

Ari Happonen

MUUTTUVAAN KYSYNTÄÄN SOPEUTUVA VARASTONOHJAUSMALLI

Väitöskirja tekniikan tohtorin tutkintoa varten esitetään teknistaloudellisen tiedekunnan luvalla julkisesti tarkastettavaksi Lappeenrannan teknillisen yliopiston luentosalissa 1381, maanantaina 19. joulukuuta 2011 klo 12.00.

Ohjaaja Professori Jari Porras
 Tietoliikenneohjelmistot
 Tietotekniikan laitos
 Teknistoloudellinen tiedekunta
 Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Esitarkastajat Professori, TkT Jarkko Rantala
 Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
 Tampereen teknillinen yliopisto

 KTT, TkT Kaj-Mikael Björk
 Department of Technology
 IAMSR/Åbo Akademi University

Vastaväittäjät Professori, TkT Jarkko Rantala
 Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
 Tampereen teknillinen yliopisto

 TkT Kirsi Viskari
 Tutkimuspäällikkö
 Saimaan ammattikorkeakoulu

ISBN 978-952-265-194-5
ISBN 978-952-265-195-2 (PDF)
ISSN 1456-4491

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Digipaino

Tiivistelmä

Ari Happonen

MUUTTUVAAN KYSYNTÄÄN SOPEUTUVA VARASTONOHJAUSMALLI

Lappeenranta, 2011

180 sivua

Acta Universitatis Lappeenrantaensis 464

Väitöskirja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto

ISBN 978-952-265-194-5, ISBN 978-952-265-195-2 (PDF), ISSN 1456-4491

Tutkimuksen päätavoitteena oli muodostaa varastohallinnantueksi, muuttuvaan kysyntään sopeutettavien varastohallintaparametrien ohjaamisen viitekehys, joka olisi helposti toteutettavista tyypillisillä ja vapaasti saatavissa olevilla nykypäivän ICT-työkaluilla (Information and communication technologies). Viitekehyksellä tavoiteltiin mallia, jolla puskurivarastot voidaan sopeuttaa muuttuvaan kysyntään välttämättä kuitenkin samalla tuotantoprosessien katkoja, varastojen riitosta johtuvista syistä. Mallilla pyritään takaamaan tuotantoprosessin katkeamattomuuden, eikä mallissa näin ollen ensisijaisesti tavoitella puskurivarastojen ja varastoon sitoutuvan pääoman minimointia, vaan tarkoituksena on pyrkiä takaamaan tuotantoprosessin jatkuvuus, ennakoimalla kysyntämuutoksien vaikutuksia nimikekohtaiseen tarpeeseen nähden.

Ideologisesti sopeutuva varastohjausmalli perustuu tuotekohtaiseen kysyntäprofiiliin malliin ja tämän mallin sovittamiseen vallitsevaan ja ennakoituun näkymään markkinatilanteesta. Näin pyritään muodostamaan kysynnän ennakkotietoa lähitulevaisuuden tarvetiedon malliksi ja sopeuttaa varastotasot vastaamaan ennakoitua tarvetta. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti sellaisiin nimikkeisiin, joiden kysyntä on vaihtelevaa ja joissa tämä vaihtelu on tunnistettavissa olevaa (esimerkiksi kysyntä on kausittaista, mutta kysynnän määrissä esiintyy kuitenkin epävarmuutta).

Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu MRO-nimikkeiksi (Maintenance, repair and operations) luokiteltavat tuotteet, kyseisten tuotteiden erityisluonteen takia, sekä siksi että tutkimushankkeissa eri tapaustutkimuskohteilla oli vaihtelevasti tai ei ollenkaan MRO-tuotteita varastotuotteina. Lisäksi läheskään kaikissa tutkimustapauksissa ei olisi ollut saatavilla yhdenmukaista tietoa siitä, kuinka MRO-tuotteiden osalta varastoja käytännössä hallitaan tutkituissa yritystapauksissa.

Viitekehyksessä yhdistyy sekä lyhyen, että pitkän aikajänteen historiatiedon hyödyntäminen, osana kysynnän ennakkotiedon muodostusprosessia. Kokonaisuutena kehitetyllä viitekehyksellä on pyritty luomaan sellainen varastohjaamisen tukityökalu, jolla tilausprosessiin sitoutuisi pitkällä aikajänteellä vähemmän ihmisen suorittamaa työtä, ohjausprosessia yksinkertaistamalla. Ohjausmallissa pyritään vapauttamaan käytettävissä oleva työaika yksinkertaisten päätösten tekemisestä koskemaan sellaisia tuotteita, joissa tarvitaan vankkaa alaosaamista ja kokonaiskuvan hahmottamista. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi, viitekehys on rakennettu siten, että

sen toteuttaminen käytännön työkaluksi on mahdollista vapaasti saatavilla olevilla ohjelmistoilla. Samalla pyrittiin siihen, että sopeuttamiseen tarvittavien parametrin määrä pysyy vähäisenä (esimerkiksi tilauspisteen ja määrän määrittäminen), jolloin myös ideologian integrointi olemassa oleviin järjestelmiin säilyy yksinkertaisena. Lisäksi ideologian perusajatuksena on olla sellainen, että se on helposti varastonohjauksesta vastaavien henkilöiden ymmärrettävissä ja tarvittaessa myös monipuolisesti mukautettavissa. Tämän kokonaisuuden saavuttamiseksi, menetelmässä pyrittiin alun alkaen mahdollisimman vähäiseen syöteparametrien määrään.

Tutkimusprosessissa ja käytännön tutkimustyössä on yhdistetty kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimusta. Metodologisesti työ on tapaustutkimuspohjainen ja tutkimustyyppiltään tämä tutkimus luokitellaan kvantitatiiviseksi tutkimukseksi. Tutkimusmetodeihin kuuluu mm. nykytila-analyysi (kenttätutkimus ja yrityshaastattelut), numeerinen data (data annettiin tutkimuskäyttöön tutkimustapauksina toimineiden yritysten puolesta), kysynnän profiloiminen, sekä ideologian kenttätestaaminen käytännön yritys ympäristössä.

Tutkimuksen empiiriset tulokset osoittavat kuinka kysyntään sopeuttamisella voidaan saavuttaa selkeitä etuja toimitusketjulle sekä taloudellisessa mielessä että toiminnan varmuuden näkökannalta asiaa tarkastellen. Tieteellisesti työ kontribuoi erityisesti tieteelliseen keskusteluun, jossa tarkastellaan tilaus-toimitusketjuja ja varastonohjaus politiikkoja ja toimintamalleja. Tutkimus nostaa esille niitä piirteitä joihin kysyntään sopeutuvalla ohjauksella voidaan vastata, että niitä osa-alueita, joilla perinteiset mallit ovat paremmin käytäntöön sopivia ja helpommin toteutettavia.

Väitöskirjan tulokset ovat käytäntöön sovellettavissa, niin operatiivisella tasolla (mm. parametrisonohjauksessa), kuin myös taktisen tason päätöksissäkin (esim. tuoteryhmätason ohjaus- ja varastointipäätöksissä). Kysyntään sopeutuvaa ohjausmallia voidaan toteuttaa yhtä hyvin yrityksen sisällä omana prosessinaan, kuin verkostotasolla verkoston tilaus-toimitusprosessien sopeuttamisessa (esim. välittämällä kysynnän ennakkotietoa läpinäkyvästi koko verkoston tasolla). Erityisesti sellaisissa käytännön tapauksissa, joissa logistiikka ja varastojen sovittaminen kysyntään mielletään tärkeäksi kilpailutekijäksi, väitöskirjatyön tuloksia voidaan hyödyntää viitekehystenä rakennettaessa rutiininomaisen varastonohjauksen kokonaisuutta. Väitöskirjan teoreettinen uutuusarvo rakentuu aiemmin tutkittujen, rajattujen tutkimustulosten, yhdistämisestä käytännön haasteisiin ja rajoitteisiin kysyntää ennakoivan mallin muodostamiseksi yhden viitekehysten alla, poissulkien MRO-nimikkeiden ohjaamisen.

Avainsanat: Varastojen ohjaaminen, tiedon hallinta, tiedon luokittelu, kysynnän ja tarjonnan yhteensovittaminen, mallintaminen, ennakointi, ennustaminen, VMI

UDC 658.7:65.011.8:339.132:004.414.23

Alkusanat

Tämä väitöskirja ei ollut yksilösuoritus vaan tutkimuksen edistymistä ja valmistumista on tukenut usea henkilö, osapuoli ja yhteisö. Suurimmat ammatilliset kiitokseni kuuluvat seuraaville henkilöille: ohjaajilleni professori Jari Porrakselle ja Jouni Ikoselle, sekä tutkimuskollegoilleni Erno Salmelalle ja Kai Häkkiselle. Jari Portaan ansiosta olen saanut tämän ainutlaatuisen mahdollisuuden päästä tutkimaan tätä erittäin mielenkiintoista tieteellistä ongelmakenttää, joka koskettaa hyvin läheisesti suomalaisen teollisuuden jokapäiväistä käytännön problematiikkaa.

Ikosen Jounille tahdon osoittaa suurimmat kiitokseni erittäin hyvästä kommentoinnista sekä kehitys ja parannus ideoista. Ehkä kaikki kommentit eivät aina olleet niin miellyttäviä ja palaute juuri sellaista kuin olisi toivonut, mutta ainakin palaute oli aina reilua, kohtuudenmukaista sekä oikeutettua.

Prosessin etenemisen ja loppuun viemisen osalta tahtoisin kiittää Jarkko Rantalaa, Jari Porrasta, Jouni Ikosta ja Erno Salmelaa, erityisesti ensimmäisen käsikirjoituksen pohjalta saamistani yksityiskohtaisista kommentteista ja kehitysideoista, jotka olivat arvokkaita apuja työn loppuunsaattamisessa. Erno Salmelalle, Kai Häkkiselle, Jukka Hemiläiselle, Jari Porrakselle, Jouni Ikoselle ja Harri Hämäläiselle tahdon osoittaa kiitokseni sujuvasta yhteistyöstä tieteellisen kirjoittamisen ja julkaisemisen saralla, mikä on tukenut omaa kehittymistäni tieteellisen kirjoittamisen osa-alueella. Erityisesti Kai Häkkiselle ja Erno Salmelalle haluan välittää kiitokseni ympäri suomea järjestetyistä yritysraastatteluiden, joissa opin valtavasti käytännön kenttätöistä ja empiriasta, sekä menetelmistä joilla käytännön toimijat selviävät tutkimusalueen kohteena olevista haasteista jokapäiväisessä työssään.

Tutkijakollegoilleni, yhtälailla professorikunnalle kuin tutkijoille, tutkijakoulutettaville ja opetushenkilökunnalle tahdon esittää kiitokseni teoreettisten näkemysten tarjoamisesta, hyvistä keskusteluista ja kädenväänöstä, niin terminologian kuin ideologioidenkin alueilla. Erityisesti tahdon esittää erityiskiitokseni työni esitarkastajille TkT Kaj-Mikael Björkille ja TkT Jarkko Rantalalle, jotka sitoutuivat tiukkaan tarkastusaikatauluuni ja antoivat arvokkaita kehitysideoita tutkimukseni laadun parantamiseksi, kuin myös työn jatkotutkimusmahdollisuuksille ja uusille sovellusalueille.

Akateemisen väen kiittämisen ohessa, tahdon erittäin lämpimästi kiittää kaikkia yrityksiä, jotka ovat toimineet yhtälailla rahoittajina, kuin myös tiedonantajina ja ideoiden ja ajatusten kehittämisen edistäjinä tutkimushankkeissamme. Suuret kiitokset teille kaikille! Kiitän yliopistoa organisaationa, jonka mukava työyhteisö ja oppimisympäristö on mahdollistanut mielekkään ympäristön kehittyä ja kasvaa tieteen tekijänä. Sen lisäksi että työyhteisö on tehnyt työn tekemisen mahdolliseksi, tarjosi yhteisö myös erittäin hyviä ystäviä ja paljon mukavia hetkiä. Positiivinen ilmapiiri, tekemisen tahtotila ja rento ilmapiiri luovat yliopistosta hyvän työpaikan kehittyvälle tutkijalle.

Yritysten johdon ja asiantuntijoiden kanssa paljon työtä tehneenä ja yritysmaailman kiireet hyvin ymmärtävänä iso kiitos kuuluu myös tutkimukseen osallistuneiden yritysten avainhenkilöille ja ammattimaisille toimijoille.

Taloudellisesti tätä väitöskirjaprosessia ovat tukeneet mm. seuraavat tahot; ECSE (East Finland Graduate School in Computer Science and Engineering), Tekes, LUT:n Tietoliikenneohjelmistojen laboratorio, sekä useat Tuotantotalouden ja tietotekniikan osaston yhteiset logistiikan tutkimushankkeet. Suuret kiitokset, teille kaikille, tästä korvaamattoman arvokkaasta tuesta ja panostuksesta, jonka olette antaneet väitöskirjani edistämiseksi.

Henkilökohtainen turvaverkkoni ja lähipiirini muodostama yhteisö eli ystävät, tuttavat, puolilitut, toverit, sekä ennen kaikkea kotiväki ovat kaikki omalla ominaisella tavallaan jaksaneet tukea ja ymmärtää minua pitkän prosessin aikana ja näin edesauttaneet väitöskirjani valmistumisessa. Tästä äärettömän arvokkaasta tuesta, tahdon lausua teille kaikille vilpittömimmät kiitokseni. Viimeisenä, mutta ei todellakaan vähäisimpänä tahdon ilmaista syvimmät kiitokseni paremmalle puoliskolleni ymmärryksestä, myötätunnosta ja pitkästä pinnasta niin raskaina kuin hyvinäkin aikoina. Kiitos ja kumarrus uurastuksestasi ja napakasta tyylistäsi viedä ajatukseni pois akateemisen maailman kummallisuuksista mielen virkistymiseksi ja työmotivaation nostamiseksi.

Käsitteet ja määritelmät

<u>Lyhenne / Käsite</u>	<u>Merkitys</u>
ABC-analyysi	ABC-analyysi on <i>Pareton sääntöön</i> perustuva [Dic51] kehittämä menetelmä, jota sovelletaan nykypäivän teollisuudessa hyvin paljon mm. varastoitavien tuotteiden luokitteluun käytetty menetelmä. Luokittelusääntönä voidaan käyttää esimerkiksi myynnin vuotuista määrää tai tuotteen arvoa. Analyysin perustana on ajatus siitä, etteivät kaikki tuotteet ole yhtä arvokkaita tai tärkeitä. Luokittelun avulla tuotteita voidaan jakaa erilaisiin ryhmiin ja täten ohjata esim. varastointipolitiikka ryhmäkohtaisesti tuotetason sijasta.
AR	Katso Action Research.
Action Research	Action Research tutkimusmenetelmä käännetään yleisesti ottaen suomeksi toimintatutkimukseksi. Katso toimintatutkimus.
A-luokan nimike	Niiden nimikkeiden ryhmä, jotka tuottavat kaikkein eniten arvoa yritykselle. Yleensä A-luokkaan kuuluu, noin 75-80% nimikkeiden kokonaismyyntivolyymistä yritykselle tuottavien nimikkeiden joukko [Ter93].
Bullwhip-efekti	Havaittu ilmiö toimitusketjuissa, jotka toimivat ennustepohjaisesti. Ilmiössä oskilloiva / vaihteleva kysyntä aiheuttaa ongelmien moninkertaistumista mitä pidemmälle toimitusketjussa edetään ja toimitaan ennustepohjaisesti. Konseptin juuret löytyvät J. Forresterin Industrial Dynamics [For61] lähteestä ja siten se tunnetaan myös nimellä Forrester-efekti.
B-luokan nimike	Niiden nimikkeiden joukko, jotka ABC-analyysin tyypillisimmän määrittelyn mukaan edustaa noin 10–15% nimikkeiden kokonaismyyntivolyymistä, heti A-luokan nimikkeiden jälkeen. Yleensä B-luokan nimikkeet ovat keskimäärin nimiketasolla vähäisempiarvoisia, kuin A-luokan nimikkeet [Ter93].
CPFR	Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment.

