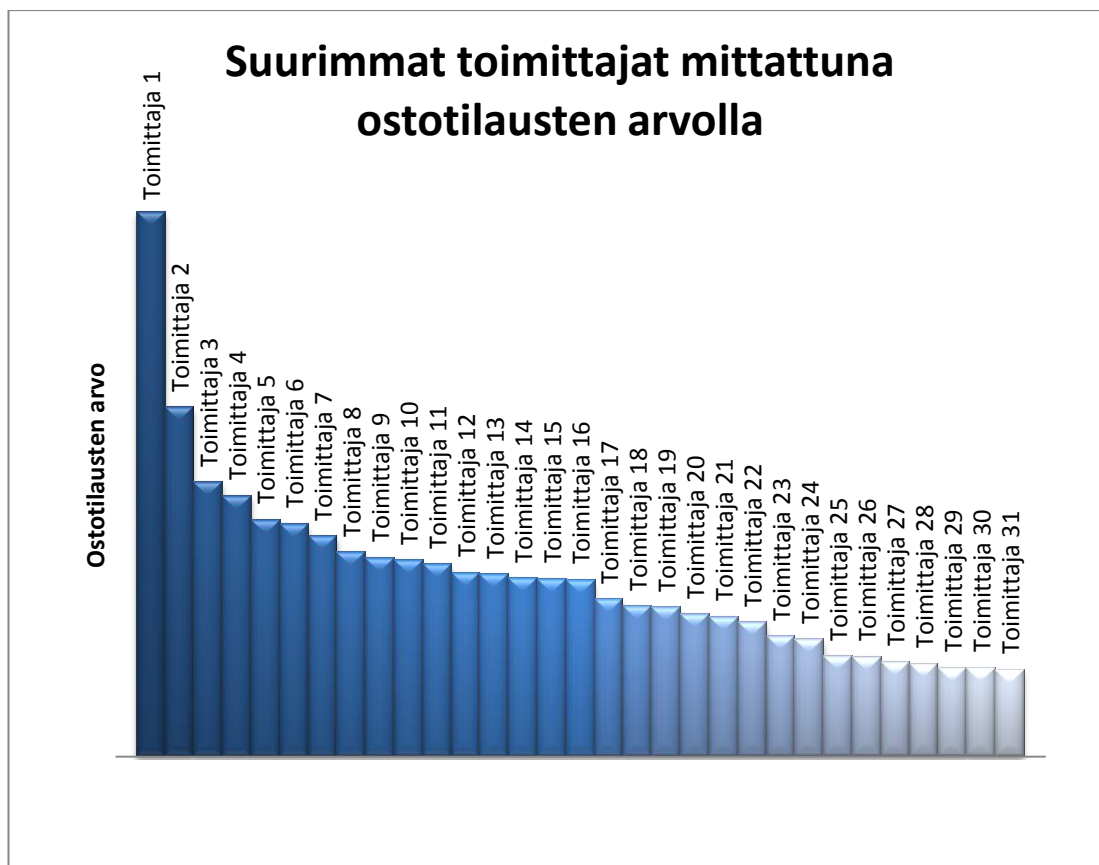
Toimivampana kehitysehdotuksena nähdään peruslaitteiden ja optioiden myynnin ennustaminen erikseen. Lisäksi optioiden vaikutusta peruslaitteen rakenteeseen pitäisi vähentää. Toisaalta myös laitteen toimitusmaan vaikutusta rakenteeseen pitäisi vähentää. Ehdotettu kehityssuunta vaatii siis tuotteiden uudelleensuunnittelua eikä sitä ole mahdollista toteuttaa ainakaan tällä hetkellä tarjottaviin tuotteisiin. (H2).

3.3.3. Toimittaja-analyysi

Sandvik on keskittynyt tuotannossaan laitteiden loppukokoonpanoon. Suurin osa käytävistä materiaaleista ja komponenteista ostetaan valmiina niiden valmistamiseen eri-

koistuneilta toimijoilta. Myös osa kokoonpanotyöstä on ulkoistettu alihankkijoille. Toimittaja-analyysi-kappaleessa käsiteltävät ostotilaukset on rajattu käsittämään UG:n ostonimikkeet sekä UG:n ja SF:n yhteiset ostonimikkeet. Käsitteystä on rajattu toimittajien hallinnoimien varastojen nimikkeet (VMI-nimikkeet, Vendor Managed Inventory).

Toimittajia voidaan arvioida niille tehtyjen ostotilausten arvon perusteella. Kuvassa 3.5. esitetään rahamääräisesti mitattuna suurimmat toimittajat. Mittauksessa erottuvat hydraulikomponenttien, voimansiirron komponenttien sekä suurten teräsrakenteiden ja valmiiden kokoonpanojen toimittajat. Näitä yhdistää nimikkeiden suuret yksikkökohtaiset hankintahinnat. Toimitettujen nimikkeiden määrät sen sijaan jäävät kohtuullisiksi. Teräsrakenteiden ja kokoonpanojen toimittajat ovat pääsääntöisesti paikallisia. Näiden toimittajien keskuudessa tilausten priorisointi, kilpailuttaminen sekä muu toimintaan vaikuttaminen on mahdollista. Toisaalta tilausten jatkuva priorisoiminen ja kiiretilausten tekeminen vaikuttaa toimittajien tuotannonohjaukseen ja toiminnan tehokkuuteen. Suurin osa kokoonpanojen toimittajista ostavat niihin tarvittavat komponentit ja materiaalit Sandvikin osoittamilta toimittajilta.

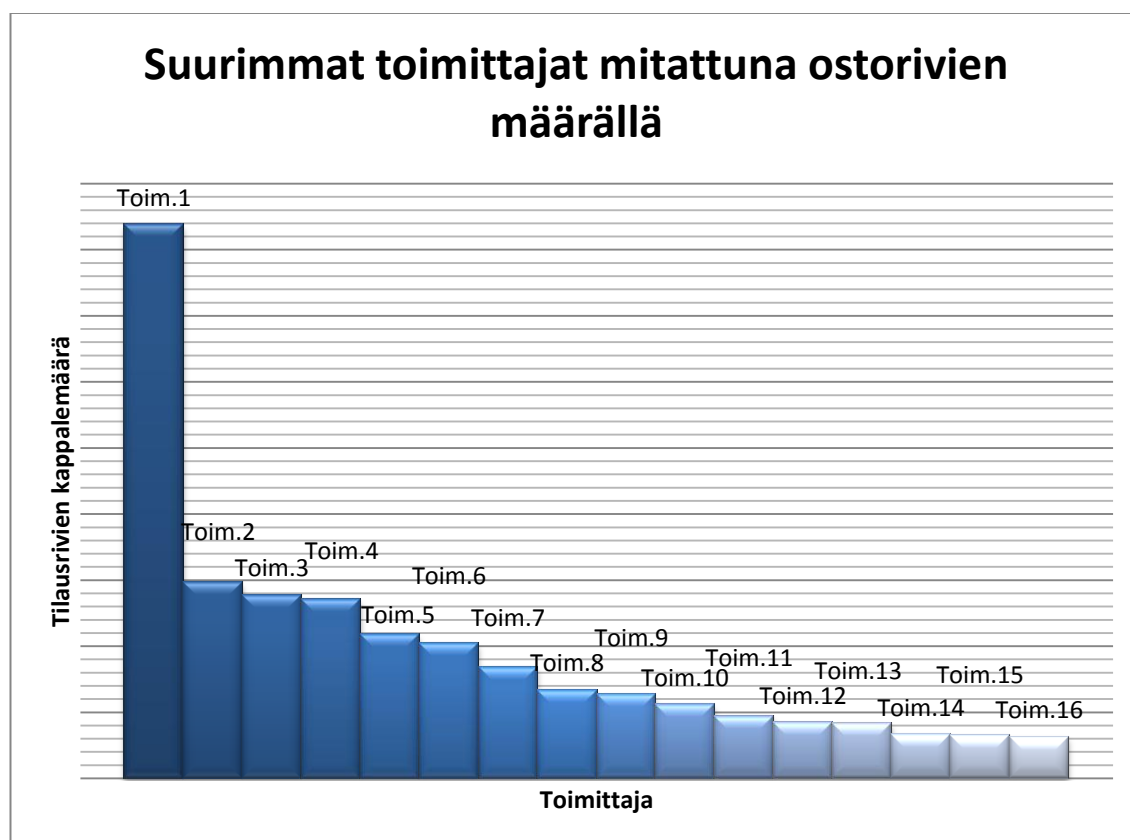


Kuva 3.5. Suurimmat toimittajat rahamääräisesti mitattuna.

Voimansiirron komponenttien ja monimutkaisten hydraulikomponenttien toimittajat ovat pääsääntöisesti suuria globaalisti toimivia yrityksiä, joihin Sandvikin vaikutusmah-

dollisuudet ovat rajalliset. Kiiretilausten tekeminen voi olla vaikeaa tai mahdotonta ja tulevat komponenttitarpeet on tiedettävä huomattavan kauas tulevaisuuteen. Näiden toimittajien vaihto on erittäin vaikeaa, koska tuotteet on suunniteltu käyttämään tietyn valmistajan komponentteja ja tuotteiden suunnittelua on tehty yhdessä toimittajan kanssa. Lisäksi komponenttien monimutkaisuuden johdosta vastaavia toimittajia saattaa löytyä rajoitetusti.

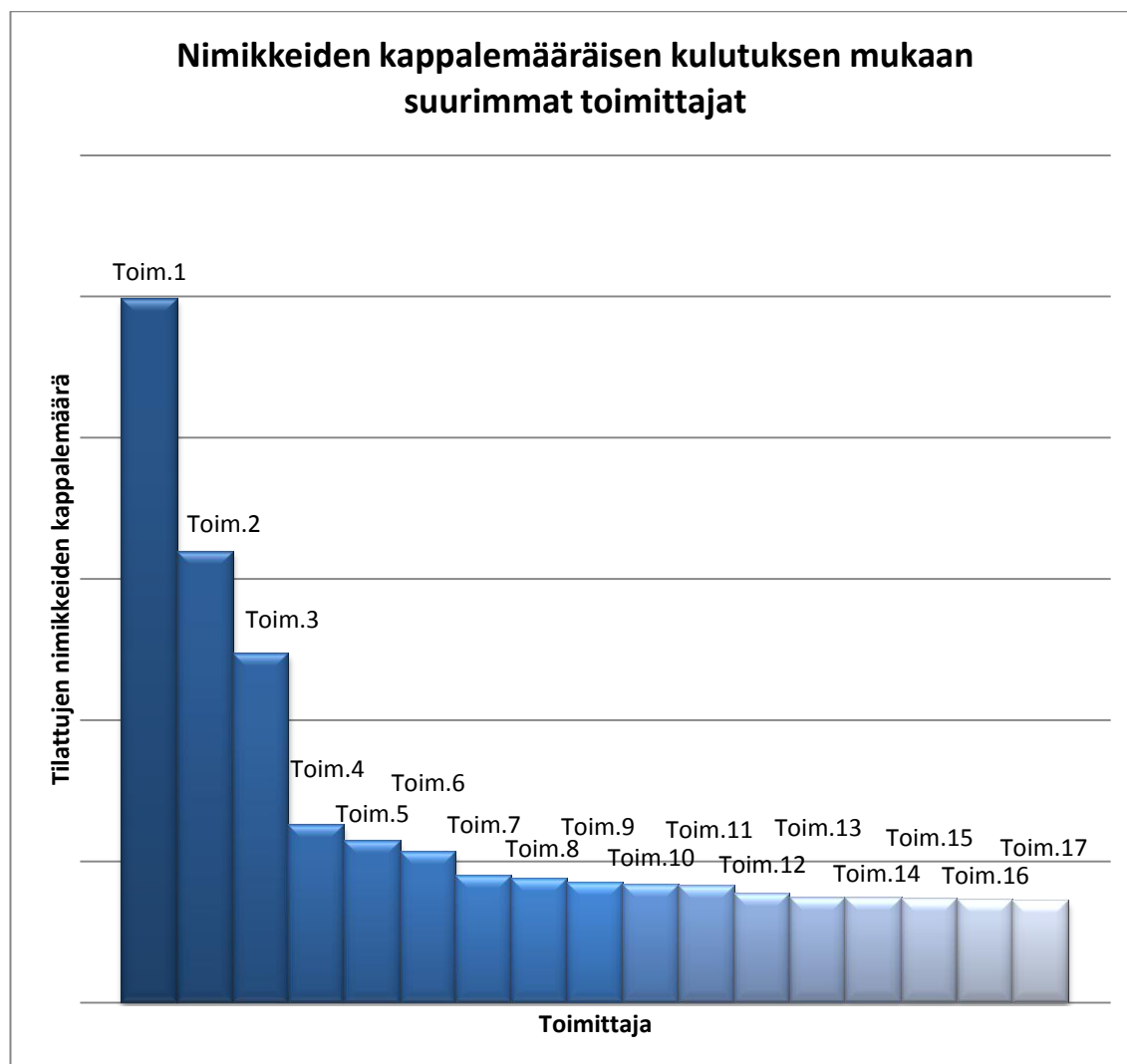
Kuvassa 3.6. esitetään tarkasteluajana toimittajille tehdyt ostotilausrivit. Näiden joukossa erottuvat toimittajat, jotka toimittavat runsaasti eri nimikkeitä kuten letkujen ja pienten teräsrakenteiden toimittajat sekä hydraulikomponentti- ja sähkökomponenttittukkurit. Teräsrakenteiden kohdalla suuri määrä tehtyjä tilausrivejä selittyy suurella määrällä käytettäviä eri rakenteita. Suunnittelemalla monikäyttöisempiä teräsrakenteita voitaisiin näiden määrää vähentää, lisätä tietyn rakenteen kulutusta ja kasvattaa tilauseräkokoja. Tällöin toimittajien valmistamat eräkoot kasvaisivat, toimittajalla tarvittavat asetusajat vähenisivät ja rakenteille olisi neuvoteltavissa halvemmat hankintahinnat. Lisäksi tarve teräsrakenteiden varastoimiselle vähenisi.



Kuva 3.6. Suurimmat toimittajat ostorivien kappalemäärällä mitattuna.

Myös kuvassa 3.7. erottuvat pienten teräsrakenteiden toimittajat ja tukkurit. Siinä esitettävät toimittajat ovat suurimpia mitattuna nimikkeiden kappalemääräisillä toimituksilla. Tukkurit ostavat suuria määriä peruskomponentteja niiden globaaleilta valmistajilta ja bufferoivat näitä omia asiakkaitaan varten. Komponentit ovat tavallisesti halpoja ja nii-

den toimitusaika Sandvikille on lyhyt, vaikka se saattaa olla tukkurille huomattavasti pidempi. Bufferoinnin ansiosta osapuutetilanteita ei pitäisi esiintyä näiden nimikkeiden kohdalla. Varmuusvarasto voi kuitenkin tyhjentyä, jos peruskomponenttien kulutus kasvaa ja kasvua ei ole ennustettu tai tukkuri ei ole valmistautunut informoituun kasvuun. Tällöin osapuutetilanne saattaa muodostua vakavaksi, koska toimittajan oma hankinta-aika peruskomponentille saattaa olla merkittävä.



Kuva 3.7. Nimikkeiden kappalemääräisen kulutuksen mukaan suurimmat toimittajat.

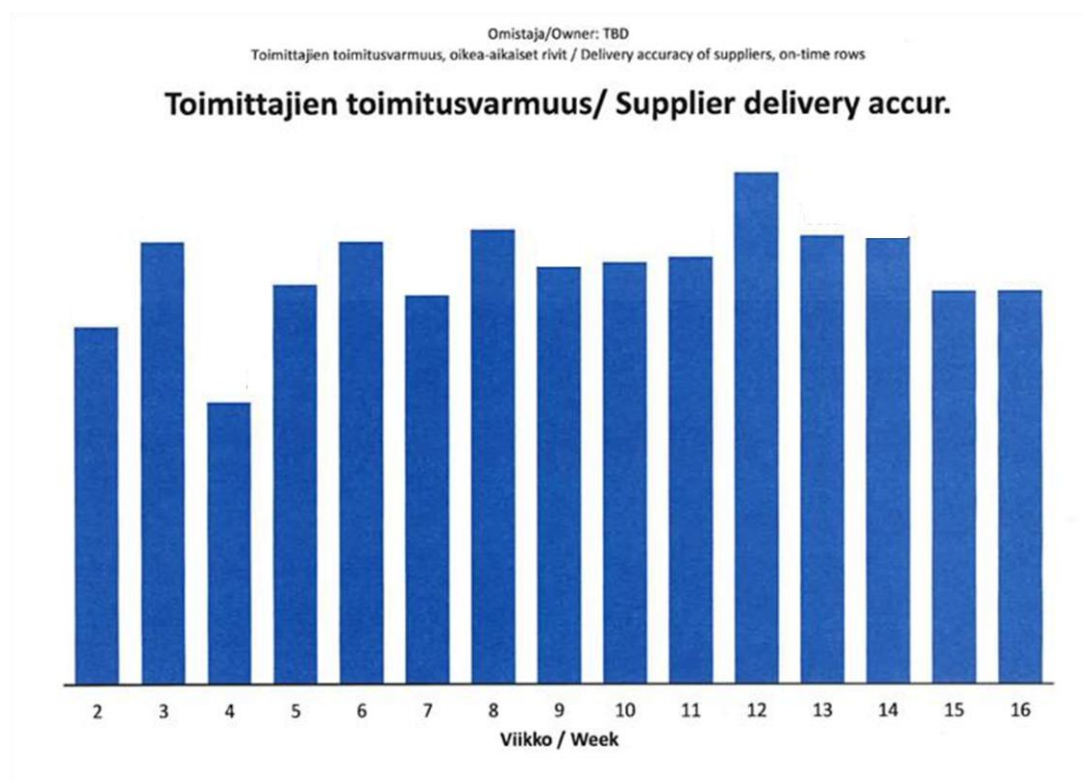
Tukkureiden toimittamien nimikkeiden joukossa esiintyneiden osapuutteiden johdosta on pohdittu mahdollisuutta ja tarvetta ennustaa nimikkeiden menekkiä toimittajan toimittajalle (Tier2) (H6). Tämä vaatii resursseja osto-organisaatiolta sekä voi herättää närkästystä Tier1-toimittajien keskuudessa.

3.3.4. Toimitustarkkuus

Toimitustarkkuudella tarkoitetaan osa- ja moduulitoimittajien kykyä toimittaa tarpeelliset materiaalit oikeaan aikaan oikean määräisinä. Toimittajan toimitusvarmuudella tar-

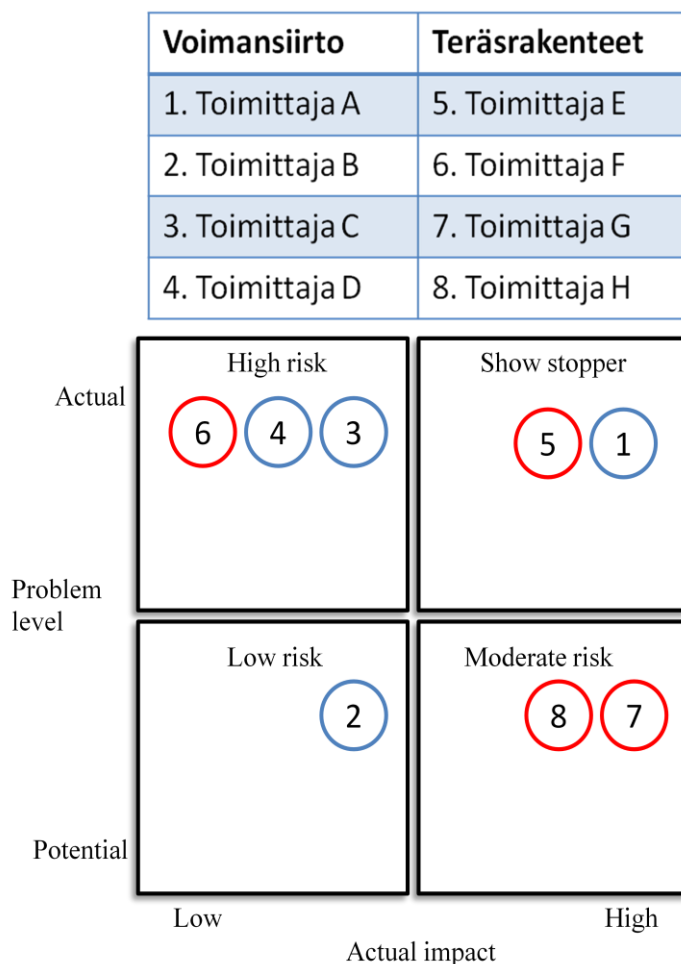
koitetaan sen kykyä toimittaa oikeaan aikaan. Sandvik mittaa toimittajiensa toimitusvarmuutta vertaamalla tilausten vahvistettuja tai haluttuja sekä toteutuneita toimituspäiviä. Toimitus voi olla liian varhain, juuri oikeaan aikaan tai myöhässä toimitettu. Myöhässä toimitetusta tilauksesta ei aiheudu toimittajalle myöhästymismerkintää, jos toimitus on pyydetty alle nimikkeen sovitun toimitusajan.