C-luokan nimike	Tähän nimikeryhmään, luokituu ABC-analyysin perusmenetelmässä kaikki ne loput nimikkeet, jotka eivät ole luokituneet A-luokkaan tai B-luokkaan. Tämän nimikeryhmän nimikkeet tuottavat yritykselle arvoa yleensä vain noin 5-10 %, mutta näiden nimikkeiden kappalemäärä saattaa olla jopa 70–80% yrityksen kaikista nimikkeistä [Ter93].
DOS	Days of Supply. Varaston riittoa kuvaava luku, joka kertoo kuinka pitkäksi aikaa (päivissä mitattuna) kyseisen nimikkeen kohdalla varasto riittää, jos säilyy ennakoitukaltaisena.
ECSE	East Finland Graduate School in Computer Science and Engineering. Organisaationa ECSE kuvaa itseään virallisesti seuraavasti: <i>Established in 1992 by the three universities located in Eastern Finland: University of Joensuu (JoY), University of Kuopio (KuY), and Lappeenranta University of Technology (LUT). ECSE coordinates the doctoral studies in computing sciences of the above mentioned units. The goal of ECSE is to produce doctors of philosophy and doctors of technology within the areas of expertise of the school.</i>
EOQ	Economic Order Quantity. Tunnetaan myös nimellä Wilsonin-kaava. Osto ja hankintatoimessa laajasti käytössä oleva, hyvin tunnettu kaava taloudellisimman eräkoon laskemiseksi. Kaava tuottaa tulokseksi hankintaeräkoon, joka on varastointikustannusten ja tilauskustannusten muodostaman kokonaisuuden minimikohta.
Forrester-efekti	Katso <i>Bullwhip-efekti</i> .
HALLI-hanke	Hankintalogistiikan ulkoistus palveluliiketoimintana konepajateollisuudessa -tutkimushanke
ICT	Information and communications technology, suomeksi tieto- ja viestintäteknologia. Katso <i>tieto- ja viestintäteknologia</i> .
JOHTO-hanke	Toimittajaverkoston innovatiivinen johtaminen ja ICT ratkaisut -tutkimushanke
POS	Point of Sale. Myyntitapahtumapiste. Usein lyhenne POS liitetään päivittäistavarakauppaan ja siellä tapahtumaan kassatapahtumaan ostavan asiakkaan ja myyvän liikkeen välillä, mistä liikkeelle muodostuu myyntitapahtumaan liittyvää asiakaskohtaista tarvetietoa tässä kyseisessä myyntitapahtumapisteessä eli POS pisteessä.

Pareto-optimi	Pareto-optimi on tilanne, josta ei ole enää mahdollista suorittaa Pareto-parannusta. Katso <i>Pareto-parannus</i> .
Pareto-parannus	Pareto-parannus on muutos, joka parantaa yksittäisen asian, henkilön, organisaation tms. asemaa huonontamatta samanaikaisesti kenenkään muun asemaa.
Pareton periaate	Katso <i>Pareto-sääntö</i> .
Pareto-sääntö	Italialaisen Vilfredo Pareto tutkimuksiin ja havaintoihin perustuva yleistys vaurauden jakautumisesta suhteessa väestöön 1800-luvun Englannissa alkaen kesästä 1897. Tutkimusten havainnoista syntyi epäoikeudenmukaisen jakaumien teoria. Tämä Pareton havainto tunnetaan nykyään ns. 80/20-sääntönä tai Pareto-sääntönä, minkä mukaan esim. 80 % myynnistä tulee 20% tuotenimikkeitä.
PNS	Pienimmän neliösumman menetelmä, englanniksi <i>The Method of Least Squares</i>
SMI	Slow moving items eli niin sanotut hitaasti kiertävät nimikkeet. Kuvaa sellaisten varastoitavien nimikkeiden ryhmää joiden kysyntä on vähäistä, jolloin varastoitavan nimikemäärän kulutusjakson pituus muodostuu pitkäksi.
SYNKRO-hanke	Synkronoidulla kysyntä- ja toimitusketjustrategialla uutta liiketoimintaa teollisuudelle -tutkimushanke
TEMO-hanke	Teollisuuden mobiilipohjaiset VMI-ratkaisut – tutkimushanke.
Tieto- ja viestintäteknologia	Tieto- ja viestintäteknologia (TVT) tai tieto- ja viestintäteknikka (engl. information and communication technology eli ICT) tarkoittaa kaikkia niitä elektronisia medioita, joita voidaan käyttää apuna tietojenkäsittelyssä.
Toimintatutkimus	Toimintatutkimus on pääosin laadullisen tutkimuksen suuntaus, jolla pyritään kehittämään kohteena olevaa organisaatiota sen toimintatapoihin vaikuttamisen kautta. Toimintatutkimuksessa on keskeistä vaikuttamisen pyrkimys ja toisaalta tutkijan osallistuminen toimintaan ja mukanaolo organisaation arkipäivässä. Taustaltaan toimintatutkimus on yhteiskunta- ja suunnittelutieteellistä, mutta sitä sovelletaan laajalti myös kasvatustieteellisissä yhteyksissä. Toimintatutkimuksessa yhdistyy kohteen analyysi ja siihen vaikuttaminen.

VMI	Vendor Managed Inventory (suomennetaan mm. toimittajan hallinnoima varasto) on eräs monista logistiikan alan palvelumalleista, jossa toimittaja huolehtii asiakkaan varastojen riitosta, toimituseristä, tilauspisteistä yms. asiakkaan kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti järjestettynä.
VTT	Technical Research Centre of Finland - Business from technology. VTT kuvaa itseään organisaationa seuraavasti: VTT on Pohjois-Euroopan suurin soveltavaa tutkimusta tekevä organisaatio, joka tuottaa monipuolisia teknologia- ja tutkimuspalveluja sekä kotimaisille että kansainvälisille asiakkailleen, yrityksille ja julkiselle sektorille.
Whiplash-efekti	Katso <i>Bullwhip-efekti</i> .
Wilsonin-kaava	Katso <i>EOQ</i> .

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	iii
Alkusanat.....	v
Käsitteet ja määritelmät.....	vii
Sisällysluettelo.....	xi
1 Johdanto.....	1
1.1 Tutkimuksen tausta ja motivaatio tutkimukselle.....	1
1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet.....	6
1.3 Tutkimuksen rajaus.....	8
1.4 Metodologia.....	11
1.5 Tutkimusprosessi.....	13
1.5.1 Orientaatio.....	13
1.5.2 Kirjallisuuskatsaus.....	15
1.5.3 Ideologian kehittäminen & nimikkeidenluokittelu.....	16
1.5.4 Kysyntään sopeutuvan ohjasmallin kehittäminen.....	18
1.5.5 Yhteenveto.....	19
1.6 Väitöskirjan tieteellinen kontribuutio.....	20
2 Tutkimuksen asemointi.....	22
2.1 pk-sektorin hyödyntämät tyypillisimmät varastonohjausmallit.....	22
2.1.1 EOQ, taloudellinen tilauserä.....	23
2.1.2 DOS, varaston keskimääräinen riitto päivissä mitattuna.....	24
2.2 Erilaiset epätasaisen kysynnän kysyntämallit ja tuotekohtainen luokittelu.....	26
2.2.1 Tuotteiden luokitteleminen tuotteen kysyntämallin perusteella.....	29
2.2.2 Luokittelumallien luokkarajojen määrittäminen.....	31
2.2.3 Uudelleen luokitteleminen.....	32
2.3 Epätasaisen kysynnän muodot ja kysyntätiedon yhdistäminen.....	33
2.3.1 Epäsäännöllinen / satunnainen kysyntä.....	33
2.3.2 Vähäisen kysynnän tuotteet.....	34
2.3.3 Vakiokysynnän tuotteet.....	37
2.3.4 Useasta kysyntälähteestä tulevan kysynnän yhdistäminen.....	38
2.3.5 Kysynnän yhdistäminen toimitusketjussa usean portaan ylitse, bullwhip / forrester efekti.....	38
2.4 Epätasaiseen kysyntään varautuminen.....	39
2.5 Tulevan kysynnän ennakoiminen & toiminnan koordinoiminen.....	40
2.6 M-competition, ennakoimisen tehokkuus, hyvän mallin ominaisuudet.....	41
2.6.1 Ennakoimisen menetelmät ja keskinäinen vertaaminen aikasarjoille.....	41
2.6.2 Neuroverkkomenetelmät aikasarjojen ennustamisessa.....	44
2.6.3 Theta-malli aikasarjojen ennustamisessa.....	45
2.6.4 Hyvän ennustemallin ominaisuuksia.....	46

3	Tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten muotoutuminen, sekä tutkimusta tukeneet tutkimushankkeet.....	48
3.1	Kapasiteetinhallinnan tutkimusprojekti. Kapasiteetinhallinta, kapasiteettitarpeen mallintaminen ja tarpeen ennakoiminen.....	50
3.2	Tutkimushanke Temo - C-luokan tuotteiden varastohallinta ja ICT-ratkaisut.....	56
3.2.1	Tutkimushankkeen kuvaus.....	58
3.2.2	Tutkijan rooli TEMO-tutkimushankkeessa.....	59
3.2.3	Tyypillinen teollisuuden VMI-palvelun hyllytysmalli.....	63
3.2.4	VMI-palvelumallin ideologia automatisoituna & etävalvottuna....	65
3.2.5	Väitöskirjatyötä tukevat havainnot TEMO-hankkeesta.....	66
3.2.6	TEMO-hankkeen käytännön havaintoja ja jatkotutkimuksiin siirtyminen.....	69
3.3	Tutkimushanke Halli – C-luokan nimikkeistä koko toimitusketjun tarkasteluun.....	70
3.3.1	Tutkimushankkeen kuvaus.....	72
3.3.2	Tutkijan rooli HALLI-tutkimushankkeessa.....	74
3.3.3	Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot HALLI-hankkeesta.....	74
3.3.4	HALLI-hankkeen jatkotutkimushavaintoja ja toimialakohtaisia tarpeita jatkossa.....	76
3.4	Tutkimushanke Synkro – informaation vaihtaminen ja varastojen synkronointi markkinatilanteiden muutoksiin.....	78
3.4.1	SYNKRO-tutkimushankkeen kuvaus.....	83
3.4.2	Tutkijan rooli SYNKRO-tutkimushankkeessa.....	85
3.4.3	Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot SYNKRO-hankkeesta.....	86
3.5	Tutkimushanke Johto – Alihankintaverkoston johtaminen, kysyntä & tarjontainformaatio toimitusketjuissa.....	91
3.5.1	JOHTO-tutkimushankkeen kuvaus.....	94
3.5.2	Tutkijan rooli JOHTO-tutkimushankkeessa.....	94
3.5.3	Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot JOHTO-hankkeesta.....	95
3.6	Tutkimuskysymyksien ja tutkimustarpeen rakentuminen käytännön rajoitteiden, haasteiden, sekä tarpeiden pohjalta.....	97
3.7	Koonti hankkeiden tärkeimmistä anneista tälle väitöskirjatyölle.....	98
4	Sopeutuva ohjausmalli, mallin empiirinen testaaminen ja testin tulokset.....	103
4.1	Sopeutuvan ohjaamisen malli.....	103
4.2	Kokonaismallin kuvaus.....	104
4.2.1	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 1 - Tiedon kerääminen.....	107
4.2.2	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 2 - Tiedon suodattaminen, siistiminen ja valmistelu analyysiä varten.....	108
4.2.3	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 3 - Analysoitavien nimekkeiden läpikäyminen ja kaksitasoisen ABC-analyysin suorittaminen.....	112
4.2.4	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 4 - Tuotehistorian analysoiminen ja varastointiparametrien asettaminen.....	115
4.2.5	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 5 - Tuotekohtainen kysyntäprofiilin analyysi ja varastointipolitiikan asettaminen.....	119
4.2.6	Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 6 - Tarkkailu, päivitys, ylläpito ja uudelleen parametrusointi.....	120

4.3	Mallin käytännön testaaminen.....	126
4.3.1	Tapaustutkimusyriksen ja yrityksen lähihistorian kuvaus.....	126
4.3.2	Kysynnän rakenne ja markkinoiden luonne tapaustutkimuksessa.	126
4.3.3	Tapaustutkimusyriksen hankintamallin kehittyminen.....	128
4.3.4	Tapaustutkimuksen kenttätesti - Tiedon keräämisvaihe, suodattaminen, siistiminen ja valmistelu analyysiä varten.....	129
4.3.5	Tapaustutkimuksen kenttätesti - Analysoitavien nimekkeiden läpikäyminen ja kaksitasoisen ABC-analyysin suorittaminen	129
4.3.6	Parametrisoinnin piiriin valittujen tuotteiden analyysi.....	131
4.3.7	Kysynnän vaihtelevuuden ja poikkeaminen havainnoiminen	133
4.3.8	Prosessin tarkkailu, päivitys ja ylläpitovaihe.....	134
4.3.9	Sopeutuvan ohjaamisen mallin kytkeytyminen yritystoimintaan.	140
4.4	Empiirisen käytännön testin havaintoja ja analyysi	141
5	Johtopäätökset	144
	Lähdeluettelo	149
	Henkilökohtaisten ja yhteistyössä tehtyjen julkaisujen lista	161

1 Johdanto

Tässä kappaleessa avataan tutkimuksen taustat ja esitetään tutkimusmotivaation rakentuminen ja tutkimustiedon lähteet. Kappaleessa esitetään myös tutkimuksen käsittelemät osa-alueet. Lopuksi kappaleessa käydään lävitse tutkimusmetodologia ja kuvataan väitöskirjatyön rakenne.

1.1 Tutkimuksen tausta ja motivaatio tutkimukselle

Monet yritykset ovat viimeaikoina ulkoistaneet varastojensa hallintaa logistiikka operaattoreille ja VMI (Vendor Managed Inventory) palveluntarjoajille, niin käytännön operoinnin tasolla, kuin tapauskohtaisesti myös strategisen päätöksenteon tasoilla [Sal09b]. Tästä syystä VMI toimintamallia onkin kuvattu toimitusketjutyökaluksi, jossa toimittaja on ottanut vastuun ajoitusten ja toimitusmäärien osalta päätöksistä jotka koskevat varastojen täydentämistä [Dis03]. Taloudelliset haasteet ja toiminnan tehostamistarpeet ovat pistäneet useat yritykset miettimään ulkoistamista ja varastonhallinnan tehostamista mahdollisuutena osana kokonaistehokkuuden nostattamista. Toimintaa ulkoistettaessa on tärkeää edelleen ymmärtää myös ulkoistetun toiminnan perusrakenteet ja syy-seuraussuhteet kokonaisuuden ohjaamiseksi. On siis tarve ymmärtää miten ulkoistaja käytännössä työn suorittaa, mihin asioihin tehtävät päätökset pohjautuvat ja kuinka asiakas voi prosessiin mahdollisesti vaikuttaa. Erityisesti varastonohjauksen osa-alueella ulkoistajan täytyisi itsensä tuntea oman tuotevalikoiman kysyntämallit ja rakenteet, jotta hän pystyy ymmärtämään tuotteiden ohjaamista kokonaisuutena, tapahtuipa se sitten yrityksen omana toimintona taikka ulkoisen toimijan toteuttaman palveluna.

Tästä lähtökohdasta varastonohjausta tarkastelleen esiin nouseekin kysymys; kuinka varastonhallinta voidaan hoitaa tehokkaasti, nimikkeiden riittoa tuotannolle vaarantamatta, siten että ohjauksessa käytettävät mallit ja päätöksenteko rakenteet ovat yksikäsitteisesti ymmärrettävissä ja miten eri ohjaus- ja toimintamallit, sekä toteutettava ohjaustyö pystytään kohdentamaan oikeaan kohtaan ja oikeisiin nimikkeisiin kokonaisprosessissa.

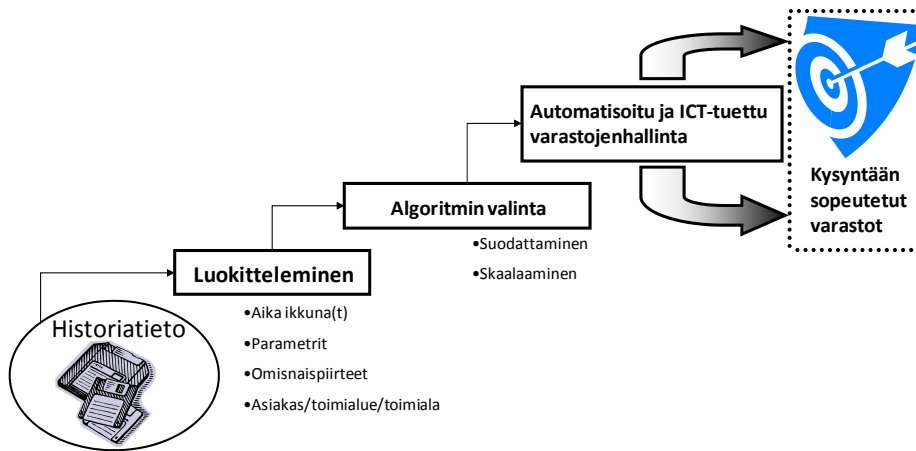
Kysymys on erityisen tärkeä nykyisessä taloustilanteessa (vuodet 2009 - 2010) ja varsinkin varastonhallinnanosa-alueella, koska yleensä materiaalin / teknisen tuotteen arvo ei kasva varastoitaessa, oikeastaan päinvastoin. Toisin sanoen varastoitava tuote voidaan nähdä yrityksessä taloudellisena rasitteena, varastoitu tuote ei tuota taloudellista etua vaan päinvastoin tuotteen arvo voi laskea varastossa ja lisäksi varastoitu tuote vaatii tilaa ja resursseja, joita voitaisiin mahdollisesti käyttää tuotteen arvoa nostavaan työhön. Lisäksi varastoihin sitoutuneet varat eivät ole käytettävissä investointeihin ja näin ne voidaan nähdä myös myynnin kasvattamisen esteenä.

Toisaalta useimmissa toimitusketjuissa varastointia ei voida välttää, jossain vaiheessa toimitusketjua, koska läpi toimitusketjun ei pystytä toimittamaan tuotteita tilausohjautuvasti, aina asiakastilauksessa toimitusketjun alkupäähän saakka tilausta eteenpäin ketjuttaen. Joissain tapauksissa varaston vaste voi olla jopa täysin määräävä tekijä yrityksen menestymiselle, markkinoiden ollessa tottunut hyvin lyhyisiin toimitusaikoihin. Näin toimitusketjuille onkin muodostunut hyvin haasteelliseksi tehtäväksi varastojen jatkuva ohjaukikäytäntöjen päivittäminen ja ohjausparametrien muokkaamisen haaste tehokkaan toiminnan takaamiseksi, jatkuvasti muuttuvan kysynnän ja vaativien markkinatilanteiden seurauksena.

Rakenteellisesti toimitusketjut ovat useimmiten monimutkaisia, kun useat eri funktiot ja / tai yritykset suorittavat omia tehtäviään ja toimintojaan. Monimutkaisuuden lisäksi, toimitusketjut ovat jatkuvan rakenteellisen muutoksen alla, mikä merkittävästi vaikeuttaa staattisten mallien muodostumista ja ylläpitoa. Näiden toimitusketjupiirteiden seurauksena tarvitaan sellaisia varastonohjausmenetelmiä, jotka pystyvät muokkautumaan jatkuvasti muuttuvaan kysyntään. Varastonohjauksessa tyypillisimmät päätettävät parametrit toimitusketjuissa ovat tilausmäärät, tilausten ajoittaminen, tilauspisteen / tilauspisteiden määrittäminen, sekä varastotäydennysten määrittäminen. Tehtäessä päätöksiä varastointipolitiikasta on otettava huomioon mm. seuraavia asioita kysynnän ja tarjonnan luonne, toimitusketjuosapuolten määrä, täydennysten läpimenoaika, eri nimikkeiden määrä, suunnitteluhorisontin pituus, palvelutasovaatimukset sekä erilaiset kustannukset kuten kuljetus-, tuotanto-, puute-, ja vanhenemiskustannukset. Toimittaessa dynamisessa toimitusketjuympäristössä edellä mainittuihin huomioitaviin toimitusketjun tekijöihin kohdistuu jatkuvasti muutoksia, joista yksikin voi olla erittäin merkittävä ja vaikuttaa omalta osaltaan varastointipolitiikkaan liittyviin päätöksiin. Tämän takia onkin tärkeää että varastohallintaa koordinoidaan koko toimitusketjussa yllä mainitun dynaamisen kokonaisuuden hallitsemiseksi. [Aru08]

Edellä mainitun monimutkaisuuden hallitsemiseksi, tietokonejärjestelmät ja erilaiset automaattioratkaisut mielletään usein tehokkaiksi työkaluiksi hallita varastojen määrää ja tilausparametristoa, sekä ohjata ja koordinoida toimintaa toimitusketjuissa. Kuitenkin tyypilliset, suomalaisen konepajateollisuuden alalla käytössä olevat ohjausmenetelmät nojaavat paljolti perinteisiin laskentamalleihin, joiden toteuttaminen ja päivittäinen käyttäminen, tietokonejärjestelmillä avustettuna, on äärimmäisen helppoa, mutta joiden yleinen ongelma on niiden staattinen luonne.

Staattiseen luonteeseen liittyy mm. se että useimmat pk-yritysten käytössä olevat ohjausmallit eivät sellaisinaan tue tuotteen ja toimialueen piirteiden tunnistamista (esim. kysynnän luonne), mikä voi johtaa tilanteeseen jossa varastot on mitoitettu laskennallisesti optimiarvoihinsa (käytetyn ohjausmenetelmän mukaisesti), mutta käytännössä kysyntään ei pystytä vastaamaan, koska kysynnän ja tarjonnan ominaispiirteitä ei ole kunnolla huomioitu. Tuotteen kysyntään liittyvien ominaispiirteiden tunnistamista ja luokittelua tarvitaan, jotta jokaista tuotetta tai tuoteryhmää voidaan hallita tuotteen / tuoteryhmän luonteeseen, arvoon, kriittisyyteen yms. tekijöihin nähden sopivammaksi katsotulla tavalla. Kuva 1 esittää ajatustasolla toimintamallirakenteen siitä kuinka toimialatiedosta ja tuotteeseen liittyvästä historiatiedosta voisi jalostua moniportaisen ja monivaiheisen jaottelu- ja valintamenetelmän kautta tavaksi hallita ko. tuotteen varastointia, toimituskäytäntöjä, eräkokoja jne.



Kuva 1: Varastonhallinnan tiedon jalostumisen ja menetelmien valinnan vaiheet

Minkä tahansa tietoteknisesti tuetun tai automatisoidun varastonhallinnan toimivuuden kannalta on tärkeää että menetelmien alustuksen yhteydessä tehtävä tiedon analysointi toimii luotettavasti ja että luokittelu tapahtuu työkalua käyttävien henkilöiden ymmärtämällä tavalla. Tämä on automatisoidun, sekä automaattisilla työkaluilla tuetun varastonhallinnan osalta kriittinen ja välttämätön piirre, jonka puuttuminen voi johtaa varaston riitto- / ohjausongelmiin. Ilman tuotteiden piirteiden ymmärtämistä, sovelletuissa ohjausmalleissa on olemassa merkittävä riski siitä, että varastonhallinnan menetelmä ei sovellukaan kaikkiin valittuihin tuotteisiin, joihin menetelmää pyritään soveltamaan.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että säännöt ja valintamallit, joiden pohjalta ohjaaminen lopulta suoritetaan, ovat olennainen osa toimivaa ja luotettavaa tekniikkaan perustuvaan varaston hallintaa. Säännöt ja toimintamallit mahdollistavat ihmisten tekemän työn kohdistamisen kriittisiin tuotteisiin ja tuoteryhmiin, tekniikan hoitaessa ne tuotteet joiden hallinta voidaan suorittaa harvemmin tapahtuvalla ihmisten suorittamalla valvontatyöllä. Kokonaisuuden toimivuuden kannalta ihmisten täytyy ymmärtää miksi ja miten järjestelmä tekee ja rakentaa päätöksensä, jotta ihmiset ja järjestelmä toimisivat toisiaan tukien. Näin toimijoiden suorittamat operaatiot eivät ole ristiriidassa toisiinsa nähden. Koska edellä kuvatulla toimintamallilla on selkeitä seuraamuksia varastotasoihin, varaston arvoon, sekä asiakkaan kokemaan palvelunlaatuun, niin toiminnan päätavoitteena tulisikin olla löytää sopivin tapa hallita eri tuoteryhmiä esimerkiksi varaston kontrolliparametrien osalta, riippumatta siitä tapahtuuko ohjaus automatisoidusti vai täysin ihmisten ammattitaitoon nojaavaan jatkuvaan tuotekohtaiseen varastotasojen ja tilausten sekä toimitusten seurantaan perustuen [Syn05b], [Boy06].

Sopeutuvaa ohjaamista toteuttaessa tärkeään rooliin nousevat toimintamallit ja metodiset valinnat, joiden kautta koko ohjaaminen käytännössä toteutetaan. Yksi tunnetuimmista ja ehkäpä eniten suomalaisen konepajateollisuuden piirissä käytetyistä ohjauksen tukemiseen käytettävistä analysointimalleista on 1990-luvun alun tutkimushavainnoista alkunsa saanut ja myöhemmin nykyiseen malliinsa johdettu ns. ABC-analyysi tyyppinen kustannuspohjainen luokittelumalli [Ult02][Gou00]. Kyseistä

luokittelumallia sovelletaan yhtäläillä päätöksen tekoon logistiikan ja varastoinnin piirissä, kuin myös muilla liike-elämän hallinnan ja kontrolloinnin osa-alueilla, yhtäläillä niin operatiivisella, kuin taktisella ja strategisella tasollakin. Vaikka ABC-analyysiin pohjautuva luokittelu esimerkiksi hintaan / arvoon pohjautuen onkin paljon käytännössä sovellettu ja erittäin tunnettu ei se välttämättä ole tehokas (ainoana jaottelumenetelmänä käytettäessä ja erityisesti silloin kun jaottelu nojautuu vain ja ainoastaan yhteen parametriin [Ng07], [Jin11], [Sal11a]) varastoitavien tuotteiden varastoparametrien ja ohjaussääntöjen ohjenuorana toimiva luokittelu peruste.

Vilfredo Pareton (1848–1923) [Woo99] 80/20 – sääntöön pohjautuva ABC-analyysityökalujen taustalla olevat havainnot ja matemaattinen havaintojen funktionaalinen muotoilu ovat lähtöisin 1900 luvun taitteesta, perustuen Pareton tekemiin havaintoihin maan omistajuussuhteista oman aikansa Italiassa (80% maasta oli 20% väestön omistuksessa) [Par06]. Myöhemmin monet muut tutkijat tekivät vastaavia havaintoja omilla tieteenaloillaan. Eräs näistä tutkijoista oli Pareton säännön nimen antaja Dr. Joseph Juran. Joseph Juran (1904 – 2008) oli tunnustettu laadun hallinnan ekspertti, joka yleisti Pareton tekemiä havaintoja laadunhallinnan toimialalle (esimerkiksi 80% ongelmista johtuu 20% ongelman aiheuttajista, tunnetaan myös 80/20 sääntönä tai englanninkielisenä lausahduksena ”vital few and trivial many”).

Kyseinen lainalaisuus on paljon tunnustettu ja yleisesti, niin käytännössä kuin teoriassa laajalti sovellettu, mutta siinä on (pelkästään talousmielessä) varastonhallinnan luokitteluun sovellettaessa omat haasteensa, muiden luokitteluparametrien kuten keskimääräinen yksikköhinta, toimitusaika, osan kriittisyys, nimikkeen korvattavuus, säilyvyys, kysynnän hajonnan määrä jne. jäädessä huomiotta [Jin11]. Tyypillisellä, yksiparametrisellä ABC-analyysillä tehdyllä luokittelumenetelmällä pystytään tuomaan ilmi esimerkiksi se, kuinka merkittävä luokiteltava tuote on suhteessa vuotuiseen myyntivolyymiin nähden, mutta muut vaikuttavat tekijät, kuten esimerkiksi tuotteen toimitusajan pituus tai tuotteen yleinen saatavuus, jäävät kokonaan luokittelun ulkopuolelle.

Yleisesti ABC-analyysillä luokiteltaessa tuotteiden määrällinen jakautuminen, eri luokkien välillä, on sellainen että A-luokassa on nimekkeitä melko vähäinen määrä, B-luokassa jonkin verran tai jossain määrin runsaasti nimekkeitä ja sitä seuraavissa luokissa erittäin paljon nimekkeitä [Ult02]. Tästä hallittavien nimekkeiden määrä jakaumasta seuraa se, että menetelmä kyllä tunnistaa hyvin (taloudellisessa mielessä) aivan huippua hipovat tuotteet, sekä ihan ns. häntäpäässä olevat tuotteet ja tuoteryhmät, mutta sen luokittelukyky keskialueelle (ns. B-luokan sisälle) sijoittuvien tuotteiden osalta ei välttämättä tuota ohjausmielessä mielekäästä tulosta. Etenkin kun juuri tähän B-luokkaan jäävät paljolti ne tuotteet joiden taloudellinen arvo on kuitenkin yrityksen vuositulokseen nähden selkeästi merkittävä ja vuotuinen tarve enemmän kuin vähäinen. ABC-analyysin luokittelun tuloksena saataville eri luokille on helppo antaa yleisluontoisia ohjeita, esimerkiksi ulkoista C-luokan tuotteiden hallinta (perustuen tuotteiden vähäiseen arvoon ja suhteellisen suuriin hallinnollisiin kustannuksiin) ja vastaavasti hallitse hyvin tarkasti seuraten A-luokan tuotteita (perustuen tuotteiden arvoon ja vähäiseen hallittavien tuotteiden määrään). Entä B-luokan tuotteet? Kyseinen luokkahan sisälsi arvokkaita tuotteita (lähellä A-luokan rajaa), sekä tuotteita joiden arvo ei ole niin suuri mutta kysyntämäärät voivat olla hyvinkin suuret (esimerkiksi C-luokkarajan lähelle luokiteltavat tuotteet). Toisin sanoen B-luokka, luokka nimestään huolimatta voi sisältää luonteenpiirteiltään hyvin erilaisia tuotteita, eikä ole itsestään selvää että ko. luokkaan kuuluvia tuotteita voitaisiin hallita mitään yksittäistä

hallintapolitiikkaa käyttäen. Etenkin juuri tämä nimekemäärän ja kysynnän monimuotoisuuden kokonaisuus on juuri se yhdistelmä muuttujia, mikä tekee B-luokan hallinnasta omalla tavallaan kaikkein vaikeinta näiden kolmen luokan välillä.