Toimittajien toimitusvarmuus on yksi Sandvikin tuotannon tehokkuuden ja toimitusvarmuuden tärkeimmistä tekijöistä. Osapuutetilanne tuotannossa viivästyttää laitteen loppukokoonpanoa ja muodostaa riskin laitetoimituksen oikea-aikaisuudelle. Tuotanto pyrkii kompensoimaan osapuutteen aiheuttamaa viivästymistä erityisjärjestelyin. Laittekokoonpanon myöhästyminen varaa tuotannon kokoonpanopaikkaa suunniteltua pidempään, jolloin myöhästyminen on vaarassa kertaantua myös muihin laitteisiin. Erityisjärjestely, osien odottaminen ja tuotannon kapasiteetin turha varaaminen laskee tuotannon tehokkuutta. Lisäksi tuotantoon muodostuva jättämä synnyttää tarpeen tuotantosuosittelman uudelleenajoittamiselle. Tällöin myös tarvittavien materiaalien ja komponenttien tarpeet ajoitetaan uudelleen. Tarveaikojen siirtäminen kasvattaa varastoa ja sen arvoa jo toimitettujen ja tilattujen materiaalien osalta. Myös haluttua aikaisemmin toimitetut materiaali-erät kasvattavat varaston arvoa. Kuvassa 3.8. esitetään toimittajien toimitusvarmuus tarkastelujakson 14 viimeisimmältä viikolta. Siinä sekä myöhästyneet että liian aikaisin toimitetut erät laskevat kokonaistoimitusvarmuutta.



Kuva 3.8. Toimittajien toimitusvarmuus (Sandvik 2012).

Ostajat seuraavat varsinkin myöhässä olevia tilauseriä ja pyrkivät vaikuttamaan toimittajiin materiaalien saamiseksi. Toimittajan kanssa käydään toteutunutta toimitusvarmuutta läpi ja pyritään löytämään keinoja sen parantamiseksi ja kertyneen jättämän pienentämiseksi. Toimittajan toimitustarkkuuden heikentyessä liikaa luokitellaan toimittaja suppliers under supply constraint- nelikenttään. Nelikenttä esitetään kuvassa 3.9.

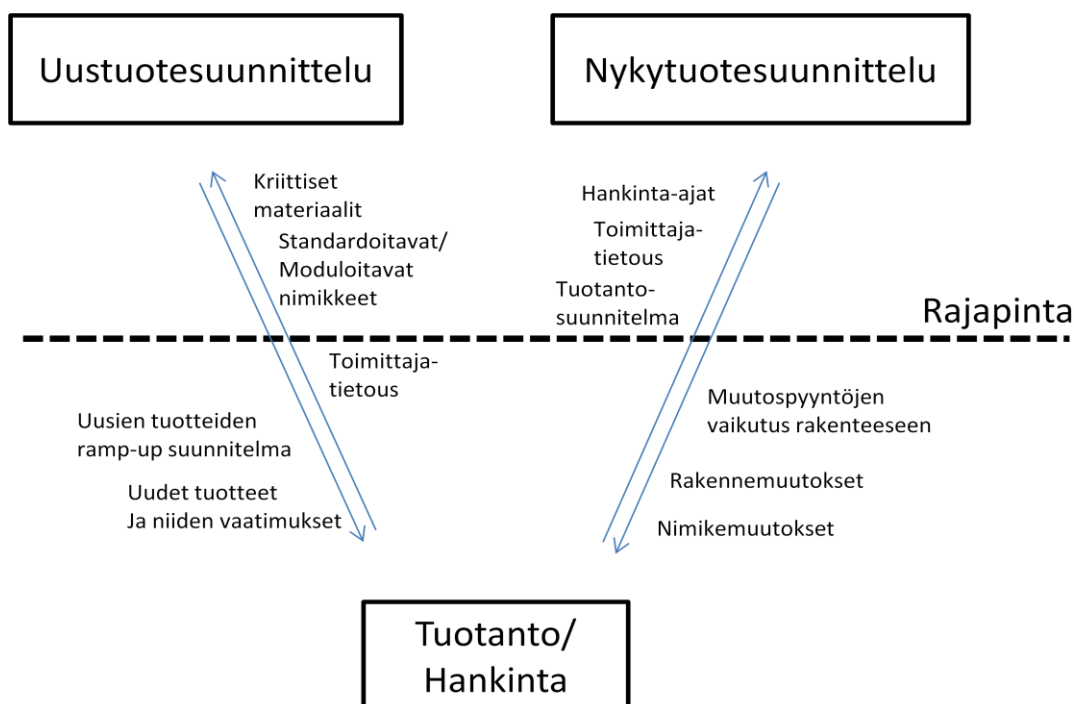


Kuva 3.9. Heikkojen toimittajien nelikenttä, *Suppliers under supply constraint*. (mukailen Sandvik 2012).

Luokittelulla pyritään kohdistamaan huomiota toimittajan kestävämpään toimitusvarmuustilanteeseen. Kesrämättömäksi tilanne muodostuu, jos materiaalien toimitusten myöhästyminen vaikuttaa Sandvikin tuotantoon ja omiin laitetoimituksiin. Nelikenttään ja varsinkin show-stopper-neljänneeseen luokiteltujen toimittajien toimintaan puututaan hankinnan ja oston organisaatioiden toimesta erityisellä prosessilla (H3). Prosessi sisältää ongelmien juurisyyselvityksen, kehitystoimenpiteiden suunnittelun ja toimeenpanon sekä kehityksen seuraamisen (H3). Kuvan tapauksessa suurin huomio kiinnittyisi toimittajiin A ja E. Myös muita nelikenttään nostettuja toimittajia pyritään kehittämään ja seuraamaan normaalia aktiivisemmin.

3.3.5. Hankinnan ja suunnittelun yhteistyö

Sandvikilla suunnittelu jaetaan uustuotesuunnitteluun (NPD, new product development) ja nykytuotesuunnitteluun (CPE, current product engineering). Nykytuotesuunnittelu vastaa tilauskohtaisesta suunnittelusta sekä nykytuotteisiin tehtävistä muutoksista. Uustuotesuunnittelu vastaa uusien tuotteiden kehittämisestä. Tuotannon rajapinnat näiden suunnitteluosastojen välillä voidaan nähdä erillisinä, koska rajapintojen läpi kulkeva informaation sisältö riippuu suunnitteluosastosta. (H1, H2). Rajapinta esitetään kuvassa 3.10.



Kuva 3.10. Tuotannon/ hankinnan ja suunnitteluosastojen rajapinta Sandvikilla.

Toimiva yhteistyö osastojen välillä kehittää osaltaan tuotannon tehokkuutta. Otettaessa tuotanto ja hankinta mukaan uusien tuotteiden suunnitteluun mahdollistetaan säästöjä tuotteiden kustannusrakenteissa, sillä ostolla ja hankinnalla on hyvä tietämys toimittajista ja niiden tuotevalikoimista. Lisäksi tuotannolla ja ostolla on näkemys tarvittavista kokoonpanojen modulointikohteista sekä tärkeimmistä komponenttiryhmistä ajatellen nimikkeiden monikäyttöisyyden lisäämistä. Varhaisella informoinnilla uusista tuotteista hankinnalle varmistetaan materiaalien saatavuus tuotannon ramp-up vaiheessa.

Oston ja nykytuotesuunnittelun välinen yhteistyö on operatiivista vallitsevaan tuotevalikoimaan ja tilauskantaan liittyvää yhteistyötä. Oikea-aikaisen tilauskohtaisen suunnittelun varmistamiseksi tuotannon on informoitava tuotantosuunnitelma sekä sen muutokset vastuullisille suunnittelijoille. Tilattuja laitteita on suunniteltava tuotantosuunnitelman

määrittämässä järjestyksessä, jotta varmistetaan riittävä aikajakso tarvittavien materiaalien ostolle.

Tilauskohtaisen suunnittelun lisäksi nykytuotesuunnittelu muokkaa tuotannossa olevien laitteiden rakenteita ja nimikkeitä suunniteltujen muutosten perusteella. Muutokset voivat perustua havaittuun laitteen turvallisuuspuutteeseen, virheeseen laitteen toiminnassa tai muuhun syyhyn. Muutos voidaan tehdä päivittämällä nimikettä, korvaamalla nimike uudella tai lisäämällä rakenteeseen täysin uusi nimike. Nimikkeiden muuttaminen ja korvaaminen aiheuttaa ostolle kaksi ongelmaa. Kuinka nopeasti pystytään hankkimaan uutta nimikettä ja kuinka hoidetaan korvattavan nimikkeen olemassa oleva varasto? Molempiin ongelmiin voidaan reagoida, kun tieto nimikkeen korvautumisesta on ostolla mahdollisimman aikaisin. Aikaisella informoinnilla mahdollistetaan nimikkeen varaston käyttö tehokkaasti loppuun ennen nimikkeen korvaamista. Tällöin vältytään turhalta materiaalien romuttamiselta. Toisaalta aikainen tieto uudesta nimikkeestä mahdollistaa toimittajan kilpailuttamisen ja varmistaa nimikkeen saannin tarveajankohtana. Nimikkeiden korvaamisessa ja uusien nimikkeiden lisäämisessä tuoterakenteisiin on aina otettava huomioon nimikkeen hankinta-aika.

3.3.6. StrAgile tutkimus –ja kehityshanke

Vuosina 2009-2010 toteutetun StrAgile tutkimus- ja kehityshankkeen tavoitteena oli lisätä Sandvikin ja muiden kehityshankkeeseen osallistuneiden valmistavien yritysten toimitusverkoston ketteryyttä kuvaamalla sekä kehittämällä informaation ja materiaali- virtojen hallintaa. Tutkimushankkeen toteuttivat yhteistyössä Sandvik, muut siihen osallistuneet yritykset ja Tampereen teknillisen yliopiston Cost Management Center (CMC). Vastuullisena tutkijana hankkeessa toimi Erno Selos (CMC). Tutkimuksen toisessa vaiheessa tarkasteltiin markkinainformaation välitystä loppuasiakkaalta päähankkijan kautta aina osatoimittajalle asti ja toisaalta materiaali virtaa osatoimittajalta loppuasiakkaalle. Tutkimuksen ajanjaksona tapahtuneet suhdannevaihtelut tarjosivat oivan tarkastelujakson toimitusverkoston ketteryyden mittaamiselle. (Selos 2010)

Tutkimuksessa Sandvikin markkinainformaation kulku määritettiin seuraavasti: Myyntiregionat vastaanottavat kysyntätiedon loppuasiakkaalta. Kysyntätietoa ohjaa loppuasiakkaiden jatkuvasti muuttuvat tarpeet. Myyntiregionat muodostavat kysynnän mukaan laitetilaukset ja -ennusteet tuotetehtaalte. Myyntiregionista saatavien tilausten ja ennusteiden perusteella tuotetehtas muodostaa tuotantosuunnitelman. Tuotantosuunnitelmaa tehtäessä huomioidaan myyntiennusteiden toteutumisen epävarmuus. Tuotantosuunnitelmassa olevien laitteiden ennuste- ja valmistusrakenteiden perusteella generoidaan moduuli- ja komponenttitarpeet. Tuotetehtas välittää informaation komponentti- ja moduulitarpeista näiden toimittajille bruttotarvelistan sekä ostotilausten kautta. (Selos 2010).

Kaikki informaation välityksen vaiheet aiheuttavat menekin ennusteisiin epävarmuutta. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena olikin mitata tuotetehtaan antaman bruttotarvelistan luotettavuutta. Luotettavuutta tarkasteltiin sekä työn ajallisen toteuman, että laiterakenteen osuvuuden kannalta. Työn ajoituksen katsottiin toteutuneen, kun loppukokoonpano aloitettiin 30 päivän sisällä tuotantosuunnitelmassa aiotusta. Laiterakenteen osuvuuden mittaamisessa verrattiin aiottua rakennetta toteutuneeseen laiterakenteeseen. Tarkaste- luissa erotettiin ennustetilassa olevat sekä jo tilatut laitteet.

Tutkimus ehdottaa markkinatiedon välityksen kehittämistä ja läpinäkyvyyden lisäämis- tä. Tutkimus alleviivaa juuri ennakoivan markkinatiedon välityksen tarpeellisuutta. Syynä tähän on tilausten lyhyet toimitusajat verrattuna tilaus-toimitusketjun kokonais- läpimenoaikoihin. Näin voidaan välttää suuria varastoja ja varmistaa materiaalien saata- vuus. Ennakoivan markkinatiedon välityksen työkalu bruttotarvelista ei tuo riittävää varmuutta osatoimittajalle. Sitä tulisikin kehittää erottamaan varmat tilaukset ja ennus- teet toisistaan. Lisäksi nimikkeet voitaisiin ryhmitellä esimerkiksi standardinimikkeiksi ja optionimikkeiksi. Myös listan tulkittavuutta pitää pyrkiä kehittämään. Näillä toimilla kasvatetaan toimittajien luottoa bruttotarvelistaan ja ehkäistään tuotannon osapuutteita. (Selos 2010).

4. MATERIAALIMENEKIN HALLINNAN JA ENNUSTAMISEN KEHITYSTOIMENPITEIDEN MÄÄRITTELY JA ANALYSOINTI

Luvussa esitellään tehty ostonimikkeistön analysointi ja sille luodut menekinhallinnan kehitystoimenpiteet. Osiossa esitetään toimintamalli tiettyjen ostettavien nimikkeiden menekinhallintaan, minkä avulla tulevat tarpeet voidaan ennakoida tarkemmin. Kehittyneemmällä menekinhallinnalla estetään osaltaan osapuutteita sekä voidaan optimoida nimikkeiden varastotasoja.

Tutkimuksessa määritellään siinä käsiteltävät nimikkeet. Nimikkeet jaetaan luokkiin valituilla ja niiden menekinhallintaa sekä saatavuutta parhaiten kuvaavilla muuttujilla. Luokittelun avulla pyritään löytämään yhtäläisyyksiä eri nimikkeiden menekinhallinnan problematiikasta. Lisäksi jaottelu mahdollistaa käsiteltävien nimikkeiden määrän rajoittamisen hallittavalle tasolle. Tehdystä nimikeportfoliosta valitaan tietyt luokat jatkotarkasteluun. Näille luokille arvioidaan menekkiennusteen tarve. Tarvetta arvioidaan tutkimalla luokkaan kuuluvan ja sen menekin käyttäytymistä edustavan nimikkeen menekkiä. Lisäksi tutkitaan tarvelaskentaperusteisen ennustamisen tarkkuutta.

Menekin ennustamista vaativille nimikkeille on kehitetty ennusteprosessi sekä siihen kuuluva ennustetyökalu. Prosessi sisältää kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten ennustemenetelmien käyttöä. Ennustetyökalu käyttää kolmea eri historiatietoon pohjautuvaa ennustemenetelmää. Ennustaja voi verrata eri menetelmien antamia tuloksia omaan näemykseensä tulevasta nimikkeen menekistä.

Luvussa esitellään ennustetyökalun vaatimat lähtötiedot, sen käyttö, käytetyt menetelmiin liittyvät parametrit ja työkalun antamia tuloksia. Työkalun tuloksia verifioidaan vertaamalla laskettuja ennusteita sekä toteutuneita menekkejä. Eri nimikeluokille annetaan painotukset ennusteprosessissa kvantitatiivisille ja harkinnanvaraisille menetelmille.

4.1. Nimikeportfolio

Tutkimuksessa tarkasteltavat nimikkeet määritettiin vuonna 2011 tehtyjen tuotannollisten materiaalien hankintojen perusteella. Osto määriteltiin vuodelle 2011 toteutuneen tilauspäivämäärän mukaisesti.

Tehdyistä ostotilausriveistä on johdettu UG:n käyttämät ostonimikkeet. Tarkasteltava nimikejoukko sisältää myös UG:n ja SF:n yhteisesti käyttämiä nimikkeitä. Yhteisten nimikkeiden kuuluminen joukkoon on perusteltua, sillä niiden ostoa hallinnoi pääsääntöisesti UG:n organisaatioon kuuluvat ostajat. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty toimittajien hallitsemien varastojen nimikkeet. Jäljempänä termillä nimike viitataan tähän luokkaan kuuluvaan ostettavaan nimikkeeseen tai kokoonpanoon.

Nimikkeen menekin käyttäytymistä ja sen saatavuuteen liittyviä muuttujia voidaan tunnistaa useita. Seuraavana listataan muutamia nimikkeen hankintaan liittyviä muuttujia, joita voitaisiin ajatella nimikeluokkajaon perusteiksi.

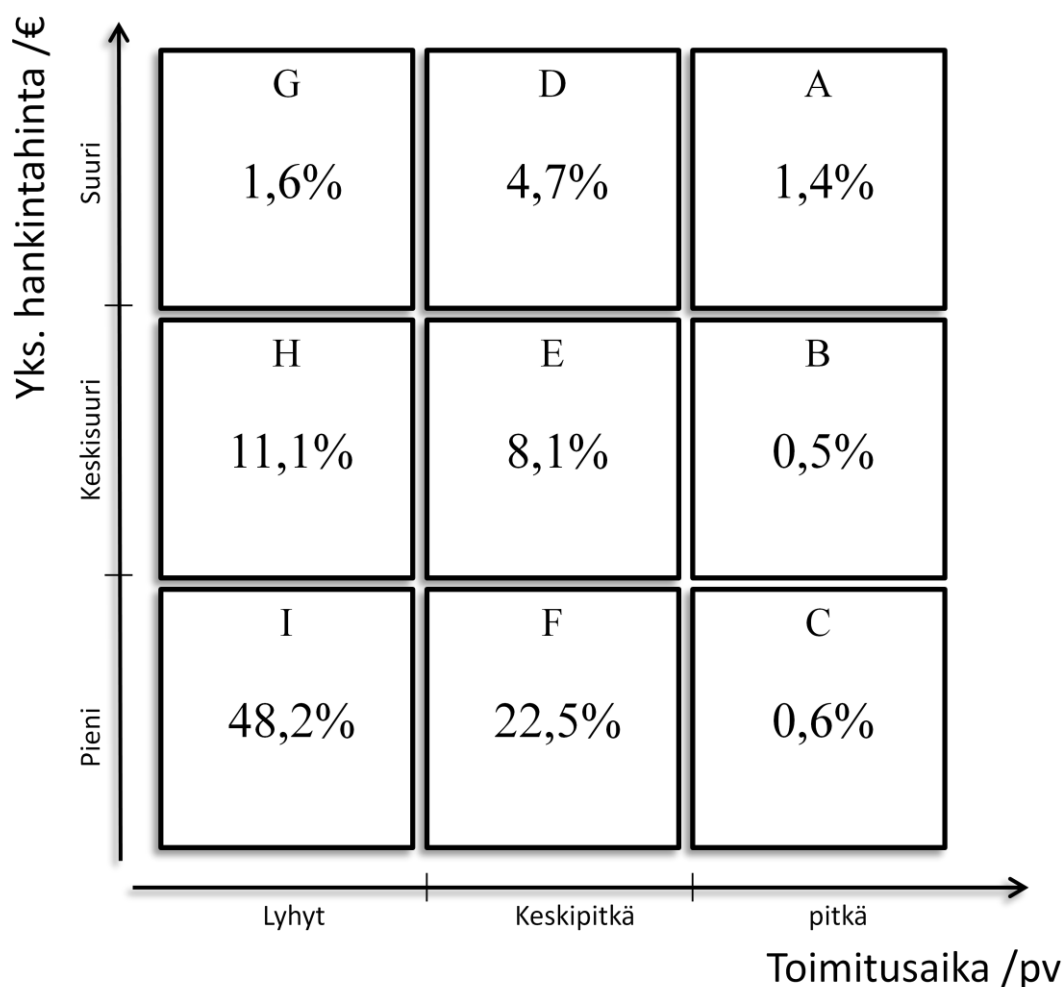
Nimikkeen toimittajaan liittyvät:

- Toimitusvarmuus
- Merkittävyys (toimittajan korvattavuus)
- Toimittajan ja asiakkaan välinen voimatasapaino
- Joustavuus
- Asemoituminen arvoketjussa
- Paikallinen / globaali
- Vaatimus menekkiennusteesta

Nimikkeeseen liittyvät:

- Hankintahinta
- Hankinta-aika
- Optimaalinen varastotaso
- Taloudellinen tilauseräkkö
- Tyyppi (esim. sähkö- tai hydraulikomponentti)
- Menekki
- Menekin luonne (esim. optio- tai standardinimike)
- Epäkuranttisuusriski
- Yhteys ennusterakenteisiin
- Osapuutteen vaikutus tuotannolle

Karkean tason nimikeluokittelu toteutettiin käyttäen muuttujina nimikkeen hankintahintaa sekä toimitusaikaa. Valittujen muuttujien avulla luokittelu on yksiselitteistä ja suuren nimikemäärän luokittelu on hallittavissa. Jaon perusteella muodostetut yhdeksän eri luokkaa, A-I, esitetään kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Nimikkeet luokiteltuna hinnan ja toimitusajan suhteen.

Muuttujaksi valitun toimitusajan yhteys materiaalin menekinhallintaan ja ennustetarpeeseen on helppo perustella. Mitä pidemmälle materiaaleja joudutaan ostamaan, sitä epävarmempaa on niiden toimituksen oikea-aikaisuus sekä oikeamääräisyys verrattuna kulloiseenkin tuotannon tilanteeseen.

Kuvassa 4.1. hankintahinnalla tarkoitetaan yhden nimikkeen hankintahintaa, ei vuosikustannusta. Hankintahinta ei suoraan selitä nimikkeen menekinhallintaan tai saatavuuteen liittyvää problematiikkaa, mutta se saattaa korreloida tiettyjä näihin liittyviä tekijöitä. Hankintahinnaltaan korkeat nimikkeet edustavat varaston arvosta suurta osaa ja jo tästäkin syystä niiden oikea-aikaiseen sekä oikeamääräiseen ostoon on kiinnitettävä huomiota. Toisaalta korkea hinta saattaa viitata nimikkeen suureen kokoon, jolloin sen osapuute tuotannossa saattaa häiritä merkittävästi laitteen loppukokoonpanoa. Korkea hinta saattaa myös viitata monimutkaiseen tai korkeaa teknologiaa sisältävään nimikkeeseen. Näiden saatavuus riippuu juuri tietyistä toimittajasta ja asiakkaan ostovoima voi olla heikentynyt toimittajaan verrattuna.

Tehdyn karkean nimikeluokittelun perusteella valitaan tarkempaan tarkasteluun luokat A, B, C ja D. Nimikkeiden jatkotarkastelu koskee 7,1 prosenttia koko nimikemäärästä. Jatkotarkastelussa painotetaan nimikkeiden menekin suuruutta sekä sen luonnetta. Luokista A, B ja D on havaittavissa neljä erilaista menekin käyttäytymismallia. Mallit sisältävät yleistyksiä liittyen nimikkeiden menekin käyttäytymiseen.

- Harvoin käytettävät nimikkeet
- S-nimikkeet, (Stable-items). Pienen tai kohtuullisen ja tasaisen menekin nimikkeet, joiden tarpeet ilmenevät pääsääntöisesti MRP-laskennassa.
- V-nimikkeet, (Volatile-items). Kohtuullisen suuren, mutta epätasaisen menekin nimikkeet, joiden tarpeista osa ilmenee MRP-laskennan avulla.
- I-nimikkeet, (Intermittent-items). Pienen tai kohtuullisen sekä epätasaisen menekin nimikkeet, joiden tarpeet saattavat ilmetä MRP-laskennan perusteella.

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan näiden käyttäytymismallien ilmenemistä esimerkitapausten avulla. Nimikkeiden menekin käyttäytymisen ymmärtämiseksi valitsemme luokista niitä edustavat nimikkeet yksityiskohtaisempaan tarkasteluun. Tarkastelussa pohdimme nimikkeen toteutunutta menekkiä, menekin vaihtelua, tulevia tarpeita sekä tarpeiden yhteyttä laiterakenteisiin sekä ennusterakenteisiin. S-, V- ja I-nimikkeiden menekinhallintaan ja ennustamiseen esitetään jäljempänä prosessi ja siihen sisältyvä työkalu. Harvoin käytettävien nimikkeiden menekinhallintaan esitetään erillinen toimintamalli.

Tarkasteluissa toteutunut kulutus on määritetty seuraavasti: Tarveimpulssi syntyy, kun nimikkeelle tehdään varaston siirto materiaalivarastosta laitekeräilyn yhteydessä keskeneräiseen tuotantoon (KET). Tarkastelu ottaa huomioon myös suoraan työlle tehdyt otot materiaalivarastosta. Tarkastelu voisi perustua myös tuotannonohjausjärjestelmän alkuperäisiin tarvepäiviin, mutta tällöin jätettäisiin huomiotta tuotannon mahdollinen jättämän aiheuttanut todellisten tarveaikojen muutos sekä loppukokoonpanon vaihemallien mahdollinen virheellinen ajoitus materiaalien tarveajoille.

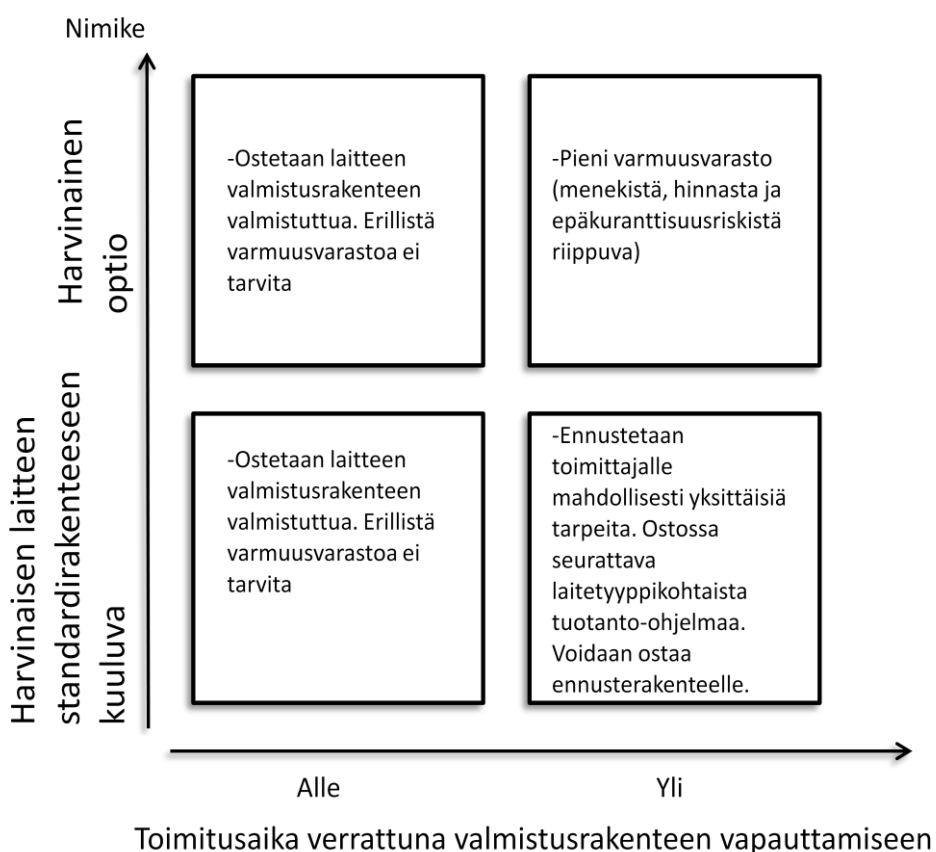
Myös varaston siirtoihin perustuvaan tarkasteluun sisältyy mahdollisia poikkeamia todellisiin tarveaikoihin. Nimikkeen osapuute tietynä aikana on voinut estää nimikkeen keräilyn laitteelle todellisena tarveaikana. Tällöin tarveimpulssi on rekisteröitynyt ERP-järjestelmään vasta, kun nimikettä on ollut saatavilla. Toinen virhelähde voi aiheutua tavasta, jolla nimike kuitataan siirretyksi varastosta tuotantoon. Tällaiset virhelähteet käsitellään tapauskohtaisesti nimike-esimerkkien yhteydessä. Lisäksi varastosta mahdollisesti tehdyt reklamaatio-otot sekä romutukset näkyvät tarkasteluissa materiaalin siirtoina tuotantoon. Näiden ei nähdä merkittävästi vaikuttavan tehtyihin menekkiarvioihin.

4.1.1. Harvoin käytettävät nimikkeet

Tarkasteltavat nimikeluokat A, B ja D sisältävät monia nimikkeitä, joilla on vähäinen menekki. Pieni menekki voi johtua muutamasta syystä:

- Nimike liittyy harvoin esiintyvään laiteoptioon.
- Nimike liittyy pelkästään tiettyyn harvinaiseen laitetyyppiin tai proto-laitteeseen.
- Nimike on sähkökomponentti, joka toimii harvinaisella jännitealueella.
- Nimike liittyy tuotannossa kokoonpantavaan varaosamoduuliin ja jo tuotannosta poistuneeseen tuotteeseen.

Näille nimikkeille menekin kuukausitasoinen ennustettavuus historiatietoon pohjautuen on mahdotonta. Sen sijaan menekinhallinta voidaan järjestää muutoin. Kuvassa 4.2. esitetään toimintamalli näiden nimikkeiden ostolle ja varaston hallinnalle. Harvinaisella jännitealueella toimivia sähkökomponentteja käsitellään kuten harvinaisia optio-osia. Varaosamoduuleihin ostetaan osat vasta tarpeen ilmentyessä riippumatta toimitusajasta.



Kuva 4.2. Vähäisen menekin nimikkeiden menekin ja varaston hallinta.

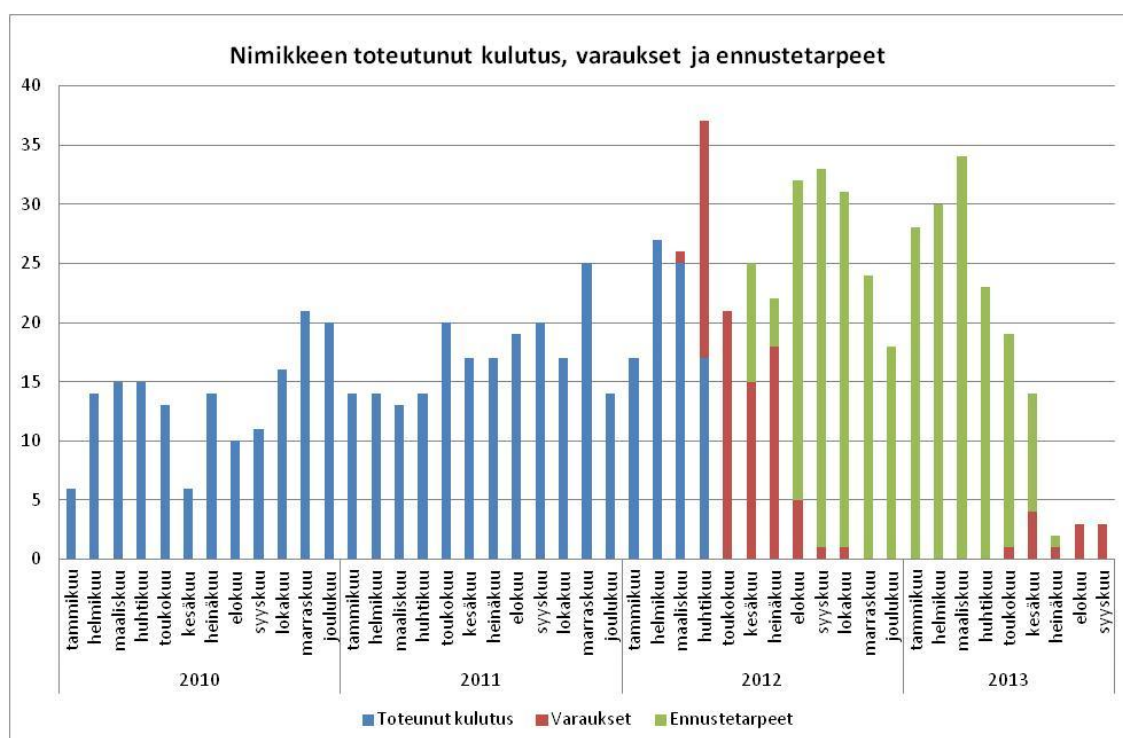
Joidenkin harvoin käytettävien nimikkeiden menekkiä on ennustettava niiden saatavuuden mahdollistamiseksi. Jos nimikkeen tarpeet eivät näy luotettavasti MRP-laskennan

perusteella tai nimike ei kuulu tuotteiden ennusterakenteisiin, on ennuste luotava karkean arvion perusteella. Luotavassa ennusteessa verrataan nimikkeen vuosikulutusta toteutuneeseen tuotantosuunnitelmaan. Lisättäessä vertailuun ennustejakson tuotantosuunnitelma ja siihen liittyvä tuotemix, saadaan arvio nimikkeen tulevasta menekistä. Nimikkeen menekin liittyessä tiettyyn laitteen toimitusmaahan, on selvitettävä mahdollinen myynnin ennuste kyseiseen maahan.

4.1.2. S-nimikkeet

S-nimikkeiden luokka (Stable-items) koostuu pääsääntöisesti nimikkeistä, jotka eivät varioidu tuotekohtaisesti. Tuotetyyppi, jolla tasolla vuosisuunnitelma esitetään, määrää S-nimikkeen tarpeet. S-nimikkeet sisältyvät tuotteiden ennusterakenteisiin ja ne harvoin muuttuvat valmistusrakenteen vapautuessa. Näin ollen MRP-laskennan asettamat menekkitarpeet, myös ennustetarpeet, ovat kohtalaisen osuvia. Muutoksia tarpeissa aiheuttaa muutokset tuotantosuunnitelmassa sekä sen ajoituksessa. Ongelmat S-nimikkeiden menekin ja varaston hallintaan aiheutuvatkin juuri peruista tai siirretyistä laitekoonpanoista. Toisaalta saatavuusongelmia saattaa aiheuttaa nimikkeiden toimittajiin liittyvät tekijät kuten toimittajan ja asiakkaan välinen voimatasapaino. Osapuute S-nimikkeissä saattaa vahingoittaa merkittävästi tuotannon onnistumista ja sen ajoitusta. Niiden saatavuus ja tuotannon palvelutaso on siksi turvattava. S-nimikkeen menekin vaihtelu viittaa tuotannon volyymin sekä tuotemixin vaihteluun. Muutettaessa merkittävästi tuotannon tuotemixiä vaikeutetaan S-nimikkeiden menekinhallintaa. Lyhyen tähtäimen muutokset tuotantosuunnitelmassa voivat aiheuttaa tiettyjen S-nimikkeiden kohdalla osapuutteita ja tiettyjen nimikkeiden kohdalla varastotason kasvua.

Kuvassa 4.3. esitetään voimansiirtoon kuuluvan nimikkeen toteutunut menekki, MRP-laskennan generoimat varaukset ja ennustetarpeet.



Kuva 4.3. Nimikkeen toteutunut kulutus, varaukset ja ennustetarpeet.

Nimikettä ja sen menekkiä voidaan kuvata seuraavasti:

- Nimike kuuluu luokkaan A, sen toimitusaika on x päivää ja hankintahinta on x euroa.
- Nimikkeen menekki on luokassaan kohtuullisen suuri ja tasainen ja sitä voidaan ennustaa tuotanto-ohjelman perusteella.
- Menekin trendi on kasvava ja se seuraa valmistettävien laitteiden määrän trendiä.
- Menekissä on havaittavissa kuukausittaista vaihtelua.
- Vaihtelut menekissä nähdään tuotannon läpimenoajan verran aiemmin verrattuna valmistuneiden laitteiden määrään.
- Suurin osa tuoterakenteista sisältää tarkasteltavan nimikkeen.
- Suuri nimikkeen varasto aiheuttaa ongelmia fyysisen varaston kapasiteetille sekä nostaa merkittävästi materiaalivaraston arvoa.
- Pitkäaikainen varastointi voi vahingoittaa nimikettä.
- Nimikkeeseen liittyy merkittävä saatavuusriski.
- Nimikkeen toimittaja on vahva globaali toimija. Kiiretilaukset eivät ole mahdollisia.
- Nimikkeen ennusteajanjänne on yksi vuosi.
- Nimikkeen saatavuus tarveaikana on erittäin merkityksellistä laitteen kokoonpanon onnistumiselle.

Nimikkeen menekin kuukausivaihtelu liittyy aloitettujen laitekoonpanojen määrään. Lisäksi vaihtelua esiintyy, koska nimikkeen käyttöön liittyvän työvaiheen valmistaminen ei jostain syystä kuittaa nimikettä käytetyksi. Käyttö kuitataan pääsääntöisesti inventointien tai laitevalmistusten yhteydessä, joka kasaa menekkitarpeita tietyille jaksoille. Todellisuudessa nimikkeen kuukausikulutus on siis hieman kuvassa 4.3. esitettyä tasaisempaa.