Edellä kuvattu kysynnän ja kysyntään sopeutuvan varastoinnin / hankintatoiminnan problematiikka on tämän väitöskirjan problematiikan ydin. **Ongelman ytimenä on problematiikka siitä kuinka sovittaa monen eri kilpailevan tarpeen vallitessa kysyntä ja tarjonta toisiinsa siten että käytännön toiminta voisi jatkua mahdollisimman keskeytymättömästi, kuitenkin samalla toimien niin että valitut mallit ja menetelmät ovat hyvin ymmärrettyjä ja yksikäsitteisiä.** Ongelman ydintä ympäröivät lisäksi ongelmaa kasvattavat, **lisärajoitteet, kuten taloudelliset toimintamahdollisuudet, ennakkotiedon pohjalta toimimisen haasteet, käytännössä käytettävien menetelmien ymmärrettävyyden tarpeet, tiedon jakamiseen ja hyödyntämiseen liittyvät tiedon tulkittavuus kysymykset jne.**

Kyseisen ongelmakentän kokonaisuuden hahmottuminen on lähtöisin vuoden 2005 aikana tehdyn kapasiteetinhallintaprojektin ajalta, jossa tutustuttiin mallintamiseen ja tulevan laskentakapasiteettitarpeen ennakoimiseen ja ennustamiseen. Laskentakapasiteettitarpeen ennakoimisesta ja mallintamisesta siirryttiin, vuonna 2006 alkaneessa TEMO (Teollisuuden mobiilipohjaiset VMI-ratkaisut) -tutkimusprojektista, kapasiteetin ja tarpeen sovittamisen ongelmakentässä konepajateollisuuden varastonimikkeiden osa-alueelta. TEMO-hankkeessa tehdyissä yrityshaastatteluissa lähes jokaisessa yrityshaastattelussa tuli ilmi se tosiasia että suuria nimikemääriä hallitakseeseen useimmat konepajateollisuuden yritykset ovat ulkoistaneet tai harkitsemassa ulkoistamista, C-nimikeluokan hallinnan osalta, logistiikkaoperaattoreille ja että jokainen näistä operaattoreista painii samankaltaisten kapasiteettiin ja vaihtelevaan kysyntään liittyvien haasteiden kanssa. Yleisesti ottaen ongelmaa voidaan tiivistää siten että monilla operaattoreilla oli hallinnassaan sellaisia tuotenimikkeitä, joiden riittävyttä hallittiin, operaattorin kustannustehokkuuden näkökannalta, käyttämällä aivan liian tiheää asiakas käyntien määrää. Tiheä vieraileminen asiakkaan tiloissa oli asiakkaiden edun mukaista poikkeamien vähyyden takia (tiheä seuranta takaa varman tuotteiden riittävyden ja nopean reagoinnin poikkeamiin), mutta käytännössä se tarkoitti sitä että toiminnan kokonaiskustannukset olivat kalliimmat kuin mitä ne olisivat voineet olla. Temo-projektin aikana osa asiakkaista rupesi vaatimaan jatkossa operaattoreilta toimintamalleihin muutosta, jonka seurauksena tuotteiden ja tuotteisiin liittyvän hyllytyspalvelun kustannukset eriytettäisiin, mikä toisi kokonaisprosessiin lisää läpinäkyvyyttä ja mahdollistaisi näin kokonaisprosessin johtamis- ja toimintamallien kehittämistä ja mahdollista jatkossa samalla toiminnan parempaa sopeuttamista oikeaan tarpeeseen nähden. Tähän saakka operaattorit olivat ns. joutuneet toimimaan hyvin tiheällä tarkastusfrekvenssillä, koska asiakkaat eivät tahtoneet lisätä varastotilaa tuotantotiloissaan, vaikka laskennallisten mallien mukaisesti palvelun kokonaishinta (tuote + palvelu + tilakustannukset) olisi pidemmällä aikavälillä laskenut tarkastusfrekvenssitärpeeseen laskiessa.

Tällaisessa logistiikkaoperaattoreiden tarjoamassa C-luokan hyllypalvelumallissa tyypillinen toimintamalli oli manuaalinen eli silmämääräinen tuotteiden varastosaldojen tarkastaminen. Tilauspisteet ja toimituserät oli määritelty toiminnan alussa asiakkaan ja logistiikkaoperaattorin kokemuspohjan ja asiakastietojen perusteella. Ongelmalliseksi toimintamallin tahtoi muodostaa se, ettei tuotteiden parametreja systemaattisesti päivitetty, vaan yleisesti muutoksia tehtiin pääpiirteittäin ongelmatilanteissa tai jommankumman toimijan toimintamallin suurempien muutosten yhteydessä. Jopa tässä

rajoitetussa nimikejoukossa (C-luokan tuotteet) toimintaa olisi voitu tehostaa esimerkiksi jo pelkästään tuoteryhmäkohtaisella luokittelulla. Poikkeamien määrään ja ongelmien laatuun olisi voitu vaikuttaa jo sillä että tuotteiden kysyntä / toimitushistoriaa tutkimalla tuotekohtaisia parametreja olisi sovitettu paremmin vastaamaan käytännön tilanteita (esimerkiksi sovittamalla tietäntyyppisille tuotteille suurempia varmuusvarastoja ja vastaavasti vähentämällä varastoja toisaalla). TEMO-hankkeen aikana poikkeamien minimoimiseksi, asiakastyytyväisyyden maksimoimiseksi, asiakkaan tuotantotilan hyllytilan riittävyden takaamiseksi ja monista muista syistä operaattorit olivat osassa asiakassuhteitaan ajautuneet tilanteeseen jossa ongelmia kierrettiin tiheällä vierailufrekvenssillä sen sijaan että kohdistettaisiin voimavaroja hyllyparametreihin ja ohjauskäytäntöjen kehittämiseen ja saavutettaisiin tätä kautta haluttu palvelunlaatu ja taso. Ongelmalliseksi tilanteen teki tuolloin se, että harvalla operaattorilla oli käytettävissään työkaluja ja toimintaprosessia, joille he olisivat pystyneet näyttämään selvästi asiakkailleen (asiakkaan omalla kysyntätiedolla) hyllypalvelun täydennysfrekvenssin ja parametrimuutosten kokonaistoiminnallisten muutosten edut.

Riippumatta siitä onko tarkastelun kohteena pelkästään C-luokan tuotteet vai mahdollisesti koko ohjattava varasto, hankkeen jälkeiseksi ydinkysymykseksi muodostui; pystyisikö operaattori tai asiakas itsenäisesti parempaan varastonohjaukseen jos palvelun piirissä olevien tuotteiden kysyntäprofiili voitaisiin tunnistaa ja profiloida siten että nimikkeen ohjaus olisi tutkimuksen aikaisia ”kaikille sama malli” – ohjauskäytäntöjä monipuolisempia?

[Man04] mukaan useat tutkimukset ovat ehdottaneet innovatiivisia malleja tukemaan logistista päätöksentekoa, mikä tehdä, milloin, kuinka, missä määrin, mille asiakkaalle jne. niin tästäkin huolimatta edelleen puuttuu tehokas ja edullinen menetelmä/työkalu, jonka avulla voidaan integroida logistinen ongelmakenttä ja päätöksentekoprosessit eri tasoilla teollisten ja palveluyritysten piirissä. [Man04] mukaan useat tieteelliset kontribuutiot ovat osoittaneet että työpanoksen fokuointi yhteen pisteeseen toimitusketjussa ei pysty takaamaan koko ketjun tehokasta toimintaa. Useimmat artikkelit keskustelevat siitä, kuinka tärkeää on koordinoita asioita ja jakaa informaatiota, epävarmuuteen vastaamiseksi kysynnässä ja toimitusprosesseissa [Cha06], [Dob06]. Vain hyvin harvat tutkimukset ehdottavat operatiivisia toimintamalleja ja menetelmiä, joilla pyritään koko toimitusketjun tehostamiseen, fokuoitumalla globaalin kokonaisuuden (toisin sanoen koko toimitusketjun) tehokkuuteen [She05].

1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Tutkimuksen päätaavoite on luoda sopeutuvan varastonohjauksen ja hankintatoimen prosessin tukityökaluja ja ohjausta tehostavia kysyntää visualisoivia ja ennakkotietoa tarjoavia malleja. Tavoitteen toteutana syntyy tutkimustyössä kysyntään jatkuvasti mukautuvan varastonohjausmallin kuvaus, joka vastaa suomalaisen konepajateollisuuden pk-sektorin piiristä saatuihin ja kirjallisuudesta löydettyihin, tyypillisesti tällä teollisuussektorilla käytössä olevien, ohjausmallien haasteisiin. Työkalujen tarpeet johdetaan tieteellisestä kirjallisuudesta ja suomalaisen konepajateollisuuden piirissä tehdystä kenttätutkimuksesta, siten että luotavilla konsepteilla pyritään tukemaan yritysten käytännöntyöntekijöiden tavoitteita ja tehostamaan varastojen hallinnan toimivuutta. Tutkimuksessa on pyritty pureutumaan

tutkimusalueen ongelmaan luokittelun, jaottelun ja kysyntä tiedon luonteen tunnistamisen kautta. Kokonaisuongelman asetannasta ja ongelman ratkaisun menetelmällisestä rajaamisesta muodostuvat seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Kuinka tunnistaa ja luokitella vaihtelevan kysynnän tuotteita?

Luokittelu itsessään ei varsinaisesti ratkaise ohjauksen tai ohjausprosessien tukemisen kokonaisuongelmaa, mutta luokittelun toimivuus on tutkimusongelman ratkaisemisen kannalta välttämätöntä. Hyvin toimivalla luokittelumallilla, tuetaan varastonohjauksen ongelmaan pureutumista. Luokittelumallin tutkimuskysymykseen vastaaminen tuo esiin toisen tutkimuskysymyksen.

2. Miten ohjataan tuotetta tuotteen kysyntärakenteen ja määrätiedon tunnistamisen jälkeen?

Tutkimuksen toiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi pyritään luomaan parametrisoitava toimintamalli, joka mahdollistaa jatkuvasti muuttuvan kysynnän tuotteiden kysyntämallin mallintamisen, kysyntäkäyttäytymisen profiloimisen, sekä malli & profiilianalyysiin perustuvan algoritmisen ohjaamisen.

Erityisesti sellaisissa tapauksissa, joissa tuotteen kysyntä on epävakaa ja/tai piikikäästä ja mahdollisesti myös yhtä aikaa kausittainen ja vaihtelevaa on tuotteen kysynnän ennakoiminen hyvin haastavaa. Tässä tutkimuksessa on pyritty löytämään sellainen ohjausmalli, joka pystyisi mukautumaan niin kausittaiseen kysynnän vaihteluun, kuin myös markkinakysynnän yliseen suhteelliseen muutokseen. Tutkimuksellisesti erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja läpikäydessä, on pyritty löytämään vain sellaisia ratkaisumalleja, jotka ovat yksikäsitteisesti ymmärrettävissä ja algoritmisesti toteutettavissa. Lisäksi on pyritty rajautumaan, mahdollisuuksien mukaan, vain sellaisiin ratkaisuihin jotka ovat toimintarakenteiltaan läpinäkyviä mallien soveltajille, mikä käytännössä rajaa tutkimuksen ulkopuolelle mm. neuroverkkomalleihin ja sumeaan logiikkaan perustuvat ratkaisumallit.

Ideologisesti ratkaisumalleissa on pyritty luomaan työkaluja, jotka antaisivat ohjausta toteuttavalle henkilölle kysynnän luonteesta selkeään laskentamalliin perustuvaa ennakkotietoa, joka on luotu kysynnän historiatiedon ja kysyntämukautumisrakenteiden pohjalta, sopeutuen jatkuvasti muuttuviin tilanteisiin. Jotta kysyntämallintamisen tuloksena saadusta ennakkotiedosta voidaan johtaa käytännön operatiivisen toiminnan johtopäätökset, tarvitaan vastaus tutkimuskysymyksen 1 asettamaan tavoitteeseen pystyä luokittelemaan tuotteiden kysyntäkäyttäytymistä. Yhdistämällä niin kysyntäennakkotieto, kuin kysynnän profiilin / epävarmuuden luokittelutieto pystytään tekemään lopullisia operatiivisia toimintapäätöksiä.

Tutkimuksen tieteellinen kontribuutio vastaa, yleisesti suomalaisen pk-yritys tason metalliteollisuuden yritysten käytännössä käytössä olevien varastonohjausmenetelmien rakenteelliseen ongelmaan siitä kuinka varastot eivät vastaa oikealla tavalla kysyntään. Käytännön haasteisiin tässä väitöskirjatyössä vastataan kuvaamalla ohjausmenetelmä, joka vastaa käytännön toimijoiden esille tuomiin, jokapäiväisen ohjaustyön ja parametrin päivittämisen, haasteisiin. Tutkimuskysymyksiin haettiin vastauksia niin kirjallisuuskatsauksen, puolistrukturoitujen haastatteluiden, kuin myös mallinnus- ja simulointitutkimusten avulla.

Tutkimuksen ollessa läheisesti käytännön haasteisiin peilautuva, muodostui tutkimukselle luonnollinen kolmas tutkimuskysymys, siitä kuinka voidaan ennakoida työssä luodun menetelmän sopivuutta johonkin tiettyyn käyttötapaukseen.

3. Ohjaustapauksen sopivuuden analysointi sopeutuvaan ohjaukseen ilman ennakkoon kerättyä pitkän aikajänteen historiatietoa?