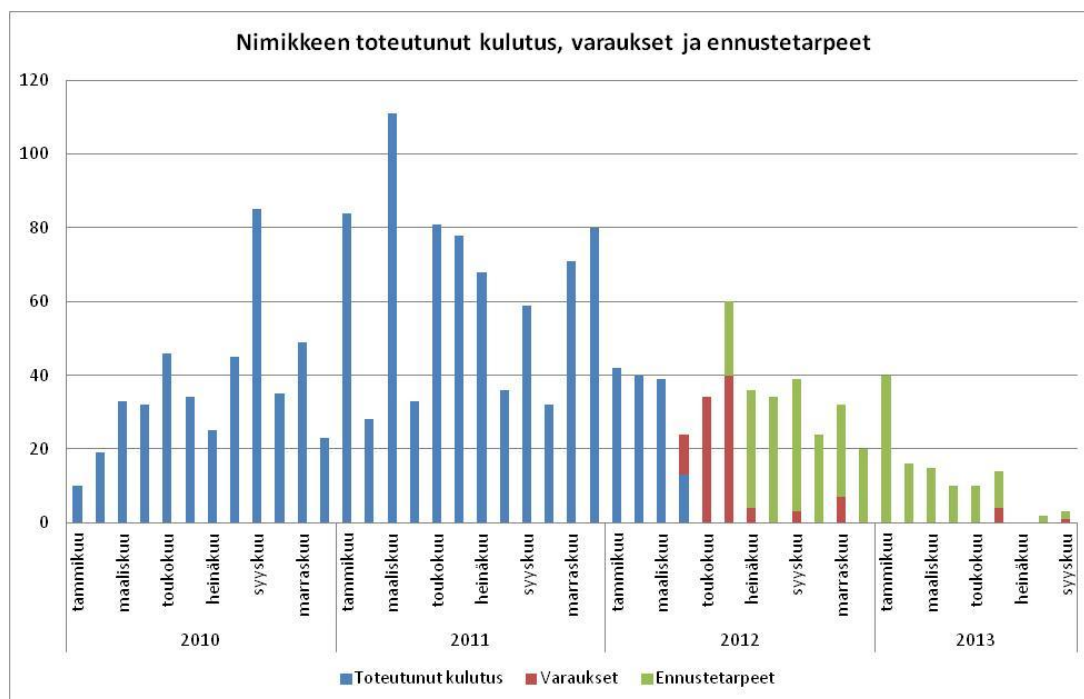
Nimikkeen varastonhallinnassa on tasapainoteltava tuotannon palvelutason sekä varaston tason välillä. Korkea varastotaso nostaa merkittävästi varaston arvoa, kun taas osapuutetilanne vahingoittaa merkittävästi tuotantoa. Lisäksi nimikkeeseen liittyy saatavuusriski ja pitkäaikainen varastointi voi vahingoittaa nimikettä. Tuotannon jättämä, joka on nähtävissä kuvassa 4.2. korkeana tarvepiikkinä tarkasteluhetkellä estää osapuutetilanteita, mutta toisaalta nostaa varaston tasoa.

Nimikkeelle luotavan ennusteen on tasoitettava menekissä esiintyvät kuukausivaihtelut ja mahdollistettava riittävä varmuusvarasto. Menekin ennusteen on myös huomioitava menekin kasvava trendi. Varaston varmuustasossa on otettava huomioon nimikkeen merkittävyys tuotannolle ja saatavuusriski.

4.1.3. V-nimikkeet

V-nimikkeiden (Volatile-items) menekki riippuu pääsääntöisesti tuotannon tuotemixistä sekä valituista tuoteoptioista. Tuoterakenteiden varioituminen optioiden kautta laskee ennusterakenteiden luotettavuutta näiden nimikkeiden osalta. Näin ollen osa ennusterakenteissa ilmenevistä nimiketarpeista toteutuu. Nimikkeen tarveprofiili on siis ennustetarpeiden osalta suuntaa-antava. Tulevaisuuden epävarmuuden lisäksi menekinhallintaa hankaloittaa V-nimikkeiden osalta kuukausitasolla merkittävästi vaihteleva menekki. Menekin vaihtelu voi johtua tietyinä aikana ilmenneestä osapuutteesta, laitealoitusten määrän viikkokohtaisesta vaihtelusta, tuotemixin kuukausikohtaisesta vaihtelusta tai tuotannon varaosatilauksista. V-nimikkeiden toimittajat ovat pääsääntöisesti kohtuullisen joustamattomia ja toimitusaika nimikkeille on pitkä. Nimikkeen lyhyt osapuutetilanne on usein kestettävissä ja kompensoitavissa erityisjärjestelyin.

Kuvassa 4.4. esitetään V-nimikkeisiin kuuluvan nimikkeen toteutunut kulutus ja MRP-laskennan generoimat tarpeet.



Kuva 4.4. Nimikkeen toteutunut kulutus ja tulevat tarpeet.

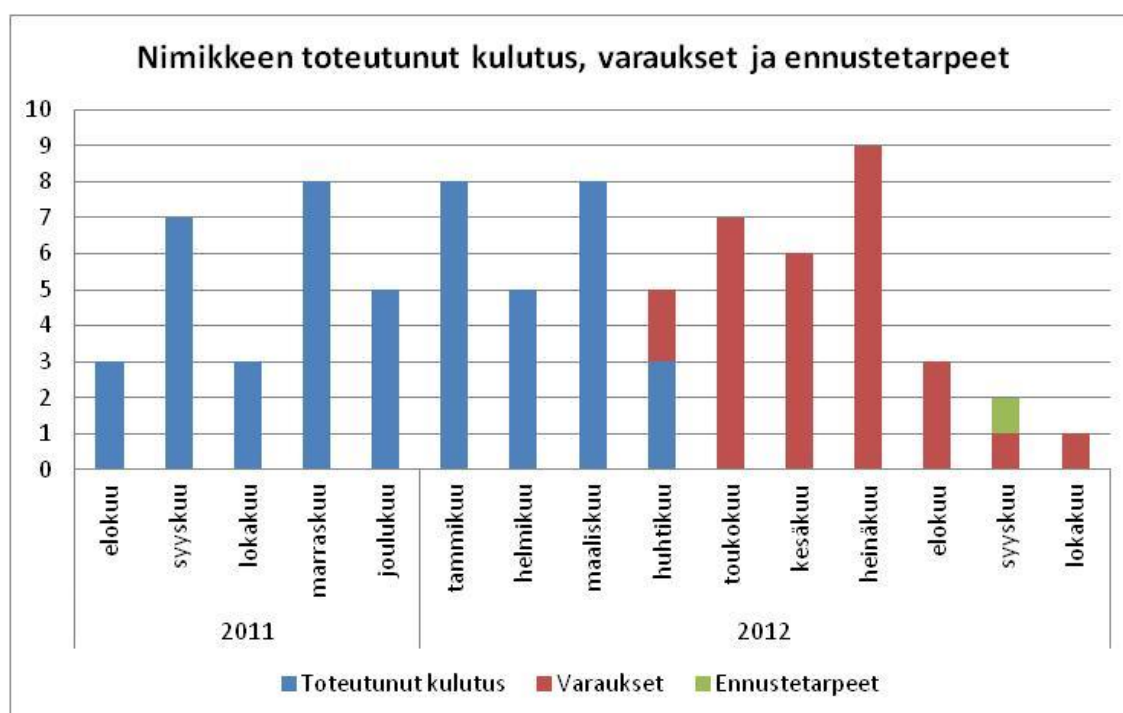
Nimikettä ja sen menekkiä voidaan kuvailla seuraavasti:

- Nimike kuuluu luokkaan B, sen toimitusaika on x päivää ja hinta on x euroa.
- Nimikkeen menekki on kohtalaisen suuri ja menekin vaihtelu on merkittävää.
- Tuleva menekki on osittain ennustettavissa tarvelaskennan perusteella.
- Menekin suuruus ja vaihtelu liittyy tietyn konetyypin sekä optioiden yhdistelmään.
- Nimikkeen bufferoinnilla pyritään hallitsemaan suuret menekinvaihtelut.
- Nimikkeen toimittaja on vahva globaali toimittaja, jolle ennusteajakäänne on yksi vuosi.
- Lisätilaukset ennusteen yli eivät ole mahdollisia.
- Nimikkeeseen liittyy merkittävä saatavuusriski.
- Tuotanto selviää nimikkeen lyhytaikaisesta osapuutteesta erityisjärjestelyin.
- Nimikkeen varastolla on merkittävä vaikutus varaston arvoon.
- Suuri nimikkeen varasto aiheuttaa epäkuranttisuusriskin.

Nimikkeen menekissä voidaan havaita todella suuria vaihteluita varsinkin vuosina 2010 ja 2011. Osaltaan ne johtuvat esiintyneistä osapuutteista sekä tuotannon varaosatilauksista. Nämä syyt eivät yksinään selitä menekin vaihtelua vaan nimikkeen tarpeissa todellisuudessa esiintyy luonnollista tuotannon tarpeiden aiheuttamaa vaihtelua. Menekin vaihtelun ja tulevien tarpeiden epävarmuuden yhdistelmä pitkän hankinta-ajan kanssa tekee nimikkeen menekinhallinnasta ja tarpeiden ennustamisesta erittäin haastavaa.

4.1.4. I-nimikkeet

Osa A, B, C ja D-luokkien nimikkeistä voidaan niiden menekin käyttäytymisen perusteella lukea I-nimikkeisiin (Intermittent-items). Niillä on pieni tai kohtalaisen pieni kulutus ja niiden menekkiä ei voida luotettavasti arvioida ennustetarpeiden perusteella. I-nimike voi löytyä jonkin tuotetyypin ennusterakenteesta, mutta siitä ei voida arvioida sen päätymistä laitteen valmistusrakenteeseen. Tämä johtuu I-nimikkeiden varioitumisesta laitteen toimitusmaan sekä valittujen optioiden kautta. Kuvassa 4.5. esitetään I-nimikkeen toteutunut kulutus sekä tulevat tarpeet.



Kuva 4.5. Nimikkeen menekki ja tulevat tarpeet.

Nimikkeen menekin käyttäytymistä voidaan kuvata seuraavasti:

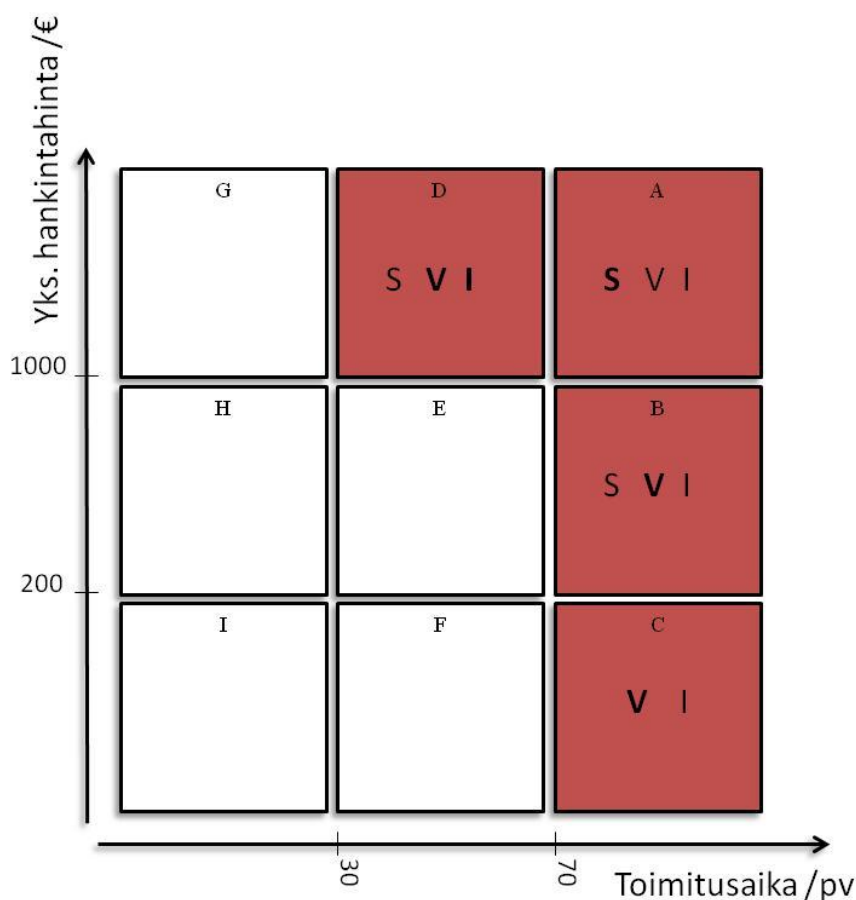
- Nimike kuuluu luokkaan D, sen toimitusaika on x päivää ja hankintahinta on x euroa.
- Nimikkeen kulutus on kohtalaisen pieni ja epätasainen.
- Nimikkeelle ei generoidu varauksia ennusterakenteiden perusteella. Mahdollinen tuleva tarve ilmenee valmistusrakenteen vapauduttua.
- Nimikkeen menekki riippuu laitteen toimitusmaasta.
- Nimikkeen varastointi nostaa merkittävästi varaston arvoa sekä vie paljon fyysisistä varastotilaa.
- Nimikkeen osapuutetilanteella on kriittinen vaikutus tuotannon onnistumiseen.
- Toimittaja toimii bruttotarvelistan ennusteen sekä ostotilausten varassa.
- Nimikkeen tietyille komponenteille toimitusaika on huomattavasti nimikkeen toimitusaikaa pidempi (Tier2).

- Nimikkeen tarpeiden ennustaminen on erittäin haastavaa.

Tyypillisesti I-nimikkeet ovat kokoonpanoja tai ne ovat rakenteeltaan monimutkaisia komponentteja. Kokoonpanot tai komponentit voivat sisältää ostettavia osia, joiden toimitusaika toimittajalle on huomattavasti pidempi kuin kokoonpanon toimitusaika Sandvikille. Toimittajan on siis varastoitava näitä osia kyetäkseen vastaamaan menekkitarpeisiin. Oikeiden komponenttien varastointi sekä niiden menekinhallinta toimittajalla vaatisi avoimuutta I-nimikkeiden tulevista tarpeista. Toisaalta, kuten todettu, I-nimikkeiden tulevien tarpeiden ennustaminen sisältää haasteita.

4.2. Ennustetarpeen määrittäminen nimikeluokille

Kuvassa 4.6. esitetään luotujen nimikeluokkien yhteys ennustamistarpeeseen. Esitettävän ennusteprosessin määritetään käsittävän A, B, C, ja D-luokkien nimikkeet, jotka käyttäytyvät kuten S-, V- tai I-nimikkeet. Luotava ennuste on nimikekohtainen kuukausitarpeen ilmaiseva ennuste. Ennustejänne on valittavissa tarpeen mukaan. Kokonaisuudessaan ennustamisen piiriin kuuluu arviolta noin 6% käytetyistä ostonimikkeistä. S-nimikkeiden edustus on suurinta A-luokassa, V-nimikkeiden B-, C-, ja D-luokissa ja I-nimikkeiden D-luokassa. Kuvassa 4.6. hankintahinnalla tarkoitetaan yhden nimikkeen hankintahintaa, ei vuosikulutusta.

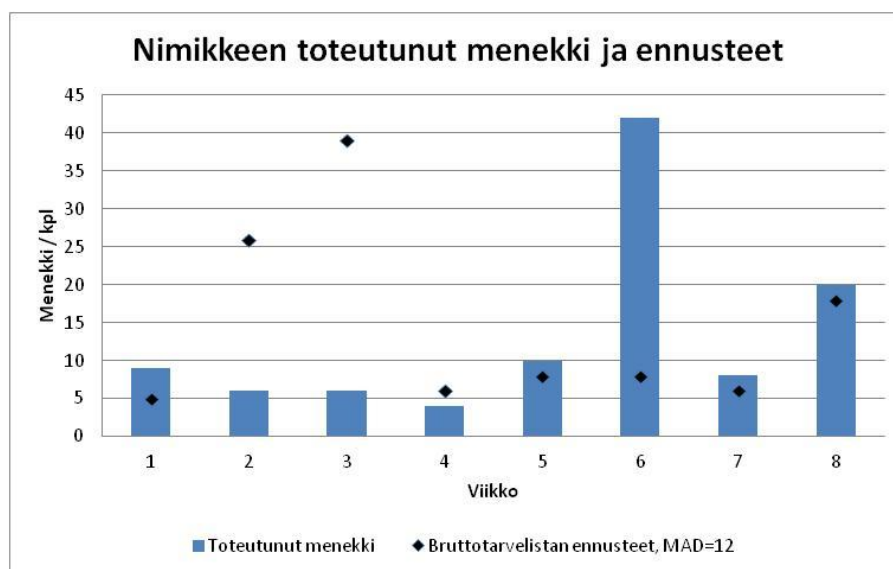


Kuva 4.6. Ennustetarpeen määrittäminen nimikeluokille.

Osalle nimikekohtaisen ennustamisen piiriin kuuluvista nimikkeistä luodaan ennustetta manuaalisesti jo tällä hetkellä. Toisaalta osa luokkien nimikkeiden toimittajista toimivat bruttotarvelistan tai ostotilausten varassa.

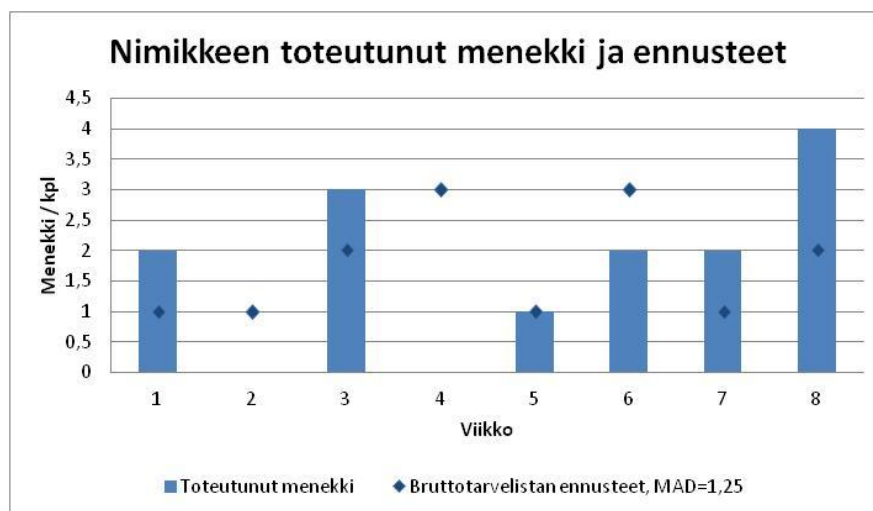
Valittujen luokkien bruttotarvelistan tarkkuutta on tarpeellista tutkia, jotta voidaan osaltaan päätellä onko erillisen nimike-ennusteen luomiseen tarvetta. Tarkkuuden arviointi suoritettiin suppealla bruttotarvelistan tarkkuustutkimuksella. Toisin kuin Seloksen tutkimuksessa (kpl 3.3.6.1), tässä tarkasteltiin nimikkeiden tarpeiden ja niiden tarveaikojen toteutumista ilman liittymää tietyn laitteen rakenteeseen. Tällöin mahdollinen tietyn laitteen rakenteeseen liittyvä tarpeen poistumisen aiheuttama negatiivinen vaikutus listan tarkkuuteen poistuu. Bruttotarvelistan tarkkuutta tutkittiin valitulle joukolle nimikkeitä A, B ja D-luokista. Tarkasteltavia nimikkeitä oli yhteensä 40 kpl, joista 9kpl kuuluu luokkaan A, 12 kpl luokkaan B ja 19 kpl luokkaan D. Tarkasteluun valittiin nimikkeitä, joilla on menekkiä tutkittavana aikana. Tutkimuksessa ei otettu huomioon tuotannon jättämää vaan tarve määräytyi ERP-järjestelmän tuotannon tarpeiden perusteella. Tutkimus ei ota kantaa, mistä tarpeen muuttuminen johtuu. Bruttotarvelistan viikkokohtaiset tarpeet tutkimukseen on luettu 29.3.2012. Tarpeiden toteumia tarkasteltiin kahdeksan viikon ajan. Tutkimuksessa käytetty yhden tarkastelujakson pituus oli yksi viikko, millä tarkkuudella bruttotarvelista esitetään. Tällöin jo tarpeen siirtyminen yhdellä viikolla aiheutti ennusteeseen virhettä. Suurin osa ennustevirhettä aiheuttaneista muutoksista olivat kuitenkin todellisia tarpeiden poistumisia ja ilmenemisiä.

Listan tarkkuutta arvoidaan esimerkinimikkeiden kautta. Kuvassa 4.7. esitetään yhden nimikkeen bruttotarvelistan tarkkuus. Valitulla nimikkeellä heilahtelu toteuman ja ennusteen välillä oli suurin. Nimikkeellä ennusteen keskivirhe (MAD = 12kpl) oli lähes yhtä suuri kuin nimikkeen keskikulutus (= 13kpl/vko).