Tutkimuskysymys sisältää ongelman siitä, kuinka varastonohjausta palveluna tarjoava toimija tai logistiikan sisäisesti hoitava konepajateollisuuden yritys pystyisi analysoimaan oman tuotevarastonsa luonteen ja näin päättämään onko tässä tutkimuksessa kehitetty menetelmä mahdollisesti sopiva ohjausmenetelmä kyseisessä tapauksessa. Tutkimuksessa on pyritty vastaamaan tähän tutkimuskysymykseen luomalla sopeutuvaan ohjausmalliin sidottu menetelmä, jolla varastoitavien tuotteiden joukko voitaisiin yksinkertaisesti analysoida ja suorittaa tarvittavat päätökset sopivuudesta tämän analyysin pohjalta. Tärkeäksi tämän tutkimuskysymyksen tekee havainto siitä, että useimmat Pk-sektorin konepajateollisuuden toimijat eivät olleet tarkkaan tietoisia varastoitavien tuotteiden suhteesta tuotannon keskeytymättömyys tavoitteisiin. Kyseiseen tutkimuskysymykseen on pyritty vastaamaan luomalla sellainen työkalu, joka toisi strategisen varastointimallipäätöksen lisäksi työkalun käyttäjälle uudenlaista ymmärrystä omien varastoitavien tuotteiden luonteesta suhteessa käytännön tuotantotyöhön. Näin sama työkalu, joka käytettäisiin jatkotoimenpiteiden päätöksenteon tukena, voisi toimia strategisena varastoanalyysityökaluna tarjoten käyttäjille uutta tietoa ja ymmärrystä varastoitaviin tuotteisiin nähden, vaikka lopulta päädyttäisiin siihen johtopäätökseen, ettei kysyntään sopeutuva varastonohjaus kyseisessä tapauksessa ole tuotteiden luonteen takia perusteltua.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus on keskittynyt tarkastelemaan sellaisia tuotteita, joita pk-sektorin konepajateollisuuden toimijat varastoivat, joko omaa tuotantoaan varten raaka-aineina, moduuleina tai muina komponentteina, sekä sellaisia tuotteita joita valmistaja varastoi lopputuotevarastossaan myyntiä varten. Kuitenkin siten että tässä väitöskirjatyössä on rajattu tarkastelun kohteeksi se nimikeryhmä joka liittyy yrityksen kokoonpanotoimintaan, huoltoon ja tuotteiden ylläpitoon liittyvät MRO-nimikkeet on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Tässä väitöskirjatyössä on rajauduttu tarkastelemaan suomalaista konepajateollisuutta edustavia pk-yrityksiä ja suomalaisen teollisuuden toimintamalleja, joissa yritykset joko itsenäisesti huolehtivat tuote ja komponenttivarastoistaan sisäisen varasto-operoinnin muodossa tai vaihtoehtoisesti he ovat ulkoistaneet varasto-operointinsa tai osan siitä jollekin kolmannelle osapuolelle, esimerkiksi logistiikkaoperaattorille, toimien siis asiakkaan roolissa. Tarkasteltaessa nimikkeiden käyttäytymistä ja niihin liittyviä kysynnän rakenteita ovat tässä työssä esitetyt havainnot, raportoidut ilmiöt ja tutkimuksen osana toimivat tutkijan omat väitöstyön aikaiset julkaisut kirjoitushetkellä saatavilla olleeseen tietoon ja ylisesti hyväksytyihin käsityksiin perustuvia. Täten mm. julkaisut heijastavat oman aikansa (julkaisun kirjoitushetken) vallitsevaan teollisen sektorin yleistä rakennetta eivätkä täten ole välttämättä täysin yksikäsitteisesti samassa linjassa väitöstyön valmistumisen maailmantilan ja haasteiden kanssa. Koko väitöskirjatyöprosessin ajan tutkimus on ollut fokuoituneena suomalaisen konepajateollisuuden pk-sektoriin ja tämän teollisuusalan erityispiirteisiin ja tarpeisiin. Tästä johtuen tutkimustulosten suora yleistettävyyden koskee erityisesti juuri tämän toimialan ja kokoluokan yritysten joukkoa. Väitöskirjatyössä

tehty menetelmällinen kehitystyö on edennyt iteratiivisena prosessina, osana tutkimushankkeita, joihin työn tekijä on osallistunut koko väitöskirjatyön prosessin ajan. Näin väitöskirjatyö on voinut tukea hankkeita (mm. tuomalla uusia ideoita ja näkemyksiä käsiteltävän toimialan päivittäisiin toimintamalleihin) ja hankkeet ovat edistäneet väitöskirjan tekemistä mm. nostamalla esiin todellisia käytännön tarpeita ja ne ovat samalla tarjonneet käytännön reaalista kysyntätieto informaatiota ja samalle ne ovat tarjonneet mahdollisuuksia ideoiden kenttätestaukselle.

Tutkimus keskittyy käsittelemään sellaisia varastoitavia tuotteita, joiden kohdalla kysyntänä voidaan nähdä tuotteen yksittäisten tarpeiden aikasarjana (eli yksittäisen määrän ja tapahtumien ajankohtien muodostamasta jatkumona). Tutkimuksen kvantitatiivinen eli numeerinen tutkimusdata on saatu kolmesta eri lähteestä. Ensimmäinen tutkimusdata on ajanjaksolta huhtikuu 2007 – huhtikuu 2008 käsittäen C-luokan ruuvi ja pulttinimikkeitä teknisen tukkukaupan ja sen välisen asiakkaan tapauksesta. Toinen tutkimusdata on lähtöisin logistiikkaoperaattorin keräilytiedosta kyseisen operaattorin asiakkuustapauksesta, jossa operaattori huolehti kaikesta ko. yrityksen sisääntulologistiikasta. Kyseinen tutkimusdata edustaa siis suoraa tuotannon kysyntätietoa. Toinen tutkimusdata sisältää vuosien 2007 ja 2008 kysyntätiedon. Kolmas tutkimusdata on lähtöisin kokoonpanevan pk-sektorin yrityksen tuotannosta, missä kyseinen kysyntätieto muodostuu sitä mukaa kun tavaroita käytetään osana normaalia kokoonpanoprosessia. Kolmannesta tapauksesta kysyntätietoa oli tutkimuksen käytössä ajanjaksoilta 2007 – 2010.

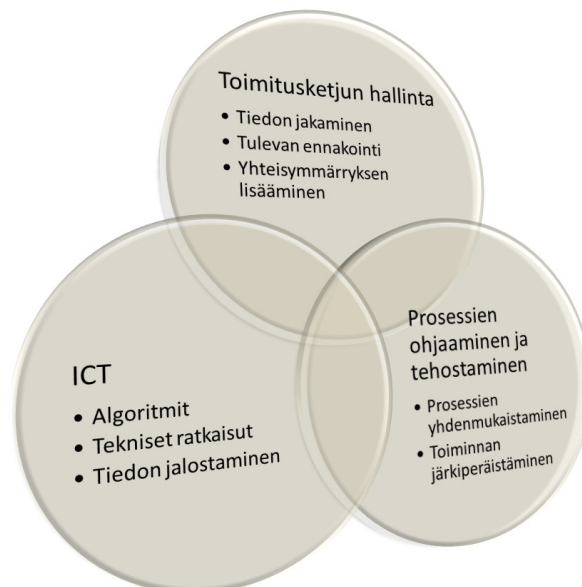
Ensimmäisen tutkimuslähteen datasta, vain sellaiset tuotteet joiden osalta tuotteita oli otettu hyllystä ainakin 2 kertaa tarkastelujakson aikana, liitettiin osaksi tarkasteltavaa kysyntädataa käytännön data-analyysiin. Tuotteet joiden osalta kysyntää oli vähemmän tai sitä ei ollut ollenkaan, on karsittu analysoidavan kysyntätiedon joukosta pois. Kyseinen karsinta tehtiin siksi että tällaiset tuotteet eivät edusta palvelumallin piirissä olleita normaaleja tuotteita. Ensimmäisen ja toisen numeerisen tutkimusdatan osalta, toiminta siinä muodossaan kuin se tutkimuksen aikana oli voimassa, ei enää jatkunut sellaisenaan, eikä tutkimustapauksista saatu myöhemmin uutta, täydentävää historiatietoa käytettäväksi. Kolmannen kysyntätietolähteen tapauksessa, päivityvää kysyntätietoa on edelleen saatavilla (alkuvuosi / 2011). Empiiristä kysyntätietoa käsiteltäessä, työssä on tehty oletus, jonka mukaisesti kysynnän ennakoiminen ei vaikuta itse kysyntään (eli tapahtumat ovat toisistaan riippumattomia). Toisin sanoen riippumatta siitä toteutetaanko esimerkiksi hyllytyspalvelu asiakkaalle kerran viikossa suoritettava täydennyksenä, 52 kertaa vuodessa, vai hieman suurempina erinä, kahden viikon välein 26 kertaa vuodessa, asiakkaan vuotuinen kokonaistarve ei muutu. Oletukseen liittyy reunaehto siitä, että ohjausmallin muutos tulee pystyä lähtökohtaisesti toteuttamaan niin että muutos ei ainakaan lisää asiakkaan kokemien tuote / komponentti puutetilanteiden kokonaismäärää.

Empiirisen datan tietolähteiden ollessa pääosiltaan konepajateollisuuden ja osittain IT-sektorin piiristä, työn yleistettävyyttä rajaa tutkimuksen yleinen keskittyminen teolliseen ja tekniseen sektoriin. Työn keskittyminen konepajateollisuuden pariin, sekä niitä palvelevien IT-sektorin ja logistiikkaoperoinnin toimijoiden keskuuteen, työssä esitettyjen ratkaisujen ja niiden käytännössä testattujen ja tarjoamien mahdollisuuksien suora yleistäminen toisiin toimialoihin tai talussektoreihin ei ole itsestäänselvyys. Kuitenkin lähtökohtaisesti tässä väitöskirjatyössä esitetty toimintamalli ei itsessään rajoitu toiminnallisuuksiltaan mihinkään tiettyyn toimialaan, eikä vaadi perustoteutusmuodossaan muuta kuin kysynnän historiatietoa pohjatiedokseen. Tästä

huolimatta, edellä olevaan perustuen käytäntöön soveltamisessa on huomioitava jokaisen toimialan omat syklisyydet ja kysynnän ennakkoinnin haasteet. Esimerkiksi elektroniikkateollisuudessa, tuotekohtainen kysyntä voi alkaa ja loppua yhden vuoden sisällä, jolloin tässä työssä esitetty sopeutuva malli ei ole suoraan sellaisenaan sovellettavissa ko. tuoteryhmään. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että kysynnän sykliä kuvaavaa rakennetta ei pystytä muodostamaan sinä aikana kun koko kysynnän rakenne muodostuu ja se myös lakkaa olemasta. Toisaalta jos tutkitaan kysyntää korkeammalla tasolla, esimerkiksi valmistajan uusimman tuotteen kysynnän osalta, voidaan kysynnän profilointia lähestyä siten että hyödynnetään aikaisempien uutuustuotteiden kysyntäprofiilia pohjarakenteena uusimman tuotteen kysyntäprofiilia rakennettaessa.

Lähtökohtaisesti tässä tutkimuksessa on keskitytty tarkastelemaan kahden toimijan eli dyadien välistä toimintaa ja kahden toimitusketjussa peräkkäin olevan toimijan välistä tiedon jakamista ja saatavilla olevan kysyntäennakkotiedon mahdollisuuksien hyödyntämistä. Esimerkiksi tarkastelu alihankkijan ja päähankkijan välillä, jossa toinen osapuoli ostaa ja toinen myy / toimittaa tuotteita. Tutkimuksessa keskitytään siis yksiportaiseen toimitusketjuun, jossa tarkastellaan nimikekohtaisen tuotekysynnän sopeuttamista monimutkaisten kysyntärakenteiden kokonaisuudessa. Jokaisen tuotteen kohdalla oletetaan että tuotteella on jokin määritettävissä oleva toimitusaika ja että tämän toimitusajan maksimiaika pystytään toiminnan kannalta määräämään riittävällä tarkkuudella. Toimituksen oletetaan tapahtuvan edellä kuvatun maksimitoimitusajan sisällä, tilattuna määränä, joko alkuperäisen toimittajan tai vaihtoehtoisen toimittajan toimittamana.

Kokonaisuutena tämä väitöskirja työ sisältää läpileikkausmaisesti piirteitä, niin tuotannonohjaamisen, tietotekniikan ja algoritmien, kuin myös prosessien ohjaamisen ja hallinnan osa-alueilta. Kuvassa (Kuva 2) on esitetty graafisesti, kuinka tässä työssä yhdistyy niin ohjaustekninen, kuin myös tiedonjakamisen ja toiminnan muokkaamisen osa-alueet.



Kuva 2: Graafinen kuvaus väitöskirjatyön koskettamista osa-alueista

1.4 Metodologia

Tässä tutkimuksessa on tutkimusprosessin aikana yhdistetty laadullista ja määrällistä tutkimusta toisiinsa. Se osa tutkimuksesta, jossa on käsitelty käytännön numeerista dataa eri tutkimustapauksista ja jossa tutkimus keskittyi kyseisen datan analysointiin ja pyrki niiden pohjalta luomaan luokitteluparametreja ja malleja, kuuluu määrällisten tutkimusmenetelmien piiriin. Itse tiedonkeräysprosessi on ollut sekä laadullisen että määrällisen tiedon osalta merkittävä osa tätä väitöskirjatyötä. Erityisesti laadullisen tiedon osalta informaatio on täsmentynyt ja laajentunut koko väitöskirjatyön ajan, eikä työn ajalta ole näin olemassa selkeästi määriteltävää yhtä ajanjaksoa, jolloin informaation määrän tai tietotarkkuuden voitaisiin sanoa kertyneen merkittävästi toista prosessivaihetta nopeammin. Laadullisen tiedon osalta informaatio on kertynyt siis melko tasaisesti koko prosessin aikana. Määrällisen tiedon osalta informaatio on tullut enemmän purskeisesti, useassa osa-jaksossa, jossa on selvitetty jonkin tietyn osa-alueen osalta eksaktia tietoa, esim. kysynnän vaihtelua, tarvetiedon yleistä saatavuutta, sen laatua jatkokäsittelyn kannalta tai esimerkiksi laadullisen tiedon (mm. haastateltavien näkemys) vertaaminen määrälliseen tietoon (näkemys korreloituinen numerotietoon). Määrällisen tiedon osalta tiedon analyttisen ja numeerisen käsittelyn huippuajanjaksot ovat osuneet TEMO-hankkeen ja JOHTO-hankkeen ajanjaksoihin. Näiden välissä (HALLI- & SYNKRO-hankkeissa) tutkimus sisälsi enemmän laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Tämän väitöskirjaprosessin alkupuolella, tutkimus oli luonteeltaan tutkimuksen aihealuetta kartoittavaa soveltavaa tutkimusta. Tutkimuksen edetessä väitöskirjatyöntekijä kehitti menetelmää yhä tiiviimmin yhteistyössä liiketoiminnan toimijoiden kanssa, ja tutkimusprosessin päästessä viimeisiin vaiheisiin (JOHTO-hankkeen aikana) tutkimus oli luonteeltaan hyvin action research tyyppistä tutkimusta, missä tutkijalla ja yrityksillä oli yhteinen aktiivinen kehityksen alla oleva tutkimustavoite.

[Hir00] mukaan tapaustutkimus sisältää tarkkaa tietoa yhdestä erityisestä tapauksesta tai pienestä joukosta toisiinsa liittyvistä tapauksista. Tämä tutkimusmetodi valittiin koska tutkimustulosten halutaan hyödyntävän sekä tutkimusyhteisöä, että käytännön toimijoita. Käyttämällä todellisesta, käytännönympäristöstä saatavaa tutkimusdataa, kohdataan tutkimusdatan käsittelyssä samoja haasteita ja ongelmia, kuin mitä käytännön metodisoveltamisessa tultaisiin menetelmien soveltamisen yhteydessä kohtaamaan. Käytännön kysyntädataa hyödyntämällä pyritään varmistamaan se, että päivittäisessä toiminnassa usein esiintyvät kysyntäheilahtelut ja toimialakohtaiset syklisyydet eivät aiheuta menetelmiä sovellettaessa merkittäviä määrien odottamattomia poikkeamia. Empiirinen määrällisen tiedon kertyminen purskeina, hankekohtaisiin tavoitteisiin vastaamiseksi, korreloi hyvin siihen kuinka tässä väitöskirjatyössä käsiteltävä ideologia ja ohjausparametriston säätömalli on vastaavasti kehittynyt askel askeleelta, informaatiosta tehtyihin havaintoihin ja haastatteluista saatuun tarve ja kokemuspohjaiseen tietoon perustuen. Näin mallin voidaan sanoa kehittyneen pienissä paloissa, analysoinnin ja testaamisen kautta, käytännön toimijoiden ja tieteen tekijöiden näkemyksiä yhteen sovittaen. Tämän kehityspolun lopuksi kehitetyt ratkaisut koottiin yhteen ja muodostettiin kokonaismalli.