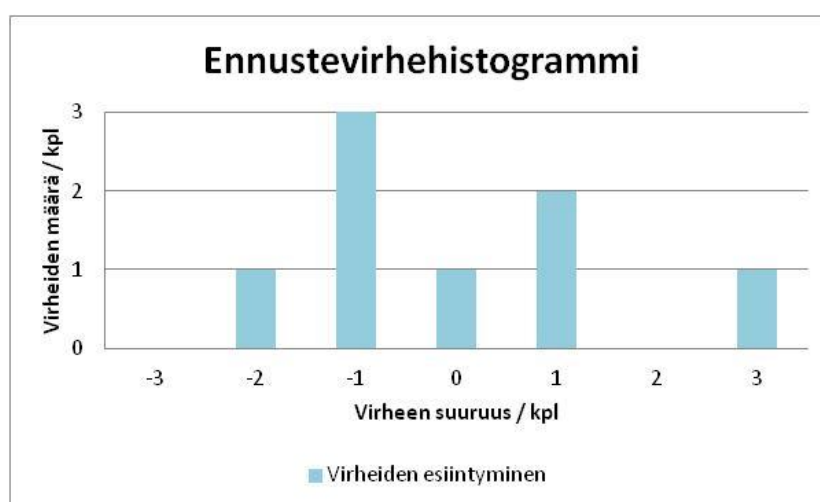
Kuva 4.7. Bruttotarvelistan tarkkuus yhdelle nimikkeelle.

Kuvassa 4.8. esitetään bruttotarvelistan tarkkuuden arvioinnissa tyypillisemmin esiintynyt tilanne, jossa esiintyneet virheet olivat kohtuullisempia. Toisaalta myös nimikkeen kulutus on huomattavasti vähäisempää.



Kuva 4.8. *Bruttotarvelistan tarkkuus yhdelle nimikkeelle.*

Kuvassa 4.9. esitetään kuvan 4.8. virheet histogrammina. Siinä esitetään eri suuruisten ennustevirheiden esiintymiskerrat virheen kappalemääräisen suuruuden suhteen. Histogrammista voidaan havaita, että ennustevirheen keskiarvo on nolla. Toisaalta virheiden keskihajonta on 1,6 kpl. Jos eri suuruisten virheiden esiintyminen oletetaan normaalijakautuneeksi, nimikkeen 2kpl:n varmuusvarastolla voidaan taata yli 70% palvelutaso. Kolmen kappaleen varmuusvarastolla saavutetaan lähes 90% palvelutaso.



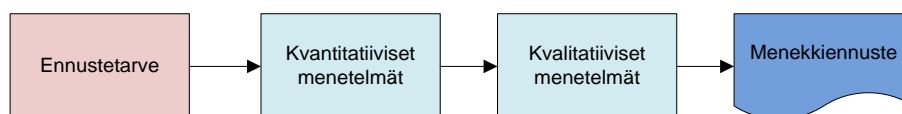
Kuva 4.9. *Nimikkeen ennustevirheet kerättyinä histogrammiksi.*

Nimikekohtaisessa tarkkuustarkastelussa havaittiin, että tietyille nimikkeille ennustetarkkuuden keskiarvo on lähellä nollaa, jolloin tarpeita lisääntyy ja poistuu lähes yhtä paljon. Lisäksi virheiden keskihajonta on osalle nimikkeistä kohtuullista. Tällöin nimik-

keiden pienellä varmuusvarastolla on saavutettavissa riittävä tuotannon palvelutaso ja tarvelaskentaperusteisella ennustamisella riittävä tarkkuus. Vaikka osalle nimikkeistä bruttotarvelistan tarkkuus on kohtuullinen, sen käyttäjä, toimittaja, ei tiedä minkä nimikkeen osalta ennusteeseen voi luottaa ja minkä ei. Tästä syystä toimittajille esitettävää listaa olisikin kehitettävä käsittämään esimerkiksi peruskomponentit ja optiokomponentit erikseen. Bruttotarvelistan luotettava tarkkuuden mittaaminen ja kehittäminen vaatii tässä tarkastelussa käytettyä kahdeksaa viikkoa pidempää aikajännettä.

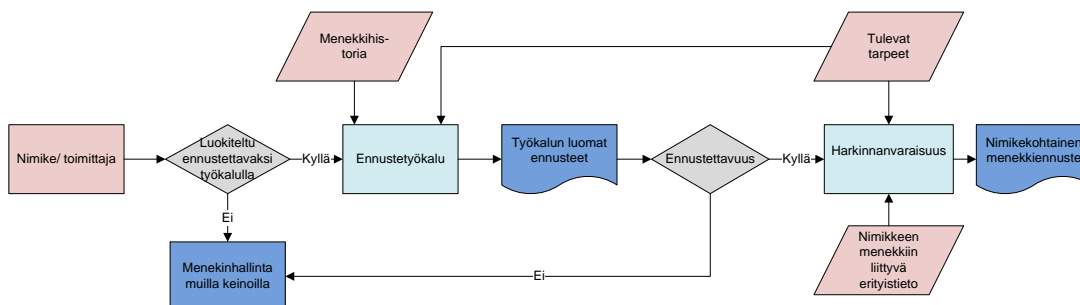
4.3. Ennusteprosessin määrittely

Kuten todettu, suurelle osalle A, B, C ja D-luokan nimikkeistä luodaan tälläkin hetkellä nimikekohtaista ennustetta. Tehtävät ennusteet perustuvat lähinnä harkinnanvaraisiin tekniikoihin. Kuvassa 4.10. esitetään prosessikaavio nimikekohtaisen menekin ennustamisen kehittämiselle. Siinä ennustetarpeen piiriin luokiteltuihin nimikkeisiin sovelletaan kvantitatiivisia, aikasarjatekniikoihin perustuvia ennustemenetelmiä. Ennustaja vertaa saatuja ennusteita omiin näkemyksiinsä ja mahdollisesti korjaa historiatietoon pohjautuvaa ennustetta. Ennusteen harkinnanvaraiselle korjaamiselle voi ilmetä tarvetta, jos ennustajalla on käytössään tietoa muutoksista, jotka vaikuttavat nimikkeen tulevaan menekkiin. Menetelmien yhteiskäytöllä pyritään aikaansaamaan tarkempia ennusteita ja näin ollen nostamaan luotujen ennusteiden luotettavuutta myös toimittajalle.



Kuva 4.10. Ennusteprosessi karkealla tasolla.

Kuvan 4.10. prosessi esitetään tarkemmin kuvassa 4.11. Siinä on eritelty tietolähteet, menetelmät ja tulokset. Prosessissa kvantitatiivisia ennustemenetelmiä edustaa ennustetyökalu. Prosessi on tarkoitettu S-, V- ja I-nimikkeiden ennustamiseen, mutta sitä voidaan käyttää soveltuvien osin myös muiden nimikkeiden menekkien ennustamiseen. Prosessin käyttäjä on nimikkeen vastuullinen ostaja, koska ostajilla on paras näkemys nimikkeen menekin käyttäytymisestä.



Kuva 4.11. Ennusteprosessi.

Prosessiin liittyvää kvalitatiivista ennustemenetelmää, harkinnanvaraisuutta sovelletaan voimakkaimmin työkalun antamiin menekinäkymiin, joihin tiedetään tulevan muutoksia. Muutokset voivat johtua esimerkiksi tietyn laitemallin alasajosta, tuotannon tuotemixin muutoksista, markkinatilanteen heilahteluista, tuotteiden rakennemuutoksista tai nimikemuutoksista.

4.4. Ennustetyökalu

Ennustetyökalu on ostajan ennusteprosessia avustava excel-taulukko, joka laskee kuukausittaiset nimikekohtaiset menekkiennusteet (kuva 4.12.). Taulukko käyttää ennusteiden lähteenä nimikkeen menekkihistoriaa.

SANDVIK		Ennustetyökalu		
Jakso	Menekki/ jakso			
kk-12	14			
kk-11	20			
kk-10	17			
kk-9	17			
kk-8	19			
kk-7	20			
kk-6	17			
kk-5	25			
kk-4	14			
kk-3	17			
kk-2	27			
kk-1	25			
<p>Ennustetyökalun käyttöohje: Täytä kuukausittaiset toteutuneet materiaalitardeet niille varattuihin kenttiin. Kk-1 tarkoittaa edellistä kuukautta ja Kk-2 tätä edeltävää ja niin edelleen. Täytä toteutuneita tarpeita vähintään seitsemään ensimmäiseen kenttään.</p> <p>Alemmasta taulukosta voit lukea eri ennustemenetelmien luoman ennusteen seuraaville kuukausille. Eksponentiaalinen tasoitus vertaa edellisten jaksojen ennusteita sekä ennustevirheitä. Liukuva keskiarvo luo edellisen vuoden perusteella seuraavan vuoden ennusteen. Painotettu liukuva keskiarvo painottaa uudempia toteumia. Kaikki ennusteet ottavat menekissä havaitun trendin huomioon.</p> <p>Jos ennusteeksi tulee 9999, menekki ei ole ennustettavissa ennustetyökalulla.</p>				
Ennuste jaksolle	Eksp. tasoitus	Liukuva Keskiarvo	Pain. liukuva keskiarvo	
kk	21,8	19,3	23,3	
kk+1	21,9	19,6	23,9	
kk+2	22,0	19,8	24,4	
kk+3	22,2	20,1	25,0	
kk+4	22,3	20,4	25,5	
kk+5	22,4	20,6	26,1	
kk+6	22,5	20,9	26,7	
kk+7	22,6	21,1	27,2	
kk+8	22,8	21,4	27,8	
kk+9	22,9	21,6	28,3	
kk+10	23,0	21,9	28,9	
kk+11	23,1	22,2	29,5	
kk+12	23,2	22,4	30,0	

Kuva 4.12. Ennustetyökalu.

Ennustetyökaluun täytetään nimikkeen edellisen vuoden kuukausikohtaiset kulutukset. Taulukossa *kk-1* tarkoittaa tarkasteluhetkestä edellistä kuukautta ja *kk-12* vuoden takaisista. Ennusteissa *kk* tarkoittaa seuraavaa kuukautta ja *kk+12* kuukautta tarkasteluhetkestä vuoden eteenpäin. Työkalun excel-näkymä sisältää lyhyet ohjeet sen käytölle, mutta käyttäjän on perehdyttävä työkalun käyttämiin laskentamalleihin luotettavan ja mahdollisimman tarkan ennusteen aikaansaamiseksi.

4.4.1. Työkalun lähtötiedot

Ennustetyökalu vaatii lähtötiedoikseen nimikkeen toteutuneen menekin vähintään seitsemältä edelliseltä kuukaudelta. Käytettäväksi suositellaan kuitenkin edellisen vuoden menekin toteumia paremman ennustetarkkuuden takaamiseksi. Toteutunut menekki voidaan syöttää työkaluun käsin tai se voi käyttää excelin ja ERP-järjestelmän välistä ODBC-rajapintaa. Taulukossa 4.2. esitetään menekkihistorian hakevaan kyselyyn tarvittavat tietokentät ja suodattimet.

Taulukko 4.2. *Nimikkeen menekkihistorian hakevan ERP-kyselyn tietokentät sekä suodattimet.*

Tietokantakenttä	Selitys	Tietokantataulu	Palautettava Data	Suodatin	Lisätiedot
STO_EVENTROW	Varastotapahtumat	X			Valittava tietokenttä
ITEMID	Nimikekoodi		X	X	Haluttu nimike
ITEMNAME	Nimikkeen nimi		X		
QTY	Määrä		X		Suodatettava positiiviset arvot
CREATE_STAMP	Tapahtuman luonti pvm.		X		Järjestetään uusimmasta vanhimpaan
STOCKID	Varaston yhteys			X	DV varastoa koskevat siirrot

Haettaessa tietoja ERP-järjestelmästä käytetään varastotapahtumien tietokantataulua. Tarvittavia exceliin palautettavia kenttiä ovat nimikkeen ID-koodi, nimikkeen nimi, määrä ja tapahtuman luontiaika. Haun suodattimiksi asetetaan nimikkeen ID-koodi ja varaston tunnus. Palautettava tieto sisältää valitun nimikkeen kaikki siirrot liittyen DV-varastoon. Tämä siis käsittää nimikkeen vastaanotot sekä siirrot tuotantoon. Palautettavasta tiedosta on kuukausisummauksen yhteydessä suodatettava vastaanottotapahtumat. Mahdollisen virhelähteen tarkasteltavaan dataan aiheuttaa varaston reklamaatio-otot sekä materiaalin romutus tai rikkoutuminen.

Työkalun luomia ennusteita voi olla tarpeellista verrata tarvelaskennan antamiin menekkitarpeisiin. Tässä työssä on käytetty menekkitarpeiden tarkasteluun nimikkeen saldoprofiilin kuukausisummaustyökalua. Saldoprofiili erittelee nimikkeen varaukset ja ennustetarpeet. Myös saldoprofiilin hakemiseen voidaan soveltaa ODBC-kyselyä. Muita menekinhallintaa mahdollisesti helpottavia työkaluun haettavia kenttiä ovat nimikkeen varastosaldo ja nimikkeelle tehdyt tilaukset.

4.4.2. Työkalun käyttö

Ennustetyökalu käyttää ennustamiseen kolmea eri menetelmää: liukuva keskiarvo, painotettu liukuva keskiarvo ja eksponentiaalinen tasoitus. Kolmen eri menetelmän tarkoituksena on niiden antamien ennusteiden vertailtavuus ja näin ennustetarkkuuden paraneminen. Menetelmät eroavat toisistaan sekä laskennallisesti että tavalla, jolla ne reagoivat muutoksiin. Liukuva keskiarvo reagoi muutoksiin hitaimmin ja saattaa antaa virheellisiä ennusteita, jos nimikkeen menekissä on havaittavissa jyrkkä trendi. Toisaalta painotetun liukuvan keskiarvon on todettu reagoivan muita menetelmiä aggressiivisemmin muutoksiin, jolloin suuret vaihtelut menekissä saattavat vaikuttaa luotavaan ennusteeseen liikaa. Menekissä mahdollisesti esiintyneet nollajaksot vaikuttavat agresiivisesti sekä eksponentiaalisen tasoituksen sekä painotetun liukuvan keskiarvon antamiin ennusteisiin.

Liukuva keskiarvo laskee toteutuneen kulutuksen keskiarvon (12kk) perusteella ennusteen seuraavalle tarkastelujaksolle (*kk*). Laskentakaava huomioi tyhjäksi jätetyt toteutuneen kulutuksen alkiot. Seuraaville jaksoille muodostuu ennuste lasketusta keskiarvosta sekä havaitusta trendistä. Liukuva keskiarvo laskee trendin kulmakertoimen lineaarista regressiota käyttäen. Regressioon valitaan toteumapisteet 12 kuukauden ajalta ja sitä tasoitetaan ottamalla ennusteessa huomioon 40% kulmakertoimen arvosta.

Painotettu liukuva keskiarvo on toinen käytettävistä, keskiarvoistavista ennustemenetelmistä. Se huomioi ennusteessa toteumat viiden edellisen kuukauden ajalta. Uudempien toteumien painotus toteutetaan ennusteessa seuraavasti:

kk-1	40%
kk-2	30%
kk-3	15%
kk-4	10%
kk-5	5%

Edellisten kuukausien toteumien avulla saatava ennuste osoitetaan jaksolle (*kk*). Seuraavien jaksojen ennusteessa huomioidaan havaittu trendi. Trendin vaikutus lasketaan viimeisen kuuden kuukauden toteumapisteistä lineaarista regressiota käyttäen. Regression muodostamasta kulmakertoimesta huomioidaan jaksojen ennusteissa 40%.

Eksponentiaalinen tasoitus huomioi luotavassa ennusteessa toteumat seitsemän edellisen kuukauden ajalta. Luotava ennuste perustuu tarkasteltavien jaksojen ennustevirheeseen sekä havaittuun trendiin. Ennustevirheen sekä trendin vaikutusta ennusteeseen tasoitetaan vakioilla α ja β . Ennustevirheen tasoituksen kerroin α määräytyy toteumien keskijajonnan perusteella. Mitä suurempi on menekin vaihtelu, sitä aggressiivisemmin ennustevirhe vaikuttaa ennusteeseen.

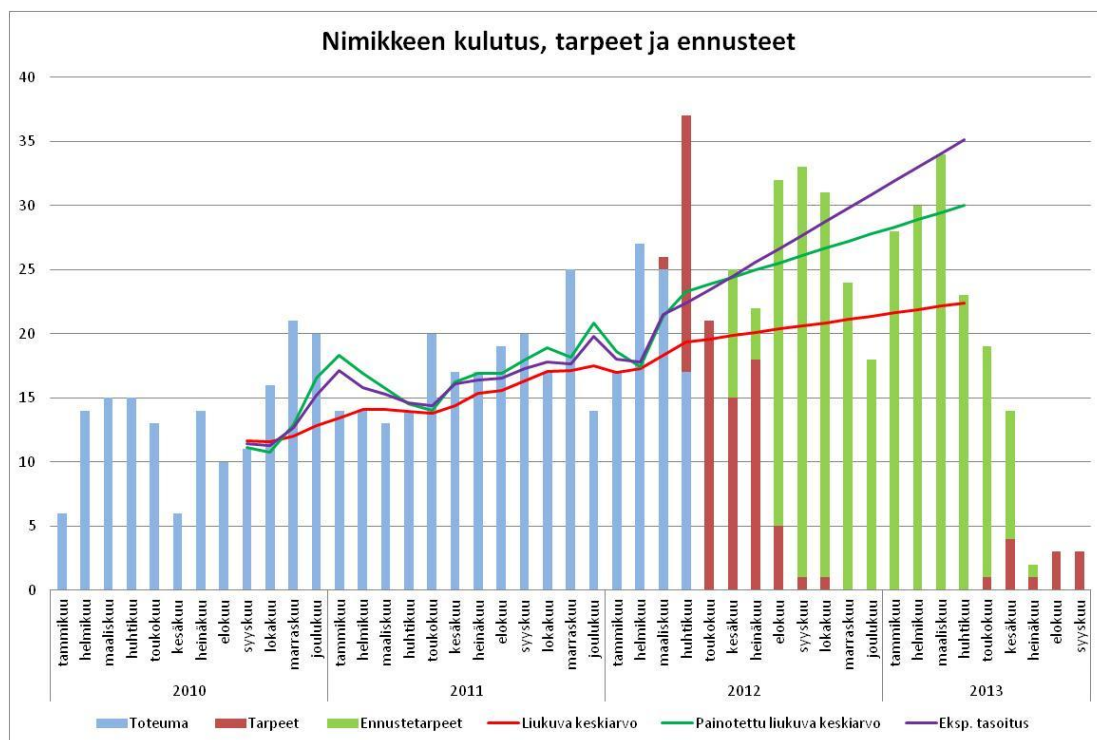
$\sigma < 2$	$\alpha = 0,2$ (20%)
$2 < \sigma < 5$	$\alpha = 0,3$ (30%)
$\sigma > 5$	$\alpha = 0,4$ (40%)

Havaitun trendin vaikutusta tasoitetaan vakiolla β . Vakion arvona on tarkasteluissa pääsääntöisesti käytetty 0,1 (10%), jolloin trendin vaikutus ennusteessa ei kasva liian hallitsevaksi. Tietyissä tapauksissa (menekissä havaittu jyrkkä trendi) on vakiona käytetty arvoa 0,45 (45%). Työkalun käyttäjän tulee käytettäviä parametreja määrittäessään arvioida menekin vaihtelevuutta sekä siinä ilmeneviä trendejä.