Tutkimusotteessa ja rakenteessa on hyödynnetty tapaustutkimuksen menetelmien lisäksi myös osia toimintatutkimuksen tutkimusmetodologiasta (eng. Action Research (AR)) [Lew46], [Bar08]. Erityisesti tutkimuksen jälkimmäinen osa, jossa pyrittiin vastaamaan toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen, voidaan luokitella kuuluvaksi

toimintatutkimus tutkimusmetodologian piiriin. Tässä tutkimuksen osassa tutkija teki syvää yhteistyötä IT-talon, logistiikkaoperaattorin, sekä heidän asiakkaansa ja teollisen kokoonpanevan yrityksen kanssa kehittäessään kysyntään sopeutuvia varastonohjausmalleja, sekä mallien sopivuusanalyysi työkaluja ja valintamalleja erilaisille ohjauskäytännöille analyysin tuloksiin pohjautuen. Tutkimuksessa käytetty empiirinen data on tapaustutkimusyritysten ERP-järjestelmistä peräisin olevaa faktuaalista informaatiota, joka perustuu yritysten todelliseen, kokemaan kysyntään ja heille saapuneisiin toimituksiin, kuvaten näin realistisesti todellista toiminnan ylläpitämiseksi vaadittavaa kysyntää ja asiakaskunnan todellista tarvetta. Empiirisestä lähtötiedosta hyödynnettiin tutkimuksessa pääosin tarvetiedon tarkkaa tapahtumahetkitietoa, sekä määrätietoa. Tällä pyrittiin siihen että tutkimuksessa käytettävä tieto olisi yleisesti saatavilla olevaa, millä pyritään tukemaan kehitetyn ideologian monikäyttöisyyttä. Tapauskohtaisesti, erityisselvitystarpeiden tukemiseksi, hyödynnettiin saatavilla olevaa valmista yrityksen tekemää ABC-luokittelua ja tietoa siitä, mikä osa-prosessi kyseisen tarpeen oli muodostanut.

Tutkimuskysymykseen 1 vastattaessa ja luotaessa luokittelumalleja käytettiin tutkimuksessa kirjallisuudesta löytyneiden ideoiden ja mallien lisäksi myös tutkimuksen aikana (vuoden 2006 alusta vuoden 2010 loppuun) kerättyä haastatteludataa hyödyksi. Nämä haastattelut käsittivät pääosin yritysmaailman toimijoiden piirissä tehtyjä haastatteluja, joihin väitöskirjatyöntekijä osallistui tutkimuksen aikana käynnissä olleiden tutkimusprojektien piirissä (TEMO, HALLI, SYNKRO, JOHTO). Näissä haastatteluisa haastateltavat kuuluivat yritysten johtoon ja asiantuntijatoimijoihin mm. yrityksen hankintapäälliköt, logistiikkamanagerit, myynti ja osto henkilöstö, tuotannonsuunnittelijat, toimitusjohtajat, omistajat, toimialuejohtajat, konsultit, sekä käytännön kenttätöläiset (esim. VMI hyllytyksestä huolehtiva hyllytyshenkilöstö). Haastatteluihin osallistuvien yritysten koko luokka vaihteli pk-yrityksistä (10–300 työntekijää) suuriin globaaleihin toimijoihin.

Laadullista dataa käytettiin mm. luotaessa luokittelumalleja sekä tuoteluokkiin sopivia tuotteiden parametrien hallintamalleja, sekä osaltaan myös tutkimuksen johtopäätösten tukena. Laadullinen data sisälsi mm. edellä mainittujen yrityshaastattelujen huomioita ja niistä syntyneitä ideoita, ajatuksia ja toimintamallihahmotelmia, aiempien tutkimusten johtopäätöksiä, esitettyjä hypoteeseja ja konseptimäärittäyksiä. Lisäksi laadulliseen dataan voidaan lukea käytännön toimijoiden kuvaamia erikoisratkaisumalleja ja toimintaideoita, joilla yrityksissä on pystytty aikojen saatossa ratkomaan haastavia käytännönongelmia, jotka osaltaan sivuavat tässäkin työssä käsiteltyjä aihepiirejä. Haastattelujen ja teollisuuden parissa tehdyn kehitystyönkautta kysyntää sopeutuvaa ohjausmallia on pyritty kehittämään siten, että se olisi mahdollisimman mukautuvasti sovellettavissa hyvin moninaisiin ja toisistaan poikkeaviin toimintaympäristöihin, joita nykypäivän suomalaisen konepajateollisuuden piirissä on havaittavissa. Tutkimuksessa on myös hyödynnetty tapaustutkimuksissa toimineiden yritysten ja muiden tutkimuksen piiriin kuuluvien yritysten julkista materiaalia (mm. tiedotteita, lehtiartikkeleja, www-sivustoja, liiketoimintasuunnitelmia, vuosikatsauksia, sisäisiä kehittämispalaveri materiaaleja, jne.)

Tutkimuksen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastattaessa käytettiin sekä laadullisia, että määrällisiä menetelmiä. Laadullisiin menetelmiin kuuluu mm. aiemmasta kirjallisuudesta löydetty erilaiset mahdollisuudet suorittaa tuotteiden luokittelua, määrällisiin taas mm. kerätyn käytännön historiatiedon analysointi [Hir00]

ja sitä kautta haettava tuotteiden luokittelusäännöstä pyrittäessä irrottamaan kokonaisuudesta tietty alijoukko tarkempaa tuotejoukkohallintaa varten.

Itse sopeutuvan ohjaamisen mallia rakennettaessa ja sitä testattaessa, sovellettiin tutkimuksessa konstruktiiivisen tutkimusotteen metodologiaa [Olk94], [Kas93]. Metodologisesti menetelmä kehittämisessä lähdettiin liikkeelle pk-sektorin varaston ohjaamisen käytännön haasteista. Ohjaamistarpeeseen luotiin useita erilaisia ideologia variaatioita, joita käytiin hankkeisiin osallistuvien yritysten kanssa yhdessä lävitse ja niistä valittiin ja karsittiin jatkokehitettäväksi lupaavimmat vaihtoehdot yhdessä yritysmaailman toimijoiden kanssa. Väitöstyön loppupuolella lupaavimmalle sopeutusmenetelmälle tehtiin heikko markkina testi ja sitä testattiin käytännön reaalissa yritysympäristössä, minkä tulokset on myös dokumentoitu osana tätä väitöstyötä. Näiden tulosten pohjalta tehtiin tarkennuksia ja parannuksia malliin, joka on kokonaisuudessaan esitetty tämän väitöskirjatyön tieteellisenä kontribuutiona.

1.5 Tutkimusprosessi

Tässä kappaleessa esitetään tutkimusprosessin yleinen eteneminen. Käytännössä tutkimusprosessi on jakautunut orientaatio, kirjallisuuskatsaus, luokittelumallin luonti ja analysointi, ohjausmallien rakentaminen, simulointi ja analysointi, sekä yhteenvedo osioon.

1.5.1 Orientaatio

Työn lähtökohtana toimi vuoden 2005 aikana tehty kapasiteetin hallin tutkimushanke, laskentakapasiteetin tarpeen ennakoinnin ja tarjonnan kysyntäsovittamisesta. Kyseessä oli kapasiteetin hallinalueelle kuuluva ongelma, jossa tutkittiin sitä kuinka hyvin ja millä keinoin tulevaa kapasiteettiä tarvetta voidaan nyky- ja historiatiedon pohjalta ennustaa siten että tuleva kapasiteetin tarve ei tule yllätyksenä, eikä lisäkapasiteetin pitkä hankinta-aika aiheuta laskentakapasiteetin palveluntarjoajan asiakkaille suorituskykyongelmia. Tässä hankkeessa paneuduttiin sekä lyhyen että pitkän aikajänteen historiatiedon hyödyntämiseen, osana kapasiteettitarpeen mallintamista ja lähitulevaisuuden ennakoimista. Työn aikana opittuja mallinnusmenetelmiä ja kysynnän ennakoimisen ideologioita on tutkimuksen myöhemmissä vaiheissa jatkojalostettu ja tässä hankkeessa opittuja rakenteita on myöhemmin hyödynnetty osana väitöskirjatyön eteenpäinviemistä.

Kapasiteetin hallinnan tutkimushankkeen jälkeen jatkotutkimuksen orientaatiovaiheeseen kuului konepajateollisuuden ongelmakenttään ja tutkittavaan varastohallinnan ja varastoinnin yleiseen problematiikkaan tutustuminen. Tämä vaihe sisälsi mm. VMI palveluiden tuottavien ja varastohallinnan piirissä toimivien ammattilaisten haastatteluja logistiikka-alan yrityksissä, sekä näiden yritysten asiakaskunnan logistiikasta vastaavien henkilöiden piirissä. Haastatteluissa perehdyttiin VMI palveluiden nykytilaan ja hyllypalvelumallien nykyisiin (haastatteluhetkellä vuosina 2006 - 2008) ja käytössä oleviin toteutusmalleihin ja toimintamenetelmiin, niin käytännön työn tasolla, kuin työtä tukevien teknisten menetelmienkin valossa.

Tutkimusprosessissa tapaustutkimusyrietyksiksi valittiin sellaisia pk-sektorin toimijoita, joilla oli käytössään nykyaikaiset tiedonkeräysprosessit laadukkaan lähtödatan varmistamiseksi. Tapaustutkimus yrityksiä valittiin yhtäläillä C-luokan

tavarantoimittajien, logistiikkaoperaattoreiden, kuin myös kokoonpanoa suorittavien päähankkijoidenkin joukosta, joiden tapauksessa tarkastelussa oli nimikkeitä kaikista nimikeluokista, pois lukien MRO-luokan nimikkeet. Yritysten valinta perustui mm. siihen, että ne pystyivät toimittamaan tutkijalle numeerisen kysyntätiedon luotettavasti yritysten tietojärjestelmistä haettuna ja joiden osalta tiedon käyttämiseen osana tutkimustyötä ei liittynyt liiketaloudellisia rajoitteita (esimerkiksi tiedon arkaluontoisuus tieteellistä raportointia silmälläpitäen). Tapaustutkimusyriytysten valintakriteereihin kuului mm. seuraavat tekijät:

- Yritys tai merkittävä osa sen asiakkaita (esim. tavarantoimittajien tapauksessa) toimii konepajateollisuuden piirissä
- Yritys on ollut olemassa yli 10 vuotta (yrityksellä on riittävän pitkä historia omalla toimialallaan ja toiminta on jo kerinnyt vakiintumaan alkuvaiheen jälkeen)
- Yrityksellä on käytössään riittävän nykyaikaiset IT-ratkaisut
- Yrityksellä on vakaa tahtotila parantaa omaa toimintaansa ja oppia uutta (tapaustutkimuksiksi pyrittiin valitsemaan sellaisia yrityksiä, joilla on sisäinen kehittämisinto ja vakaa pyrkimys parantaa omaa toimintaansa)

Sopivien tapaustutkimusyriytysten löydyttyä, jokaisessa tapauksessa sovittiin yrityksen kysyntätiedon hyödyntämisestä osana tutkimustyötä. Tiedon käyttötarkoituksen ja mahdollisten tulosten ja analyysien julkisesta esittämisestä sovittiin etukäteen, minkä jälkeen aloitettiin tiedonkeräysprosessi.

Yleinen tiedonkeräys prosessi ko. tapauksissa oli seuraavanlainen:

1. Tietojärjestelmistä kerättävästä tiedosta keskusteltiin suusanallisesti ja ensimmäinen näytedata järjestelmästä kerättiin yrityksen toimesta
2. Tutkija perehtyi näytedataan, arvioi datan, analysoi datan mahdollisten poikkeamien ja ns. odottamattomien merkintöjen varalta
3. Tutkija raportoi havaintonsa takaisin yritykseen, minkä jälkeen tutkija ja yritys sopivat yhdessä kuinka täysimääräinen historiatieto muodostetaan käytössä olevasta datasta
4. Tutkija kävi läpi täysimääräisen historiatiedon ja teki historiatiedolle lisätarkastuksia täysimääräisen keräysprosessin aikana aiheutuneiden mahdollisten poikkeamien varalta
5. Jos poikkeamia havaittiin, poikkeamien syyt selvitettiin ja asian suhteen tehtiin mahdollisesti tarvittavat korjaustoimenpiteet, ja lopuksi kerättiin yhtenäinen täysimääräinen historiatieto tutkimusanalyysiä varten

Haastatteluissa ja kenttätutkimuksissa perehdyttiin ja käytiin lävitse yhtäläillä hyllypalvelumallin toteutusprosesseja, kuin myös teknisiä ratkaisujakin. Teknisten ratkaisujen osalta selvitettiin tekniikan hyödyntämisen nykytilaa, historiaa (tutustuttiin mm. demonstraatiokäytössä olleisiin teknisiin ratkaisumalleihin joiden kysyntä ei koskaan ylittänyt kriittistä massaa) ja tulevaisuuden visioita, sekä käytiin alan

päätoimijoiden kanssa lävitse erilaisia lähitulevaisuuden skenaarioita siitä, millaisiin toimintamalleihin ko. toimialalla ollaan lähitulevaisuudessa menossa. Tutkimushankkeissa on pyritty hahmottamaan alan nykytilan lisäksi alan lähitulevaisuuden näkymät, jotta tutkimushankkeissa voidaan fokuoittaa sellaisten mallien ja rakenteiden kehittämiseen jolla nähdään ratkaisumallien valmistumishetkellä olevan todellista tarvetta ja kysyntää.

Suomessa tehtyjen havaintojen ja haastattelujen lisäksi yhteyttä pidettiin myös Eurooppalaisiin ja yhteen amerikkalaiseen automaattista etävalvonta hyllypalvelumallia tarjoavaan yritykseen. Näille ratkaisuille oli kaikille yhteistä se, että ne perustuivat tuotekohtaiseen kulutuksen tunnistamiseen, esimerkiksi painon mittaamisen perusteella. C-luokan tuotteisiin ja niiden kysyntämalleihin tutustumisen, sekä näihin painonmittauksen perusteella teknisesti ongelmaa ratkaiseviin malleihin pureutumisen myötä muodostettiin tutkimuksen lopullinen raja. Tässä vaiheessa päätettiin että tutkimus tulee koskemaan kaikkia varastoitavia tuotteita (pois lukien varaosatuotteet) pelkkään C-luokan komponentteihin fokuoittamisen sijasta.

Vuonna 2005 tehty kapasiteetin hallinnan tutkimushanke ja sitä seuranneet TEMO-, HALLI- ja SYNKRO-hanke ovat kaikki toimineet tämän väitöskirjatyön tukipilareina ja edistäjinä. Loogisesti toinen toistaan seuraavat tutkimushankkeet ovat tehokkaasti edistäneet väitöskirjatyö prosessia ja samalle ne ovat mahdollistaneet jatkuvan osallistumisen konepajateollisuuden ympärille keskittyvään kehittämistoimintaan ja tutkimukseen.

1.5.2 Kirjallisuuskatsaus

Orientaatiövaiheen jälkeen tutkimuksessa paneuduttiin kirjallisuuteen, erilaisiin ratkaisumalleihin ja mahdollisuuksiin tehostaa varatonhallintaa siirtymällä kaikkien tuotteiden identtisestä hallintamallista erilaisiin monimenetelmäohjausmalleihin. Ohjausmalleihin ja ideoihin tutustumisen lisäksi, teorioihin ja malleihin perehtymisellä haettiin selkeyttä hyllypalvelumallien erillispiirteitä verrattuna kaikkien varastoitavien tuotteiden hallintaan. Kirjallisuutta läpikäydessä perehdyttiin mm. [Kra83] yleisesti hyvin tunnettuun purchasing portfolio model -malliin, jossa tuotteet on jaettu nelikentän avulla hankintariskin, sekä taloudellisen vaikuttavuuden suhteen neljään eri ryhmään. Nämä ryhmät (suositeltuine toimintaideologioineen) ovat: 1. Volyymituotteet (hyödynnä ostovoimaa), 2. Strategiset tuotteet (muodosta hankintasuhteita), 3. Ei kriittiset tuotteet (varmista tehokas hankinta), 4. Pullonkaulatuotteet (varmista saatavuus). Tällaisten mallien perusideologiaa (hajota ja hallitse) sisältyy myös osaksi tässä väitöskirjassa esiteltävää sopeutuvan ohjauksen mallia, esim. nimikkeiden kaksitasoinen ABC-analyysi ja tarkastelu sille kuinka hyvin nimike lähtökohtaisesti soveltuu sopeutuvaan ohjausmalliin.

Kirjallisuuskatsauksella pyrittiin löytämään myös erilaisia jo toteutettuja ja tieteellisesti dokumentoituja teknisiä toteutusvaihtoehtoja, etenkin näiden ratkaisujen toimintaideologian osa-alueelta, mutta myös samalla ratkaisujen saatavuutta ja käytettävyyttä, sekä erilaisiin toimintaympäristöihin soveltuvuutta silmälläpitäen. Teoreettiseksi pohjaksi otettiin tunnettuja malleja, kuten mm. [Spe98] kaksitasoinen matriisi (dimensioina nimekkeen strateginen merkitys, sekä nimekkeen monimutkaisuus). Matriisi ei istu suoraan sellaisenaan suomalaisen konepajateollisuuden, eikä erityisesti juuri pk-sektorin erityispiirteisiin, mutta malli

tarjoaa kuitenkin erittäin hyvän lähtökohdan jatkojalostukselle juuri tähän tiettyyn toimiympäristöön.

Teorioihin ja malleihin perehtymisellä haettiin erilaisia vaihtoehtoja ohjata parametrisesti yksittäisiä tuoteluokkia luokittelumallin tulosten pohjalta, säätämällä annettuja parametreja jatkuvana prosessina, muuttuviin tilanteisiin mukautuen, esimerkiksi muutoksia kuvaavien mittareiden tuottamien mittaustulosten perusteella. Julkaisuista yritettiin myös etsiä suosituksia erilaisten tuoteluokkien ohjaamiselle ja luokkarajojen tunnistamiselle. Työssä on lähdetty siitä lähtökohdasta että yllä kuvatun kaltaisia esimerkkimalleja pitää pystyä jalostamaan pk-sektorin, sekä niitä palvelevien logistiikkaoperaattorien tarpeisiin ja rajoitteisiin sopiviksi, siten että käytännön prosesseja pystytään nykyistä enemmän automatisoimaan ja tehostamaan.

Kirjallisuuskatsaukseen haettiin tietoa niin LUT:n käytössä olevien tietokantojen¹ piiristä, kuin myös vapaasti käytettävissä olevien yleisten hakukoneiden (esim. Google, Yahoo, Altavista, yms.) kautta. Hakujen pyrkimyksenä oli löytää lähtökohdiksi kirjallisuuskatsauksia, keskeisiä alan lähteitä ja juuri tutkimuskohteeseen hyvin läheisesti liittyviä julkaisuja, joiden kautta tutkimuskenttä saataisiin hyvin rajoitettua ja kartoitettua pääpiirteissään. Haut pyrittiin rajaamaan pääpiirteissään 1990-luvun ja sitä tuorempien ajanjaksojen julkaisuihin. Erityisesti uudehkojen lähteiden etsinnän tärkeyttä tuki tarve löytää alan uusimpia menetelmiä, teknisiä ratkaisuvaihtoehtoja ja ideologioita malleja hallita tehokkaasti mitä erilaisimpia tuoteryhmiä.

1.5.3 Ideologian kehittäminen & nimikkeidenluokittelu

Yllä olevan soveltuvuuden ja teollisuuden alan vaikutusten ristiin kartoittamiseksi tässä työssä luodun sopeutuvan parametrison ohjaamisen menetelmän lisäksi kehitettiin menetelmän yleinen soveltuvuusanalyysin aputyökalu. Tämä luokittelumenetelmä suunniteltiin työkaluksi jolla voidaan selvittää sitä, ovatko yrityskohtaiset nimekkeet riittävästi suuressa määrin sellaisia, että niiden ohjaamisen mukauttamista parametrista sopeuttavaan malliin kannattaa jatko harkita.

Luokittelumallin ideologia rakentui jo varhaisessa vaiheessa työtä, käytännön haasteiden kartoituksen myötä, selvitettyä tyypillisimpiä käytännön ratkaisuja, menetelmiä ja valintoja, joilla varastoitavia nimikkeitä konepajateollisuudessa on pyritty ohjaamaan. Tarkastelu sisälsi niin saatavuuden varmistamisen, kuin varastoihin sitoutuvan pääoman, kuin myös tuotannon jatkuvuuden näkökulmia, sekä lisäksi käytännön haasteeksi muodostuivat usein viimehetkillä muuttuvat asiakastarpeet ja peruuntuvat tilaukset, joiden myötä nimikkeiden varastointiin liittyy mm. taloudellista riskiä otettaessa varastoon nimikkeitä, joiden kysyntä jatkossa tulee olemaan hyvin epävarmaa.

Ensimmäisessä vaiheessa sopivuutta tarkasteltaessa paneuduttiin yleiseen ABC-analyysiin ja näkemykseen siitä, kuinka nimikkeiden hyvin pieni nimikekohtainen arvo johtaa usein siihen johtopäätökseen että ko. nimikkeitä kannattaa ohjata suurina kertaostoina ja varmuusvarastoina, koska niihin sitoutuva pääoma isohkojenkin nimikemäärien tapauksessa on suhteessa merkittävästi pienempi kuin mitä näiden nimikkeiden jatkuvaan optimointiin, tilaamiseen ja toimitusseurantaan sitoutuva aika ja

¹ ABI / INFORM Global (ProQuest), Elsevier (Science Direct), Emerald Journals (Emerald), Wiley Interscience Journals, jne.

siten rahallinen panostus tulisi olemaan. Näin lähtökohtaisesti muodostui ajatus, että erityisesti hyvin pieniarvoisten nimikkeiden osalta, parametristojen sopeutettu ohjaaminen ei välttämättä ole järkevää vaan on parempi jättää nämä nimikkeet sellaisten menetelmien ohjauksen (esim. VMI tyyppinen hyllypalvelumalli) piiriin, joissa toiminnan tehokkuus ja hankinnan kustannustehokkuus optimoituvat.

Tämä rajausta johti tilanteeseen jossa lähtökohtaisesti sopeutuvan ohjaamiseen piiriin sopivimpia ovat nimikkeet A- ja B-luokissa. Tarkastelua jatkettiin teollisuuden kanssa nimikkeiden saatavuuden näkökannalta asiaa tarkastellen, asiaan paneuduttaessa kävi nopeasti ilmi että luokittelu pelkästään taloudellisen arvon näkökulmasta asiaa tarkastellen ei ole riittävä, koska se jättää tuotannon saatavuuden ja täten toimintakriittisyyden kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Näin syntyi toinen ABC-luokittelun tarkastelu akselisto, jossa nimikkeen luokitusta tarkasteltiin sen tuotantokriittisyyden kannalta. Tässäkin ryhmässä osoittautui nopeasti että on tärkeitä keskittyä A- ja B-luokan nimikkeisiin, C-luokan (kriittisyys mielessä) nimikkeiden ollessa sellaisia että niitä saadaan helposti ja nopeasti tai ne eivät muuten ole tuotannon jatkuvuuden kannalta kriittisiä.

Sopivuus tarkastelua jatkettiin asiakas tarve muutoksen kannalta ohjaushaastetta lähestyen. Tässä tarkastelussa päädyttiin siihen tulokseen että lähtökohtaisesti A-luokan nimikkeet ovat useimmiten niitä joissa asiakaskohtaiset muutokset tyypillisimmin tapahtuvat, ja täten nämä nimikkeet ovat myös sellaisia joissa ennustaminen ja ennakointi johtavat helpoiten vääränlaisiin varastointi ja hankintapäätöksiin. Näin A-luokan nimikkeet rajattiin sopivuustarkastelussa pois, jotta saadaan hyvä alustava näkemys siitä kuinka hyvin tarkastelun kohteena olevan yrityksen nimikkeet mahdollisesti lopulta sopivatkaan sopeutuvan ohjauksen piiriin.

Samalla muodostui tutkimuksen rajausta siitä minkä tyyppisiin nimikkeisiin menetelmän sopivuutta ensialkuisesti pyritään testaamaan ja soveltamaan. Kaksi tasoisen ABC-analyysin ideologia ja konsepti on selvitetty yksityiskohtaisesti kappaleen 4 alla. Tässä kuvataan yleisellä tasolla jako, jonka mukaisesti tutkimus rajautuu seuraavasti

1. A-luokan nimikkeet (talous- ja / tai tuotantokriittisyys tarkastelu)

- Nimikkeet on rajattu sopeutuvan ohjaamisen ulkopuolelle niiden sisältämän suuren toiminta- ja talousriskin takia

2. B- luokan nimikkeet (talous- ja / tai tuotantokriittisyys tarkastelu)

- Nimikkeet kuuluvat tarkastelun piiriin niiden teollisuudelle riittävän pienen riskitason takia ja toisaalta niiden riittävän suuren arvon takia, jotta varaston ohjausmuutoksilla on saavutettavissa merkittäviä taloudellisia ja / tai toiminnallisia etuja

3. C- luokan nimikkeet (talous- ja tuotantokriittisyys)

- Nimikkeiden arvo ja saatavuus on sellainen, että niiden ohjaaminen massaostoina ja transaktioita minimoiden johtaa tyypillisesti parhaimpaan lopputulokseen (hyvä taloudellinen tehokkuus ja varma saatavuus sekä keskeytymätön kokoonpano)

Toisin sanoen sopeutuvassa ohjausmallissa lähdetään siitä että, edullisimmat / halvimmat eli ns. bulk tuotteet ohjataan puhtaasti suurilla varastoilla ja/tai kolmannen osapuolen palvelumalleja, kuten VMI, hyödyntäen (pyritään saamaan käsittelykulut alas ja toimitusmäärät ja toimitusprosessien yksinkertaisuus ylös). Varmuusvarastoa ”sietävät” tuotteet ohjataan manuaalis-automaattisesti tai täysin automaattisesti sopeutuvalla ohjauksella (esim. tuotteet jotka arvonsa puolesta luokittuisivat B-luokkaan ja joille kiertäminen on normaalisti niin suurta että väliaikaisesti ”ylimitoitettuna” varaston tapauksessa ei ole merkittävää riskiä että tuotteet jäisivät käyttämättä tai ns. vanhenisivat hyllyyn). Kalliit / tuotannolle suuren riskin muodostavat tuotteet ohjataan täysin manuaalisesti, mahdollisesti hyödyntäen sopeutuvan ohjausmallin kautta saatavaa kysynnän ennakkotiedon avulla saatavuusriskiä minimoiden, kuitenkin niin että tilaukset vahvistetaan yksityiskohtaisesti ns. käsityönä

1.5.4 Kysyntään sopeutuvan ohjausmallin kehittäminen

Väitöskirjatyön ydin, eli sopeutuvan ohjaamisen malli, aloitti kehittymisensä vuonna 2005 suoritettuna laskentakapasiteetin kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamisen problematiikan tutkimuksen myötä. Tästä ongelmakentästä tutkimuksessa siirryttiin vastaavaan problematiikkaan logistiikan puolella varastoitujen nimikkeiden tarjonnan ja tuotannon / loppuasiakkaan tarpeen yhteensovittamisen osa-alueelle.

Logistisessa ongelmakentässä tutkimus alkoi C-luokan nimikkeiden tutkimuksesta, tarkastellen VMI-tyyppisiä hyllypalvelumalleja, sekä niissä esiintyviä tyypillisiä haasteita, niin tavarantoimittajan kustannustehokkuus, kuin myös asiakkaan tuotteiden saatavuuden kannalta haastetta tarkasteltaessa. Tutkimuksessa simuloitiin C-luokkaan kuuluvien (pultit, ruuvit, mutterit, aluslevyt yms.) tuotteiden osalta automatisoitua hyllypalvelumallia, jossa verrattiin nykypäivän (tutkimushetkellä vallitseva tilanne vuosina 2007 – 2008) manuaalista hyllytysmallia täysin automatisoituun ja etävalvottuun hyllytysmalliin. Mallin syötedatana käytettiin hyllypalvelumallin kysyntädataa eli siis ensimmäistä datamateriaalia. Kyseinen kysyntädata sisälsi päivittäisen tuotekohtaisen kysyntätiedon ja mahdollisesti näin aivan uudella tarkkuudella suoritettavan tuotekohtaisen analyysin ja hyllytysprosessin ohjaamisen konepajateollisuuden kokoonpanokomponenttien C-luokan tuotteiden osalta.

Simuloinnin tuloksista saatiin suuntaa-antava käsitys siitä, kuinka hyllytysprosessista olisi, simulointituloksiin perustuen, mahdollista vähentää asiakastiloissa käyntien määrää. Havainto perustui siihen oletukseen että hyllytyksen tilaus-toimitusprosessia pystyttäisiin ohjaamaan täysin automaattisella hyllytilanteen valvonnalla. Lisäksi toimintamallissa olisi vaadittu uudistettu tilauskäytäntö, joka olisi vaatinut hyllyjen saldotiedon etävalvonnan, ICT-järjestelmiin perustuen. Tällä simulaatiolla pyrittiin osoittamaan sitä, että vaikka hyllytettävä tavara itsessään ei ehkä olekaan tuotekohtaisesti erityisen arvokasta, niin tuotteisiin, tuotteiden logistiikkaan ja niiden hyllytykseen liittyvän työn kustannukset voivat olla riittävän merkittäviä, jotta automatisoidun hyllypalvelumallin toteuttaminen voi olla kokonaiskustannusten, palvelunlaadun ja tehokkuuden pohjalta perusteltua. Kyseisellä toimialueella oli selvästi havaittavissa olevaa potentiaalia parantaa toimintaa (mm. siirtymällä yhden pisteen tilausmalleista monipistemalleihin, toisaalta yksittäisen tuotteen hyvin vähäisen nimikekohtaisen arvon ja vaadittavien ajatusmaailma muutosten, sekä toteutusten haasteellisuuden takia, muutos ko. sektorilla tulisi luultavammin vaatimaan aikaa). Puhtaasti C-nimikkeistä siirryttiin tutkimuksessa koko A-, B-, C-nimikkeistön

tarkasteluun, sekä näiden osalta logistiikkaoperaattorin roolin kartoittamiseen ja kokonaisuuden hallintaan.