Ennustetyökalu tutkii nimikkeen menekin ennustettavuutta kahdella tavalla. Liian pieni toteutunut kulutus ei mahdollista tulevaisuuden ennustamista toteutuneen kulutuksen perusteella. Ennustettavuuden rajaksi on asetettu neljän kappaleen menekki viimeisen neljän kuukauden aikana. Toisaalta vaihtelun kerroin (COV) vertaa näytteiden keskihajontaa sekä keskiarvoa. Ennustettavuuden rajaksi on asetettu $COV > 0,8$. Näiden ehtojen toteutuessa työkalu antaa nimikkeen menekille ennusteet. Muuten ennusteriveille ilmestyy arvo 9999.

4.4.3. Työkalun antamia tuloksia

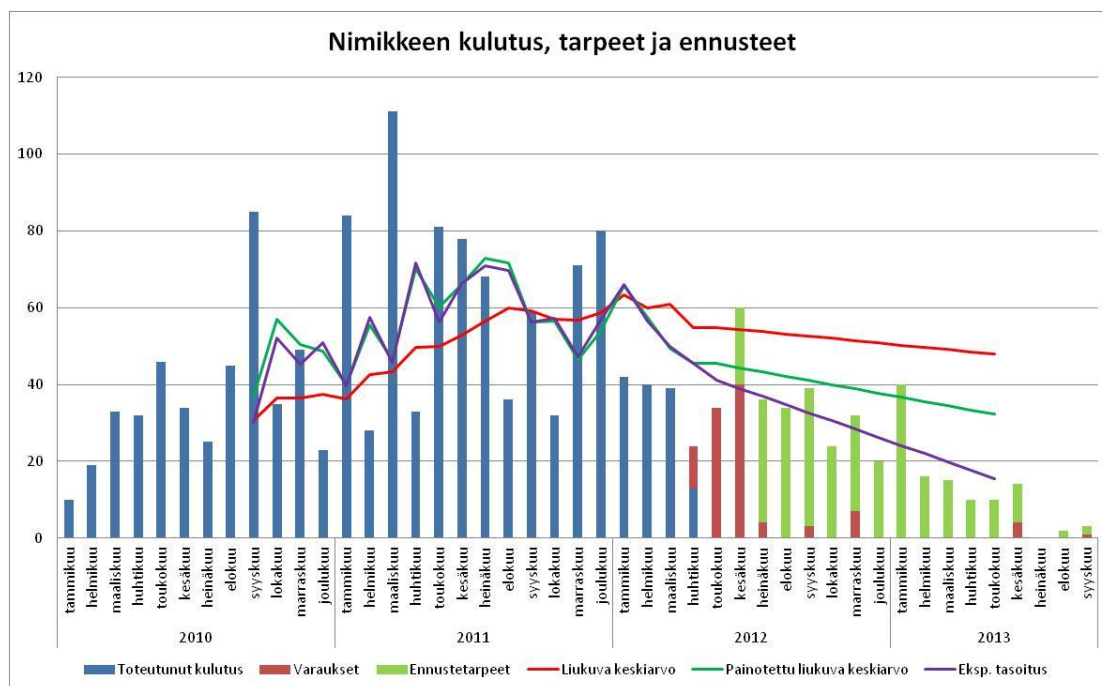
Kuvissa 4.13.-4.15. esitetään ennustetyökalulla saatuja tuloksia S-, V- ja I-nimikkeille. Kuvissa näkyvät nimikkeen toteutunut menekki, varatut tarpeet, ennustetarpeet sekä eri menetelmien luomat ennusteet. Kuvissa sinisellä kuvataan nimikkeen toteutunutta menekkiä, punaisilla palkeilla nimikkeelle luotuja valmistusrakenteiden mukaisia kuukausikohtaisia varauksia ja vihreillä palkeilla ennustevarauksia. Kuvissa punainen viiva osoittaa liukuvan keskiarvon luoman menekin ennusteen, vihreä viiva painotetun keskiarvon luoman ennusteen ja violetti eksponentiaalisen tasoituksen ennusteen. Varsinaista työkalun luomia ennusteita voidaan lukea tarkasteluhetkestä, huhtikuusta 2012 eteenpäin. Ennusteita on tehty myös historiaan, jotta ymmärretään eri menetelmien reagoiminen menekin muutoksiin. Historiaan tehdyt ennusteet on luotu yksi kuukausi kerrallaan. Esimerkiksi kuvassa 4.13. kesäkuun 2011 ennuste on luotu sitä edeltävien menekin toteutumien perusteella.



Kuva 4.13. Työkalun luomat ennusteet S-nimikkeelle.

S-nimikkeelle voidaan kohtalaisen luotettavasti luoda ennusteita tarvelaskennan perusteella. Tulosten perusteella suurin hyöty työkalun käytöstä S-nimikkeiden kohdalla on menekin ja tarpeiden visualisointi, josta voidaan nähdä keskimääräinen menekki ja menekissä esiintyvät trendit. S-nimikkeille tärkeintä on varmistaa niiden saatavuus juuri tarveaikana sekä varastotason optimointi. Kuvasta 4.13. havaitaan liukuvan keskiarvon reagoivan hitaimmin muutoksiin ja vallitsevaan trendiin. Tällöin vahvasti kasvavalle menekille liukuvan keskiarvon ennuste saattaa olla liian negatiivinen. Toisaalta eksponentiaalisen tasoituksen ennuste näyttää reagoivan kaikista aggressivisimmin havaittuun trendiin, jolloin menekin kasvuennuste saattaa olla jopa liian positiivinen.

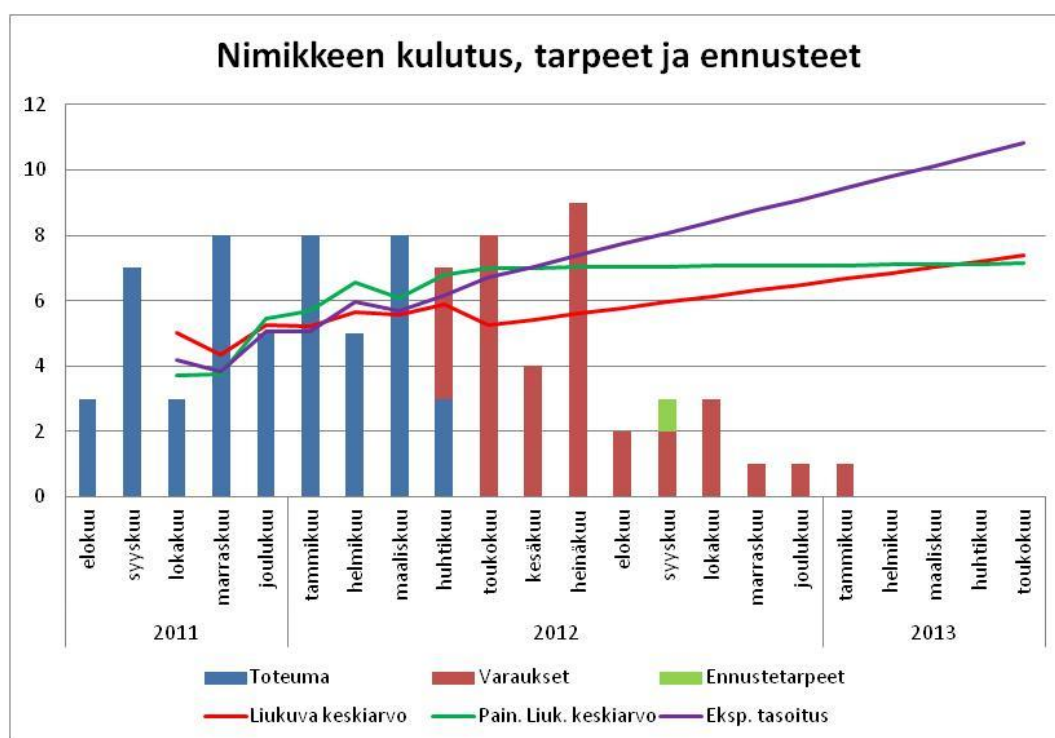
Kuvassa 4.14. esitetään V-nimikkeen toteutunut menekki, varukset, ennustetarpeet sekä työkalun luomat ennusteet.



Kuva 4.14. Työkalun luomat ennusteet V-nimikkeelle.

V-nimikkeiden ennusteissa tärkeintä on menekin keskiarvoistaminen. Menekkipiikkeihin on vastattava riittävän palvelutason mahdollistavalla varmuusvarastolla. Verrattaessa toteutunutta menekkiä ja tarvelaskennan tarpeita voidaan havaita, että nimikkeen kaikki tarpeet eivät ilmene ennusterakenteiden perusteella. Tällöin tarveprofiilin perusteella tehtävästä ennusteesta muodostuu liian negatiivinen tulevan kulutuksen suhteen. Historiaan pohjautuvat ennusteet saattavat antaa todellisemman kuvan tulevasta menekistä. Toisaalta V-nimikkeiden kohdalla ennusterakenteet saattavat ennustaa todellista kulutusta huomattavasti suurempaa menekkiä. Tällöin ennustettaessa menekkiä toimittajalla puhtaasti ennusterakenteiden perusteella nimikkeen varastotaso tulee kasvamaan. Toteutuneen menekin profiili ja sen perusteella luodut ennusteet antavat tällaisessa tilanteessa todellisemman kuvan tulevasta menekistä.

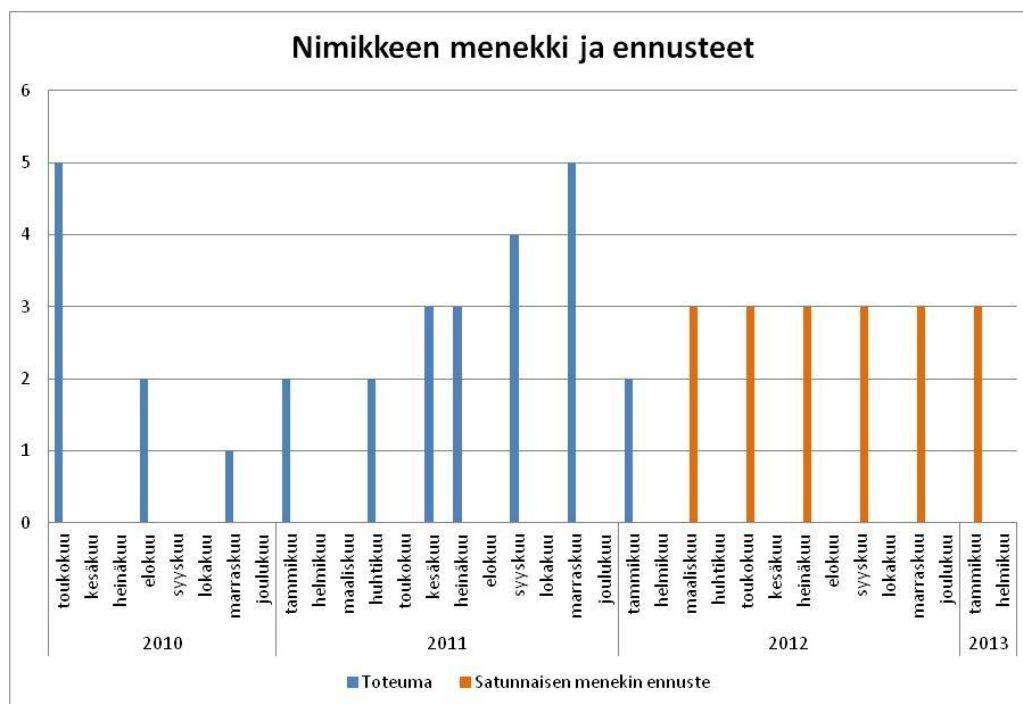
Kuvassa 4.15. esitetään I-nimikkeen toteutunut menekki, tarvelaskennan luomat tarpeet sekä työkalun luomat ennusteet. Kuvasta voidaan havaita että nimikkeen tarpeet ilmenevät laitteiden valmistusrakenteiden valmistuttua. Nimikkeelle ei juurikaan esiinny liittymiä ennusterakenteiden kautta. Tällöin tarvelaskentapohjainen menekin ennustaminen on käytännössä mahdotonta.



Kuva 4.15. Työkalun luomat ennusteet I-nimikkeelle.

Myös historiatietoon pohjautuvat I-nimikkeelle luotavat ennusteet sisältävät epävarmuutta. Toteutunut menekki antaa kuvan kohtuullisesta kulutuksesta, mutta nimikkeen liittyessä tiettyyn laitteiden toimitusmaahan todelliset tarpeet riippuvat tulevista asiakas-tilauksista. Laskennallisesti luodut ennusteet I-nimikkeille ovat suuntaa-antavia. Vasta laitteiden valmistusrakenteiden vapauttaminen antaa todellisen kuvan tulevista tarpeista. Vapautettujen valmistusrakenteiden aikajänne on tyypillisesti huomattavasti lyhyempi kuin nimikkeiden ennusteajajänne.

I-nimikkeille on tavallista kohtalaisen pieni ja vaihteleva menekki. Myös menekin nollajaksoja esiintyy, joihin ennustetyökalun ennustemenetelmät reagoivat aggressiivisesti. Näille nimikkeille sopivampi kvantitatiivinen ennustemenetelmä saattaisikin olla satunnaisen menekin ennustemenetelmä, joka huomioi menekin nollajaksojen sekä esiintyneet menekkipiikit erikseen. Menetelmä ennustaa tarvepiikkien välisten nollajaksojen määrän vertaamalla toteutunutta menekkipiikkien taajuutta. Esiintyvien menekkierien suuruus ennustetaan vertaamalla toteutuneita eriä. Kuvassa 4.16. esitetään I-nimikkeelle luotu satunnaisen menekin ennuste. Ennusteessa menekkierien suuruuden sekä taajuuden ennustamiseen on käytetty tasoituksen kertoimia a ja b . Kertoimien arvoina on käytetty $a = 0,5$ (50%) ja $b = 0,5$ (50%).

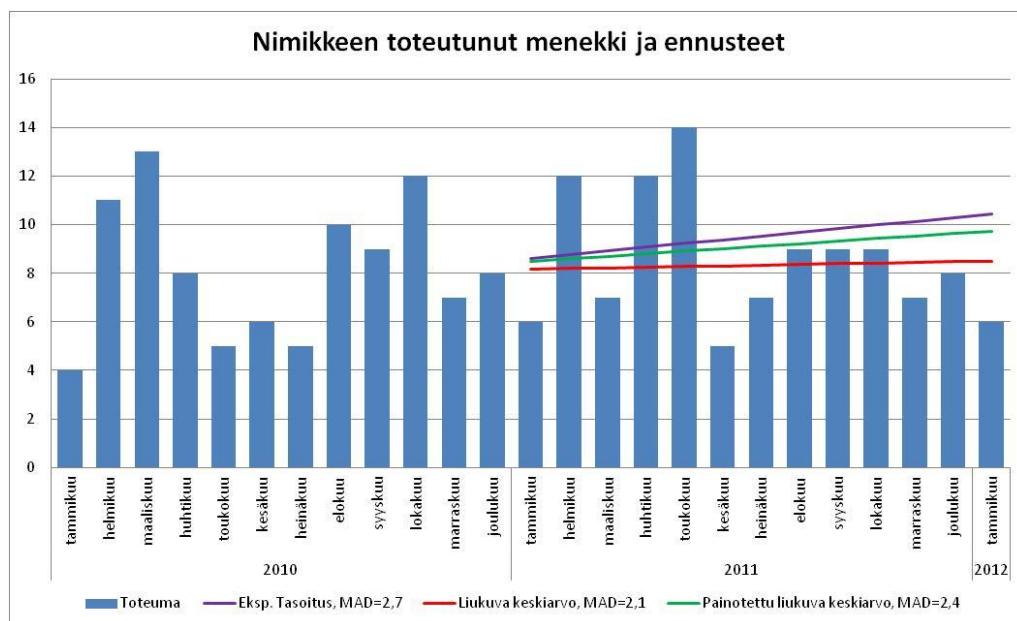


Kuva 4.16. Satunnaisen menekin ennustemenetelmällä luotu ennuste I-nimikkeelle.

Satunnaisen menekin ennustementelmä ei ota huomioon menekissä havaittua trendiä vaan luotava ennuste päivitetään aina havaitun menekkierän yhteydessä.

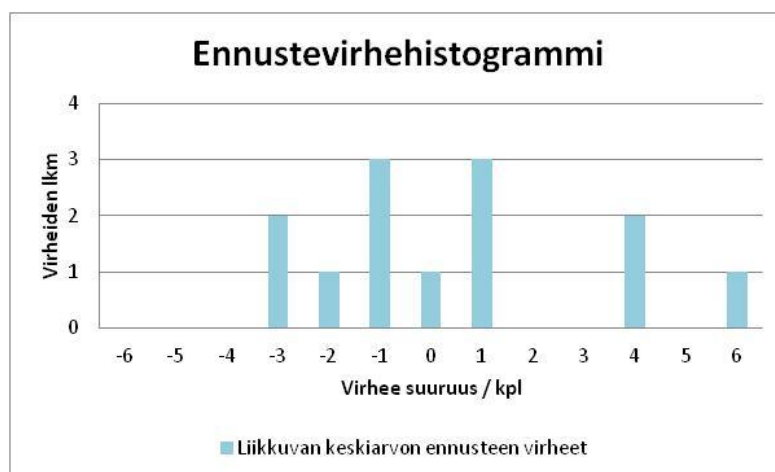
4.5. Menetelmän verifiointi

Menetelmän verifiointi tehdään vertaamalla työkalun luomia ennusteita nimikkeiden toteutuneisiin kulutuksiin. Kuvissa 4.17., 4.19., 4.20. ja 4.21. esitetään muutaman nimikkeen toteutunut menekki vuoden ajalta ja tämän historiadatan perusteella luodut ennusteet. Ennustetyökalun verifiointiin on käytetty eri nimikkeitä kuin työkalun luomiseen ja parametrien asettamiseen. Saatuja ennusteita verrataan toteutuneisiin menekkeihin laskemalla menekkiennusteet yhden vuoden toteutuneiden kulutuksien perusteella. Eri menetelmille on laskettu ennusteiden keskivirheet (MAD). Kuvassa 4.17. menetelmä verifioidaan S-nimikkeelle. Kuvassa ennusteet on luotu vuoden 2010 toteutuneen kulutuksen perusteella. Saatuja ennusteita verrataan vuoden 2011 toteutuneeseen kulutukseen.



Kuva 4.17. Ennusteiden verifiointi S-nimikkeellä.

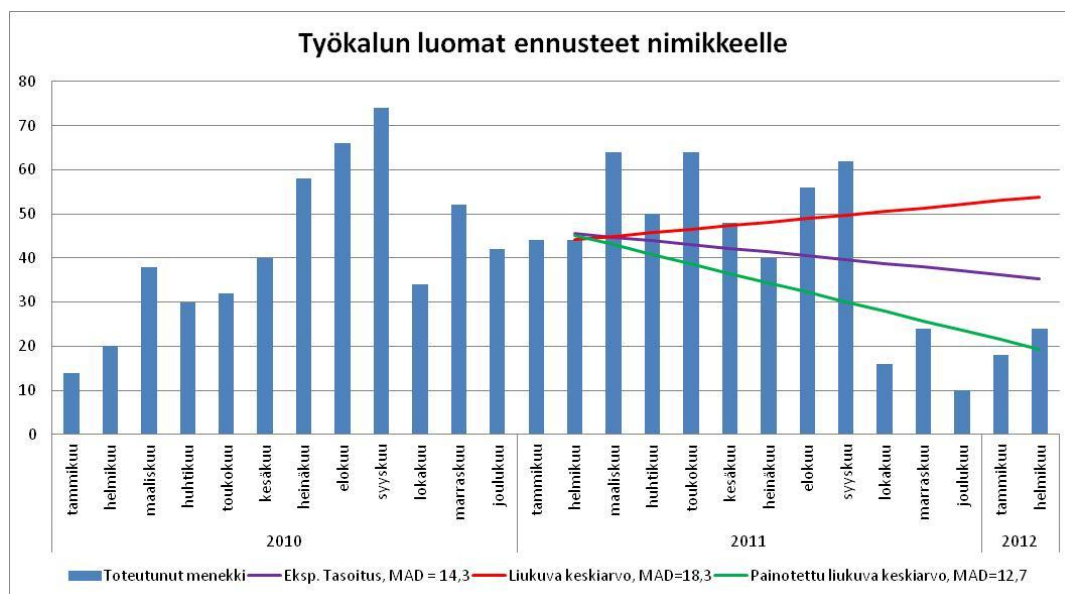
Kuvassa 4.17. esitetyistä ennusteista liukuvalla keskiarvolla on saavutettu pienin ennustevirhe ($MAD = 2,1$). Ennusteessa on siis ollut kuukausittain keskimäärin kahden kappaleen virhe. Verrattaessa virhettä kokonaisvolyymiin ennustevirhe vaikuttaa kohtalaiseen suurlta. Toisaalta esiintyneiden virheiden keskiarvo on 0,2 ja keskihajonta 2,7 kpl, jolloin voidaan arvioida keskiarvoistavan ennusteen tarkkuus riittäväksi. Kuvassa 4.18. esitetään virheiden suuruuksista ja kappalemääristä muodostettu histogrammi.



Kuva 4.18. Ennustevirrehistogrammi S-nimikkeen ennusteelle.

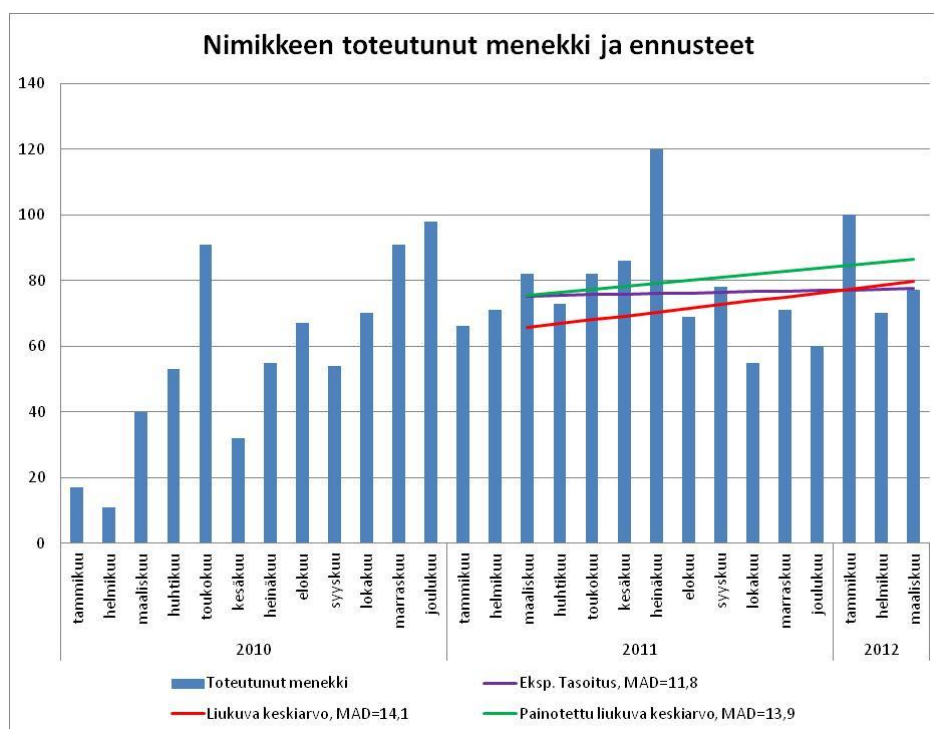
Kuvassa 4.19. ennustemenetelmiä verifioidaan V-nimikkeelle. Ennuste on luotu tammikuuhun 2011 mennessä toteutuneen kulutuksen perusteella. Eri menetelmillä luoduissa ennusteissa havaitaan eroavaisuutta havaitun trendin tulkinnan suhteen. Liukuva keskiarvo havaitsee ennusteessa vuoden aikana kasvaneen kulutuksen, kun taas painotettu keskiarvo huomioi puolen vuoden aikana laskeneen trendin. Mikään menetelmä ei pysty

ennustamaan lokakuussa 2011 tapahtunutta merkittävää menekin tason laskua. Tason lasku on ennustettava harkinnanvaraisia tekniikoita käyttäen.



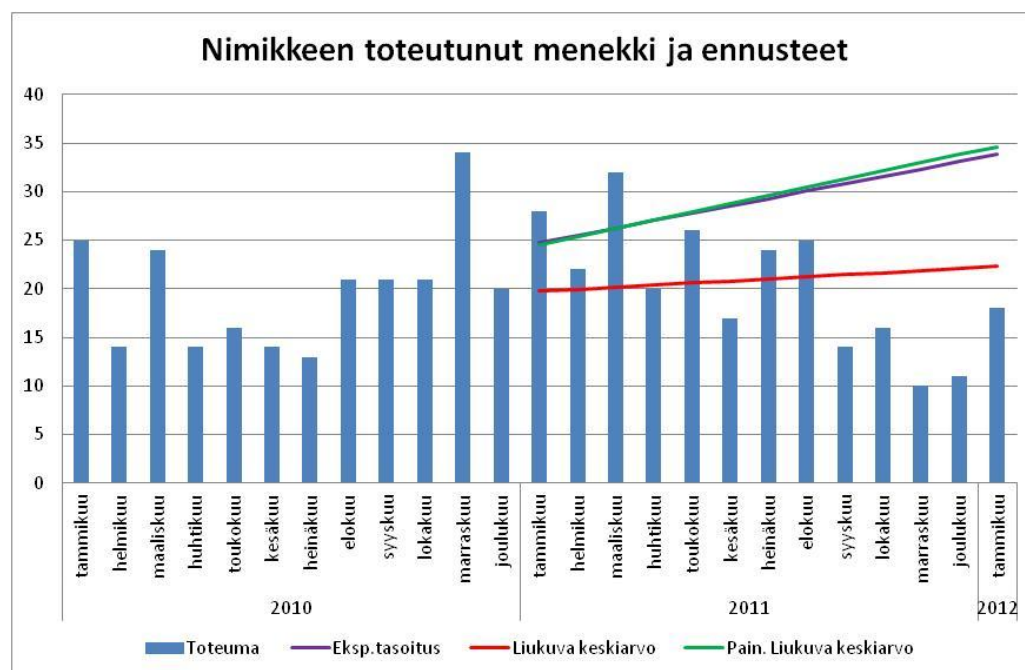
Kuva 4.19. Ennusteiden verifioiminen V-nimikkeellä.

Arvioitaessa ennustetarkkuutta V-nimikkeelle, jossa tarkasteluaikana ei ole tapahtunut menekin tason laskua (kuva 4.20.), voidaan havaita kohtalaisen hyviä tuloksia. Paras tarkkuus mittauksessa on saavutettu eksponentiaalisen tasoituksen menetelmällä (MAD = 11,8 joka on 15% kuukausivolyymistä). Eksponentiaalisen tasoituksen virheen keskiarvo oli 2,3.



Kuva 4.20. Ennusteiden verifioiminen V-nimikkeellä.

Kuvassa 4.21. esitetään suurin ennustetyökalun antamiin ennusteisiin liittyvä ongelma. Tehtäessä ennuste ajanhetkellä, jolla trendi on kääntymässä laskeväksi tai nouseväksi (menekin aallonharjalla tai pohjalla), ennustetyökalu antaa liian positiivisia tai negatiivisia ennusteita. Kuvan 4.21. nimikkeen ennuste on tehty menekin aallonharjalla, jolloin työkalun ennusteet antavat liian positiivisen kuvan tulevasta kulutuksesta.



Kuva 4.21. Työkalun luomat ennusteet menekin trendin muutostilanteessa.

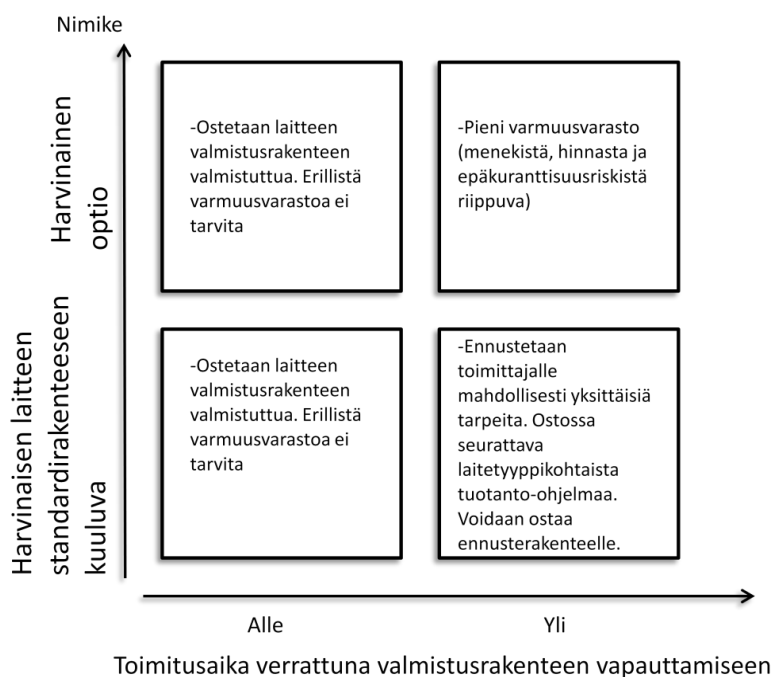
Työkalun laskiessa ennusteita havaitun menekin trendin perusteella se ei pysty havaitsemaan tulevaa muutosta trendiin. Tästä syystä ennusteprosessiin on liitettävä harkinnanvaraisuutta. Trendin muutos voi johtua esimerkiksi markkinatilanteen muuttumisesta tai nimikkeen käytön vähentämisestä. Tällaisiin muutoksiin ennustetyökalu ei pysty reagoimaan vaan se olettaa havaitun menekin tason ja trendin jatkumisen.

5. TYÖN TULOKSET

Tutkimuksessa Sandvikin maanalaisen poralaitetuotannon käyttämät ostettavat nimikkeet jaettiin luokkiin. Luokittelulla pyrittiin löytämään nimikkeitä, joiden kehittyneemmällä menekinhallinnalla voitaisiin estää tuotannossa esiintyviä osapuutteita sekä optimoida materiaalivaraston arvoa. Nimikkeiden karkea jaottelu suoritettiin toimitusajan ja hankintahinnan suhteen. Jatkotarkasteluun valittiin niiden luokkien nimikkeet, joilla on pitkä toimitusaika ja merkittävän suuri hankintahinta. Jatkotarkastelussa nimikkeitä tarkasteltiin niiden menekin sekä menekin luonteen perusteella. Näin havaittiin neljä eri käyttäytymismallia:

1. Harvoin käytettävät nimikkeet.
2. S-nimikkeet (Stable-items).
3. V-nimikkeet (Volatile-items).
4. I-nimikkeet (Intermittent-items).

Harvoin käytettäville nimikkeille luotiin ostoa sekä varastonhallintaa helpottava nelikenttä (kuva 5.1.).



Kuva 5.1. Harvoin käytettävien nimikkeiden nelikenttä.

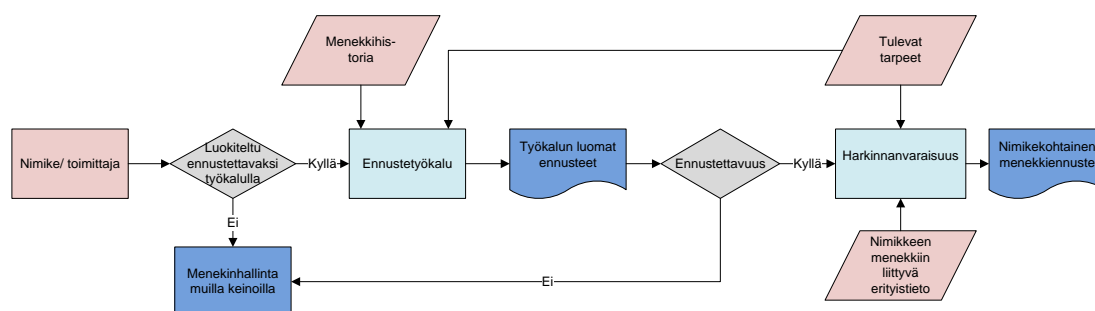
Sandvikin ostettavien nimikkeiden portfolio sisältää runsaasti nimikkeitä, joiden käyttö on satunnaista, jolloin niiden kaikkien varastointi ei ole mahdollista eikä taloudellisesti kannattavaa. Nelikentällä pyritään mahdollistamaan hyvä palvelutaso tuotannolle kasvattamatta liikaa materiaalivaraston tasoa tai arvoa.

S-nimikkeiden käyttäytymistä kuvaa kohtalaisen tasainen ja tarvelaskennan perusteella arvioitavissa oleva menekki. Näille nimikkeille tarpeet määräytyvät tuotantoon ajoitettujen laitetyyppien mukaan. Näin myös tuotantosuunnitelmaan liitettävä laitteen ennustet rakenne pitää hyvin paikkansa S-nimikkeiden osalta. Menekinhallintaan aiheuttaa haasteita muutokset tuotanto-ohjelmassa sekä saatavuuteen liittyvät ongelmat. S-nimikkeiden menekinhallinnassa tärkeintä on saatavuuden varmistaminen, mutta toisaalta varastotasojen pitäminen alhaisena korkean hankintahinnan johdosta.

V-nimikkeisiin liittyy usein pitkä hankinta-aika, suuri ja vaihteleva menekki. Usein nimikkeitä on ostettava ennustetarpeille. Tarvelaskennan luomat ennustetarpeet pitävät osin paikkansa. Todelliset tarpeet määräytyvät laitteelle valitun spesifikaation ja optioiden yhdistelmänä. V-nimikkeiden toimittajat ovat pääsääntöisesti suuria, korkean teknologian toimittajia, joihin vaikutusmahdollisuudet voivat olla rajalliset. Nimikkeiden menekin heilahteluihin on varauduttava varastoinnilla, mutta lyhyet osapuutetilanteet on pääsääntöisesti hallittavissa erityisjärjestelyin.

I-nimikkeiden menekki on pieni ja vaihteleva. Pääsääntöisesti niiden tarpeet tiedetään laitteiden valmistusrakenteiden vapauduttua. I-nimikettä ei tavallisesti voida ostaa tarvelaskennan asettamien ennustetarpeiden mukaisesti. I-nimikkeen tarve määräytyy laitteen toimitusmaan ja laitteelle valitun spesifikaation sekä optioiden mukaan. I-nimikkeen menekissä esiintyy ennustamisen kannalta haastavia nollajaksoja. Tavallisesti I-nimikkeiden osien toimitusaika saattaa olla huomattavasti pidempi toimittajalle kuin nimikkeen toimitusaika Sandvikille. Tällöin toimittajan on varastoitava tarvittavia nimikkeen komponentteja.

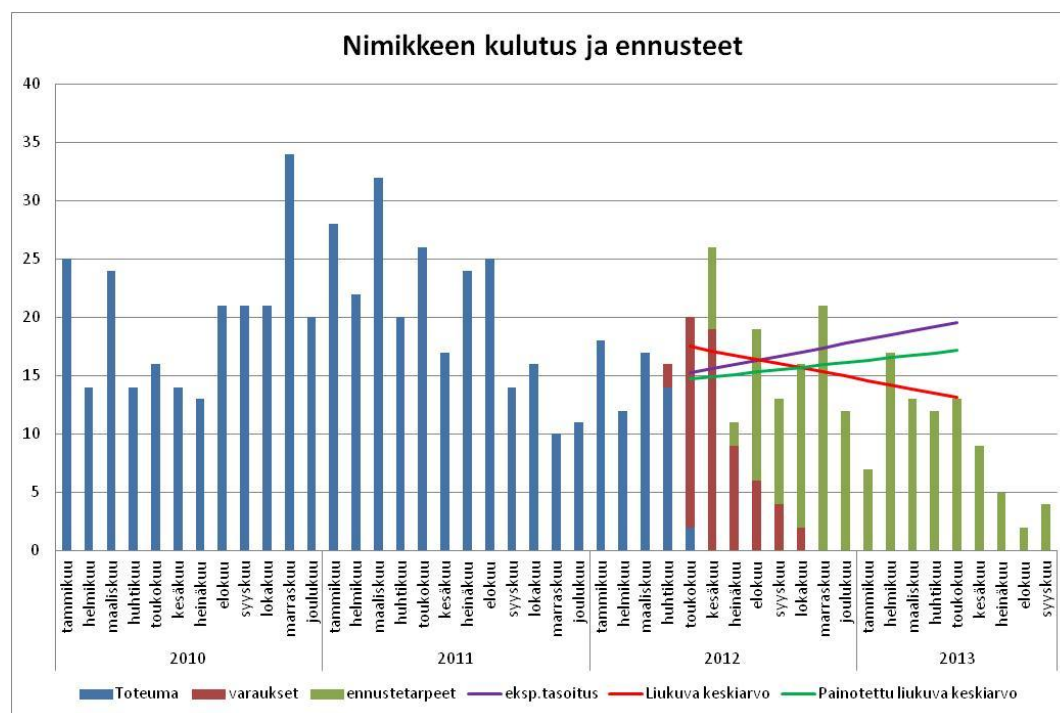
Kolmeen jälkimmäiseen luokkaan sovelletaan luotua ennusteprosessia. Ennusteprosessi sisältää menekkihistorian ja kvantitatiivisten ennustemenetelmien avulla generoituvat ennusteet sekä ennusteiden harkinnanvaraisuuden (kuva 5.2.).



Kuva 5.2. Ennusteprosessi.

Kvantitatiivisiksi menetelmiksi valittiin liukuva keskiarvo, painotettu liukuva keskiarvo ja eksponentiaalinen tasoitus. Kaikki menetelmät ottavat ennusteissa huomioon menekissä havaitun trendin. Harkinnanvaraisuus käsittää tulevien tarpeiden arvioimisen nimikettä koskevan käytössä olevan tiedon perusteella. Tällaisia tietoja voivat olla esimerkiksi nimikkeen korvautuminen, tuotannon tuotemixin vaihtelu tai markkinatilanteen merkittävät heilahtelut.

Nimikkeen menekin ja tarpeiden visualisoiminen sekä historiatietoon pohjautuvat ennusteet luodaan ennustetyökalulla. Työkalu toimii Office excel-ympäristössä ja se käyttää tuotannonohjausjärjestelmän ja excelin välistä rajapintaa tarpeellisen tiedon hakuun. Työkalu antaa ennusteen kolmella eri ennustemenetelmällä, jotka ottavat huomioon menekissä havaitun trendin. Lisäksi työkalu arvioi menekin ennustettavuutta työkalun avulla. Kuvassa 5.3. näytetään esimerkki työkalun avulla luotavasta nimikkeen menekienennusteesta.



Kuva 5.3. Ennustetyökalun antama näkymä ennustajalle.

Ennustetyökalun avulla voidaan visualisoida nimikkeen menekkihistoria, tarvelaskenta-prosessin luomat laitevaraukset sekä ennustetarpeet. Visualisointi auttaa ennustajaa hahmottamaan tapahtuneet muutokset menekissä sekä mahdollisen trendin. Eri menetelmin luodut ennusteet tukevat ostajaa tulevan menekin ennustamisessa.

Ennustetyökalun avulla saadut tulokset osoittavat menetelmän käyttökelpoisuuden tiettyä säännönmukaisuutta menekissään osoittavien nimikkeiden osalta. Menetelmän heikkous on se, ettei se huomioi tulevaan menekkiin vaikuttavia muuttujia. Tästä syystä työ-

kalun avulla luotujen menekkiennusteiden luotettavuus vaihtelee merkittävästi nimikekohtaisesti. Suurimmat ennustevirheet syntyvät tilanteissa, joissa menekin trendi on aallonpohjassa tai aallon harjalla. Toisaalta suuret muutokset menekin tasossa aiheuttavat ennustevirhettä työkalulla luotuihin ennusteisiin. Suuriin muutoksiin on reagoitava harkinnanvaraisilla ennustetekniikoilla.

6. PÄÄTELMÄT

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen johtopäätöksiä ja arvioidaan sen onnistumista. Johtopäätöksissä pohditaan työn tuloksia kokonaisuutena sekä niiden merkitystä. Luvussa esitetään konkreettiset toimenpidesuositukset ja niiden rajoitukset sekä tutkimuksen aikana havaittuja tarpeita jatkokehitystoimenpiteille. Jatkokehitystoimenpiteitä esitetään myös tutkimuksen pääkontekstia sivuaville mutta nimikkeiden menekinhallintaan merkittävästi vaikuttaville toiminnoille.

6.1. Johtopäätökset

Operatiivisella osto-organisaatiolla on vastuu tarvittavien nimikkeiden menekin ennusteista. Kuitenkin ennusteiden luomiseen käytettäviä työkaluja on erittäin vähän. Ennusteet ovat perustuneet MRP-laskennan luomiin ennustetarpeisiin ja ostajan kokemukseen nimikkeen menekistä. Kuten todettu jo aikaisemmin tilastollisen BOM-ennustamisen mahdollistama ennustetarkkuus on kohtalaisen heikko ja vaihtelee runsaasti nimikeluokittain. Ennustamisessa ei ole aikaisemmin huomioitu historian toteutuneeseen menekkiin perustuvaa tietolähdettä.

Ottamalla käyttöön nimikkeen toteutuneeseen kulutukseen perustuvan tarkastelun tulevaisuuden ennusteiden luomisessa mahdollistetaan ennustetarkkuuden kasvu ja näin ollen myös estetään osaltaan osapuutteiden esiintymistä sekä varaston arvon kasvua. Nimikkeen toteutuneen menekin visuaalinen tarkastelu auttaa ostajaa ymmärtämään nimikkeen ja sen menekin käyttäytymiseen liittyviä muuttujia. Visuaalinen esitys auttaa lisäksi todellisen menekin tarkastelussa sekä trendien havaitsemisessa.

Toteutuneen nimikkeen menekin perusteella generoituvat ennusteet antavat suuntaa menekin käyttäytymiselle tulevaisuudessa. Historiaan pohjautuvat ennusteet ovat menekkiä keskiarvoistavia ja ne ottavat huomioon havaitun trendin. Nimike-ennustetta luodessaan ostaja voi yhdistää työkalun luomat ennusteet omaan näkemykseensä tulevasta menekistä. Lopputuloksena saadaan tarkempi ennuste kuin kummallakaan menetelmällä yksistään.

6.2. Tutkimuksen tarkastelu

Tutkimukselle asetettiin liiketaloudellisiksi tavoitteiksi varaston arvon kohtuullistaminen ja toimitusvarmuuden kasvattaminen pitkällä aikajänteellä. Saatujen tutkimustulosten ja esiteltyjen kehitystoimenpiteiden ei voida yksiselitteisesti todentaa täyttävän näitä

tavoitteita. Tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista käyttämällä tutkimuksen tuloksia ja havaintoja tehokkaasti operatiivisen hankinnan menekinhallinnan ongelmakentässä. Toisin sanoen käytettäessä valittujen nimikkeiden menekinhallintaan ja ennustamiseen riittävä määrä resursseja ja esiteltyä toimintamallia voidaan mainitut tavoitteet saavuttaa vähintään yhden vuoden aikajänteellä. Tutkimuksella saavutettavat liiketaloudelliset hyödyt riippuvat pitkälti siinä esitellyn toimintamallin implementoinnin onnistumisesta sekä sen käyttökelpoisuudesta operatiivisen hankinnan keskuudessa. Ennustetyökalun käyttäjien asenne historiatiedon käyttämiseen tulevaisuuden ennustamisessa vaikuttaa merkittävästi saataviin tuloksiin.

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia Sandvikin käyttämien ostonimikkeiden menekinhallintaa sekä esittää tämän kehittämiseksi toimintamalli, joka sisältää ennustemenetelmän. Tutkimuksessa esiteltiin toimintamalli, johon on sovellettu menekinhallintaan liittyvää tieteellistä tutkimusaineistoa. Toimintamallissa on otettu huomioon myös tutkimuksen kohdeyrityksen toimintaympäristö. Näin ollen voidaan todeta, että asetettu tavoite on täytetty.

6.3. Jatkokehitystoimenpiteet ja suositukset

Ennusteprosessi ja ennustetyökalu voidaan implementoida käyttöön kahdella tavalla. Työkalua voidaan käyttää joko excel-pohjaisena ostajan ennusteprosessia avustavana työkaluna tai menetelmästä voidaan luoda Cognos-raportti. Cognos on Sandvikilla erityisesti raportointiin käytetty portaali.

Excel-pohjaisena työkalun käyttö vaatii ostajalta käsityötä, johon sisältyy tarvittavien rajapinta-ominaisuuksien käyttöönotto, menekikyselyt ERP-järjestelmästä, tarvittavan visuaalisen esityksen luominen ja oman työkalun ylläpito. Lisäksi käyttö saattaa vaatia käyttökoulutusta tarvittavien tulosten aikaansaamiseksi. Työkalun käytön vaatiman käsityön voidaan olettaa vähentävän sen käyttöä ostajien keskuudessa. Toisaalta, käytettäessä työkalua excel-pohjaisena, muodostettavien ennusteiden ja työkalun toiminnan läpinäkyvyys säilyy, jolloin sen antamat tulokset saattavat näyttäytyä luotettavampina. Lisäksi ostaja voi helpommin tarkastella edellisten ennusteiden tarkkuutta ja muokata ennustemenetelmiin liittyviä parametreja tarkkuuden parantamiseksi.

Cognos-raportin luominen helpottaisi ennustetyökalun käyttöä ja madaltaisi käyttöönottokynnystä. Raportin lähtötiedoksi riittää nimikekoodi, jonka avulla raportti hakee tähän liittyvän menekkihistorian, tulevat varaukset, ennustetarpeet, varastosaldon ja tehdyt tilaukset. Lisäksi raportti laskee esitellyillä menetelmillä historiatietoon pohjautuvat ennusteet. Raportin käyttö saattaa vähentää laskettavien ennusteiden läpinäkyvyyttä ja voi heikentää ostajien luottamusta niihin. Raporttiin voidaan lisätä täytettävät kentät parametreille, jotka vaikuttavat ennusteiden aggressiivisuuteen menekin heilahteluiden tai trendien havaitsemisen suhteen.

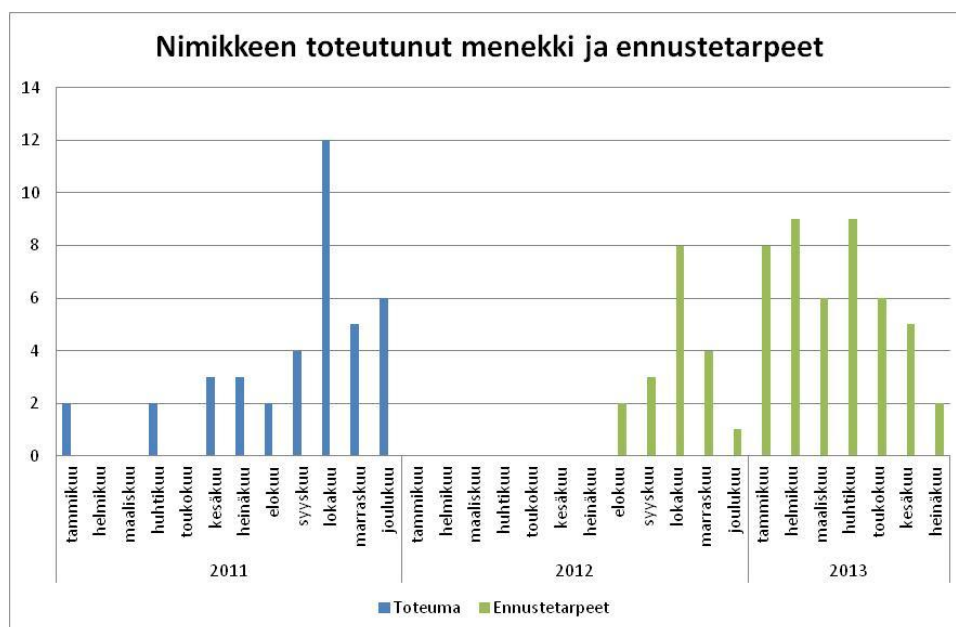
6.3.1. Nimikkeiden varastonsiirrot

Tutkittaessa nimikkeen menekkiä sen kulutuksen perusteella on menekki-impulssin antavan informaation oltava mahdollisimman virheetöntä. Tästä syystä nimikkeen tuotantoon siirtämisestä aiheutuvan keräilyimpulssin on kirjauduttava ERP-järjestelmään sen todellisena tarveaikana.

Joidenkin nimikkeiden kohdalla impulssia ei synny vaikka nimike on jo tuotannossa. Tämä voi liittyä materiaalivarauksiin tai vaihemalleihin. Tästä syystä vaihemalleja ja niiden materiaalivarauksia voi olla syytä tarkentaa. Lisäksi työntekijöitä, jotka käyttävät normaaliin laitekeräilyyn kuulumattomia nimikkeitä, voi olla tarpeen kouluttaa laitteen keräilylistan käyttöön. Oikea-aikaisilla varastomerkinnoilla estetään virheelliset varastosaldojen tulkinnat ja niiden inventoinnit. Lisäksi nimikkeen saldoprofiilin tulkitsija saa todellisen kuvan tuotannon toteutuneesta ajoituksesta sekä mahdollisesta jättämästä. Näin ollen myös nimikkeiden oikea-aikainen hankinta helpottuu.

6.3.2. Ennusterakenteiden tarkentaminen

Bruttotarvelistan ennustetarkkuutta, tarvelaskennan tarkkuutta voidaan parantaa päivittämällä laitteiden ennusterakenteet vastaamaan mahdollisimman hyvin peruslaitteiden todellisia rakenteita. Kuvassa 6.1. esitetään esimerkki nimikkeestä, jonka käyttö on loppunut, mutta se liittyy tiettyjen laitteiden ennusterakenteisiin, jolloin tarvelaskenta ennustaa nimikkeelle tarpeita.



Kuva 6.1. Nimikkeen toteutunut menekki ja ennustetarpeet (ERP-kysely tehty 21.5.2012).

Ennusterakenteiden jatkuvalla päivittämisellä voidaan osin estää väärän ennusteinformaation jakamista toimittajille bruttotarvelistan välityksellä. Ennusterakenteiden päivittäminen tulisi olla rakennekäsittelijöiden sekä ostajien yhteistyössä tapahtuvaa toimintaa. Nimikkeen vastuullisen ostajan tulisi rakenteisiin tai nimikkeisiin liittyvien muutosten yhteydessä informoida rakennekäsittelijää tapahtuneesta muutoksesta, jolloin rakennekäsittelijä voi tarpeen mukaan muokata ennusterakenteita.

6.3.3. Komponenttien monikäyttöisyyden lisääminen

Korkean komponenttien monikäyttöisyyden asteen on todettu olevan kriittistä valmistavissa yrityksissä, joissa tuotannon volyyymi on kohtuullisen alhainen ja tuotteet varioituvat merkittävästi asiakaskohtaisesti. Monikäyttöisyyden lisäämisellä voidaan havaita ainakin seuraavia vaikutuksia:

- Hallittavien nimikkeiden määrän vähentyminen.
- Käytettävien nimikkeiden volyymin kasvu.
- Matalammat nimikkeiden hankintahinnat (teräsrakenteet – vähentyneet toimittajan asetusajat, muut komponentit – lisääntynyt tietyn komponentin kulutus).
- Materiaalihallinnan parempi palvelutaso tuotannolle.
- Varaston tason sekä arvon pienentyminen.
- Nimikkeiden menekinhallinta sekä ennustettavuus paranee
- Nimikkeiden parempi saatavuus.
- Komponenttien pienentynyt epäkuranttisuusriski.

Monikäyttöisyyttä voidaan merkittävästi lisätä suunnittelemalla laitteet koostumaan moduuleista. Tuotteiden moduloinnilla voidaan siirtää tilauksen kytketymispistettä kohti valmiita tuotteita (alavirtaan), jolloin tilaus-toimitusketjun kokonaisläpimenoaika lyhenee ja asiakkaille voidaan luvata lyhyempiä toimitusaikoja.

6.3.4. Nimikkeiden hallintaan käytettävät resurssit

Tutkimuksessa on tarkasteltu nimikkeitä, joiden operatiivinen osto vaatii erityisiä resursseja menekinhallinnan sekä ennustamisen osalta. Tutkimuksen aikana on törmätty tilanteisiin, jossa ostaja käyttää huomattavan määrän resursseja nimikkeiden menekinhallintaan, joiden saatavuudessa ei pitäisi esiintyä haasteita. Jatkotutkimusta voisi osoittaa tällaisten nimikkeiden menekinhallintaan. Voitaisiinko esimerkiksi nimikkeiden ohjausparametreja muuttamalla vähentää nimikkeiden menekinhallintaan kuluvia resursseja ja olisiko tällä merkittävää vaikutusta varastotasoihin? Voitaisiinko esimerkiksi nimikkeitä siirtää oston osalta käsiohjauksesta tarvelaskentapohjaiseen automaattiohjaukseen?

LÄHTEET

Andreassen, P. B. & Kraus, S. J. 1990. Judgemental extrapolation and the Salience of Change. *Journal of Forecasting*. Vol.9, Iss:4, pp.347-372.

Armstrong, J. S. 2001a. Combining Forecasts. In: Armstrong, J. S. 2001. *Principles of Forecasting*. Boston, Kluwer Academic Publishers. pp.417-439.

Armstrong, J. S. 2001b. Selecting Forecasting Methods. In: Armstrong, J. S. 2001. *Principles of Forecasting*. Boston, Kluwer Academic Publishers. pp.365-386.

Armstrong, J. S. 2001c. *Principles of Forecasting*. Boston, Kluwer Academic Publishers. 849s.

Benton, W. C. & Krajewski, L. 1990. Vendor Performance and Alternative Manufacturing Environments. *Decision Sciences*. Vol.21, Iss:2, pp.403-415.

Bragg, D. J., Duplaga, E. A. & Penlensky, R. J. 2005. Impact of product structure on order review/evaluation procedures. *Industrial Management & Data Systems*. Vol.105, Iss:3, pp.307-324.

Caniëls, M. C. J. & Gelderman, C. J. 2005. Purchasing strategies in the Kraljic matrix – A power and dependence perspective. *Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol.11, Iss:2-3, pp.141-155.

Cooper, M. C., Lambert, D. M. & Pagh, J. D. 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *International Journal of Logistics Management*. Vol.8, Iss:1, pp.1-14.

Croxton, K. L., Lambert, D. M., Garcia-Dastugue, S. J. & Rogers, D. S. 2002. The Demand Management Process. *International Journal of Logistics Management*. Vol.13, Iss:2, pp.51-66.

Duclos, L. K., Vokurka, R. J. & Lummus, R. R. 2003. A conceptual model of supply chain flexibility. *Industrial Management & Data Systems*. Vol.103, Iss:5, pp.446-456.

Flores, B. E. & Whybark, D. C. 1986. Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol.6, Iss:3, pp.38-46.

Gelderman, C. J. & Van Weele, A. J. 2003 Handling measurement issues and strategic directions in Kraljic's purchasing portfolio model. *Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol.9, Iss:5-6, pp.207-216.

Gupta, U. G. & Clarke, R. E. Theory and Applications of Delphi Technique: A Bibliography (1975-1994). 1996. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol.53, Iss:2, pp.185-211.

Heikkilä, J. & Ketokivi, M. 2005. *Tuotanto Murroksessa, Strategisen johtamisen uusi haaste*. Helsinki, Talentum Media Oy. 272s.

Jina, J., Bhattachara, A. K. & Walton, A. D. 1997. Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions. *Logistics Information Management*. Vol.10, Iss:1, pp.5-13.

Maines, L. A. 1996. An experimental examination of subjective forecast combination. *International Journal of Purchasing*. Vol.12, Iss:2, pp.223-233.

McIvor, R. 2001. Lean Supply: the design and cost reduction dimensions. *Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol.7, Iss:4, pp.227-242.

Mentzer, J. T., Moon, M. A., Estampe, D. & Margolis, G. 2007. Demand Management. In: Mentzer, J. T., Myers, M. B. & Stank, T. P. *Handbook of Global Supply Chain Management*. California, Sage Publication. pp. 65-85.

Milliken, A. L. 2006. Demand Planning: Managing the unforecastables. *The Journal of Business Forecasting*. Vol.25, Iss:2, pp.3-9.

Mohebbi, E. & Choobineh, F. 2005. The Impact of component commonality in assemble-to-order environment under supply and demand uncertainty. *The International Journal of Management Science*. Vol.33, Iss:6, pp.472-482.

Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*. Vol.85, Iss:3, pp.319-329.

Sanders, N. R. & Ritzman, L. P. 2001. Judgemental Adjustment of Statistical Forecasts. In: Armstrong, J. S. 2001. *Principles of Forecasting*. Boston, Kluwer Academic Publishers. pp.405-416.

Sandvik intra [viitattu 7.2.2012].

Saunders, M. 1997. 2. Edition. *Strategic Purchasing & Supply Chain Management*. Great Britain, Pearson Education Limited. 354s.

Schultz, C. 1987. Forecasting and Inventory Control for Sporadic Demand under Periodic Review. The Journal of the Operational Research Society. Vol.38, Iss:5, pp.453-458.

Selos, E., Cost Management Center (CMC) TTY, Sandvik. StrAgile-tutkimus- ja kehityshanke. 2010.

Stadtler, H. & Kilger, C. 2005. 3. Edition. Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies. Germany, Springer Berlin Heidelberg. 512s.

Stevenson, W. J. 2009. 10. International edition. Operations Management. New York. McGraw-Hill Irwin. 906s.

Tenhiälä, A. 2007. Logistics Processes, Integrated Accounting and Production Planning in mySAP ERP. Helsinki University of Technology. 197s.

Van Weele, A. J. 2005. 4. Edition. Purchasing & Supply Chain Management, Analysis, Strategy, Planning and Practise. Thomson Learning. 364s.

Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Jacobs, F. R. 2005. 5. Edition. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. Boston, McGraw-Hill/Irwin. 712s.

HAASTATTELUT

- H1. Haastateltava 1, Suunnittelupäällikkö. 6.3.2012. klo. 10-12.
- H2. Haastateltava 2, Suunnittelupäällikkö. Haastateltava 3, Sähkösuunnittelija. Haastateltava 4, Suunnittelupäällikkö. Haastateltava 5, Suunnittelupäällikkö. Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö. Haastateltava 7, Tuotannonohjaaja. 5.1.2012. klo. 9-12.
- H3. Haastateltava 8, Sourcing Manager/ Supply development/ Project manager. 20.2.2012. klo. 10-11.
- H4. Haastateltava 9, Rakennekäsittelijä. 1.3.2012. klo 13-14.
- H5. Haastateltava 10, Ostoinsinööri 1.3.2012. klo.11-12.
- H6. Haastateltava 11, Tuotannonohjauspäällikkö.

LIITE 1. ENNUSTEPROSESSI