Tässä vaiheessa tutkimusta, ohjausmallin rakentumisen kannalta, tutkijalle rupesi muodostumaan hyvä kokonaiskuva siitä mitkä ovat todelliset teollisuuden tarpeet niin ohjausmallin käytettävyyden, sen tarkkuuden (ennakkotieto vs. tuleva toteuma) sekä helpon toteutettavuuden osalta. Samaan aikaan käytännön toimijoiden päivittäisten haasteiden ja globaalin markkinatilanteen merkittävän muutoksen (vuodet 2009 – 2010) kautta ideologian kokonaistarpeet pystyttiin muodostamaan (mm. nimikkeet jotka sopivat hyvin ohjaamisen piiriin, sekä mahdolliset saavutettavat potentiaaliset hyödyt siirryttäessä sopeutuvaan varastonohjaamiseen).

Sopeutuvan ohjaamisen osalta edellä olevat havainnut kulminoituvat siihen, että malli voi sisältää ohjaamista tehostavia (tarvittaessa monimutkaisiakin piirteitä), mutta jotta se otettaisiin käytännössä käyttöön, itse ohjaamisen ja ennakkotiedon muodostamisen prosessien pitää olla sekä nopeita toteuttaa että yksinkertaisia ymmärtää. Mallissa syy – seuraus suhteiden täytyy välittyä mallin käytön kautta yksikäsitteisesti, eikä se saa kätkeytyä ohjausmallin rakenteisiin ja käyttäjälle näkymättömiin moninaiisiin matemaattisiin operaatioihin. Hyvänä esimerkkinä tästä toimivat mm. fuzzy-logic sekä neuroverkkoratkaisut, joilla voidaan saavuttaa erittäin hyviä tuloksia, mutta jotka ovat helposti vaikeita ymmärtää ja erityisesti monimutkaisia kuvata ko. menetelmiin vähän perehtyneille henkilöille. Ohjauksen yksinkertaisuusvaatimuksesta huolimatta, mallin pitäisi mahdollistaa esim. tuotteen elinkaaren alun ja lopun vaikutukset tulevaa kysyntää ennakoitaessa. Käytännön kenttätesteissä mallin hyödyntämisen osalta havaittiin, että erityisen yksityiskohtainen ja kaikkia normaalitoiminnan pikkumuutoksia seuraavan profiilin muodostaminen ei ole päivittäisen teollisen toiminnan ohjaamisen kannalta edes tarpeellista. Liian tarkka malli kuluttaa suuremman määrän tehollista työaikaa, kuin mitä mallia hyödyntämällä pystytään realisoimaan säästöjä.

Käytännön työn tehostamiseksi, parhaaksi menetelmäksi muotoutui profiilin luomisprosessin ja hallinnan yksinkertaisuus, jolla saadaan kuitenkin kysyntää kuvaava vaihtelumalli. Tätä mallia hyödyntämällä voidaan kysyntää ennakoita siten että varastoitavien nimikkeiden määrää pystytään sovittamaan keskimääräisiä kysyntälukuja paremmin lähitulevaisuudessa toteutuvaan kysyntään nähden.

Kappaleessa neljä kuvataan yksityiskohtaisesti kuinka sopeutuvan ohjaamisen kysyntäprofiili muodostetaan, millaista syötedataa mallin luomiseen tarvitaan ja kuinka kyseistä menetelmää käytännössä testattiin empiirisesti tapaustutkimusyrityksessä. Kappaleen lopussa on myös avattu kyseisen kenttätestaamisen tulokset sekä tehdyt havainnot saavutetuista hyödyistä sekä menetelmän soveltamiseen liittyvistä käytännön riskeistä.

1.5.5 Yhteenveto

Tässä osassa tutkimusta käytiin tutkimuksen havainnot ja tulokset tiivistetysti lävitse ja luotiin tutkimuksen johtopäätökset ja lopulliset tieteelliset tulokset, sekä auki kirjoitettiin tutkimuksen mahdolliset käytännön implikaatiot. Yhteenveto-osiota tehtäessä luotiin ja viimeisteltiin myös kokonaisprosessimalli, jolla pk-sektorin konepajateollisuuden varastoitavien tuotteiden kokonaisvaltainen tarkastelu ja sopivuusanalyysi, sekä tuoteryhmä/tuotekohtainen ohjaaminen olisi jatkossa

ideologisesti mahdollista, olettaen että yritysکوhtainen toimiympäristö on luonteeltaan sellainen, että siihen pystytään soveltamaan sopeutuvien ohjausmallien periaatteita.

Yhteenvedossa käsitellään väitöstyön ydin kontribuutio, joka on työssä luotu sopeutuvan varaston-ohjauksen ideologian toimintamalli, sekä ko. toimintamallin kuvaus. Tutkimus tuo uutta tietoa tuotteiden varastointiparametrien asetantaan sekä teorian, liikkeenjohdon, että operatiivisen toiminnan näkökulmiin. Parametrien asettamisen ideologioiden läpikäynti, sekä tuotteiden luokittelu tuo lisää ymmärrystä operatiivisen kokonaistoiminnan järkiperaistämiseen ja täydentää nykyistä kirjallisuutta, joka on pääosiltaan keskittynyt käsittelemään A-, B- tai C-luokan nimikkeitä yksi kerrallaan.

1.6 Väitöskirjan tieteellinen kontribuutio

Tämä väitöskirja tuotti pk-sektorin konepajateollisuuden tarpeisiin soveltuvan sopeutuvan varastonohjausmallin, joka ottaa huomioon perinteisten EOQ ja keskiarvomenetelmien kuin myös kokemuspohjaisen, kausittaisiin kysyntämuutoksiin, sopeutuvien ohjausten yleisimmät haasteet, mm.:

- Parametrien säädössä tapahtuva liiallinen yleistäminen parametrien / tuotteiden määrän kasvaessa
- Parametriston muutosten suorittaminen melko harvasti suhteessa toiminnan muutosten määrään
- Laskentamallien nojaaminen pelkkään lähihistoriatietoon, voi johtaa mm. kasvavaan ennusteeseen, vaikka toimialakohtaisesti tai kausittaisesti tunnettu kysyntähuipun aika on jo saavutettu ja kysyntä on tasaantumassa / aloittamassa laskusuuntaustaan
- Yritystoimintaan (mm. varastoinnista johtuen) sitoutuvan käyttöpääoman sitoutumisen ja varastoinnista organisaatiolle aiheutuvien laskujen sijoittuminen ajallisesti niin, että pääomaa sitoutuu varastoihin vähemmän silloin kun pääomavirta yritykseen päin pienenee ja kääntäen

Tässä työssä on tuotu esiin sitä, minkälainen suomalaisen pk-sektorin konepajateollisuuden materiaalien kulutuskäyttäytyminen voi syklisessä muodossaan olla ja millaisia ohjausmenetelmiä ja malleja yleisesti ottaen ko. toimialalla hyödynnetään. Väitöskirjatyössä on esitetty väitöskirjaprosessin aikana luotu sopeutuvan varastonohjauksen malli ja esitetty mallilla saavutetut käytännön hyödyt empiriatestauksen kautta. Työssä on otettu myös kantaa yleiseen parametriston optimointiongelmaan, jonka seurauksena voi syntyä tuotannollisia puutostilanteita, joiden korjaustoimenpiteet voivat aiheuttaa kysyntätietoon poikkeamia, jotka osaltaan taas vaikeuttavat kysyntätietoon pohjautuvien ennakointi / ennustamismallien toimivuutta.

Esitetyllä kokonaisohjausmallilla haetaan yhteen nimikeluokkaan keskittyvien mallien sijaista laajempialaista ohjausmallia, jossa ohjausmallin piiriin valitut nimikkeet jaetaan useisiin alikategorioihin, jolloin yksittäisiin luokkiin kohdistuvat haasteet on helpompi

ratkaista, kuin mihin tyypillisesti päästäisiin yhtä menetelmää kaikkiin nimikkeisiin sovellettaessa.

Ohjausmalli ja sen piirteitä ja mahdollisuuksia demonstroiva empiirinen testi, sekä analyysit perustuvat suomalaisen konepajateollisuuden pk-sektorin yritysten todelliseen kysyntädataan, jota on avattu lukijalle osana tätä väitöskirjatyötä. Tietävästi vastaavaa analyysiä ei ole suoritettu suomalaisessa kontekstissa aiemmin. Osana väitöskirjatyötä on tuotu esille mm. kysyntädatan yleisen kausittaisen luonteen esittämiseksi vaadittujen aikaikkunoiden pituuksia ja sopeuttamisen ja ennakkoinnin säädön parametriston muutosten suuntaa antavia seurauksia.

2 Tutkimuksen asemointi

Tämän väitöskirjatyön kirjallisuuskatsauksen ensimmäisessä osassa käydään lävitse erilaista kysyntää kuvaavia rakenteita jotka kaikki edustavat sellaisia kysyntärakenteita, joita ei ole yksinkertaista ennustaa perinteisillä keskiarvoilla ja mediaaneilla tai tasaisen kysynnän malleilla. Samalla käydään lävitse tapoja / malleja tunnistaa ja luokitella näitä epätasaisen kysynnän rakenteita.

Tämän jälkeen työssä keskitytään käsittelemään epätasaisen kysynnän varastohallinnan teoreettisia malleja. Erilaisia ennustemalleja käydään lävitse ja esitetään kirjallisuudessa esillä olleita vertailuhavaintoja. Lopuksi käsitellään yleisesti esitettyä tapaustutkimus ongelma-aluetta ja pohditaan epätasaisen kysynnän varastohallinnon ongelmaa. Perinteisillä ja yksinkertaisilla ennustemalleilla on selkeästi olemassa oma paikkansa nykyaikaisten hyvin monimutkaisten ja moniparametristen ohjausmallien rinnalla. Esimerkiksi [BAB09] mukaan, suuren ennuste-epätodennäköisyyden vallitessa perinteiset ja samalla usein myös staattisemmat ohjausmallit puolustavat paikkaansa hyvin monimutkaisempiin malleihin verrattuna

Tutkimuksen asemoinnissa tuodaan myös esille tyypillinen historiatiedosta jalostettujen ennustemallien ongelma, jossa ennuste lähtee helposti seuraamaan nopeaa nousua tai laskua menettäen kyvyn huomata kysynnän tasaantumisen / kysynnän suunnan vaihtumisen riittävän aikaisessa vaiheessa ennakkotiedon muodostus prosessia, siten ettei mahdollisesta ennustevirheestä aiheudu käytännön toiminnalle haittaa. Tässä kappaleessa pyritään myös tuomaan esille ideologiaan siitä miten kysynnän ennakoiminen voi pohjautua yhtä aikaa sekä lyhyen että pitkän aikajänteen historiatietoon siten että näitä molempia hyödynnettäisiin omalla tavallaan tukemaan tulevan lähitulevaisuuden kysyntämallin rakentamisprosessia.

2.1 pk-sektorin hyödyntämät tyypillisimmät varastohjausmallit

Tässä kappaleessa on esitelty tyypillisimmät suomalaisen konepajateollisuuden pk-sektorin toimijoiden käytössä olevien varastohjaus ideologioiden kuvaukset, sekä tuotu esille niiden yleisimpiä puutteita sellaisessa toimiympäristössä missä tuotteiden kulutus vaihtelee vuositasolla eri kuukausien välisiä kulutuseroja tarkasteltaessa merkittävässä määrin (esim. yli 50 % määrärajoja). Nämä ohjausmallit ovat toimineet omalta osaltaan tutkimuksessa kehitetyn ohjausideologian pohjana, säilyttäen ohjaamisessa tunnettuja rakenteita, mutta samalla mallia on pyritty kehittämään niin että se vastaa vaihtelevan kysynnän haasteeseen, johon useimmat paljon käytetyt menetelmät eivät pysty kunnolla vastaamaan.

2.1.1 EOQ, taloudellinen tilauserä

Taloudellinen tilauserä (tunnetaan myös nimellä optimiostoerä) (englanniksi EOQ = Economic order quantity ja tunnetaan myös nimellä Wilson EOQ Model tai Wilson Formula) on vuonna 1913 [Har13] Ford Harrin kehittämä tilauseräkoon määrittäminen. Taloudellisen tilauserän peruseräperiaatteena on optimoida tilauserien määrät perustuen toimituseriin liittyviin tilaus- ja toimituskustannuksiin. Menetelmän perusrakenteisiin kuuluu oletus siitä että kysyntä on riippumatonta ja että nimikkeillä on vakiokulutus. Nimikkeiden läpäisyajalla ei ole vaikutusta tuottavuuteen ja kustannukset ovat vakioita. Myös tilaus- ja varastointikustannukset ovat määriteltävissä.

Sovellettaessa EOQ laskentaa käytännönelämän ohjaustilanteisiin menetelmä antaa helposti vääristynyttä ohjaustietoja, kun menetelmän pohjaoletukset eivät käytännössä toteudukaan. Erityisesti menetelmä kärsii sellaisissa tilanteissa, joissa kysyntä on jatkuvasti muuttuvaa luonteeltaan. Alla on esitetty EOQ-kaavan perusmuoto (Kaava 1). Ohjausmenetelmän ja kaavan hyviin puoliin voidaan lukea sen erittäin helppo ymmärrettävyys, ja se että sitä käytetään paljon käytännössä, minkä ansiosta eri toimijat ymmärtävät hyvin minkä takia toinen toimija ohjaa omaa ostamistaan, kuten hän sitä tekee.

Kaava 1: EOQ kaava toimituserän mitoittamiseen

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}}$$

Kaavan muuttujat on määritetty seuraavasti:

D = Vuotuinen kulutus kpl / vuosi (eng. demand)

C_o = Ostettavan erän kiinteät kustannukset (eng. ordering cost)

C_h = Varastointikustannukset (eng. holding costs) = $v * r$

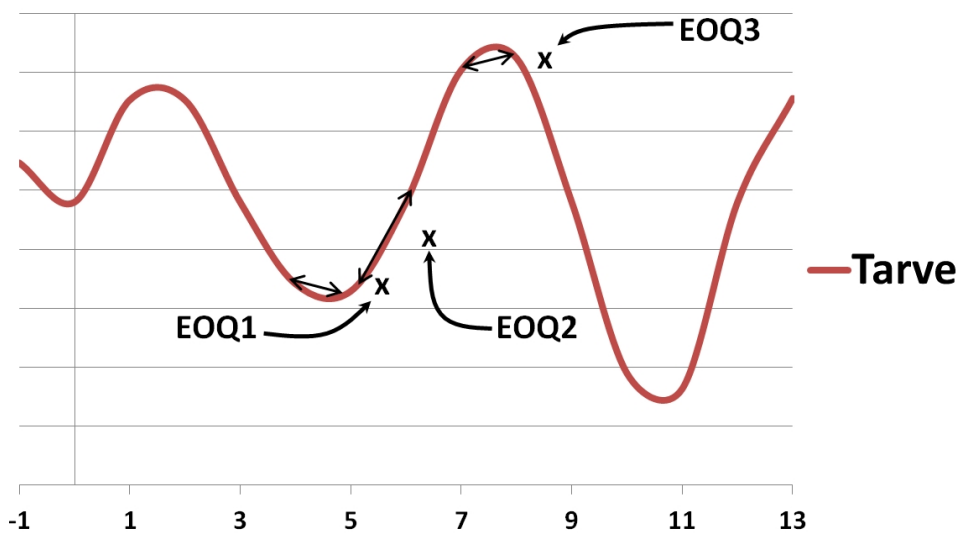
v = Yksikköhinta (eng. value)

r = Varastointikustannukset %:na varaston arvosta (eng. holding rate)

Edellä mainittiin EOQ kaavan eduksi sen helppo ymmärrettävyys ja se että sitä paljon myös käytännössä sovelletaan. Suuresta käyttömäärästään huolimatta ko. ohjausmenetelmän yksiin suurimpiin käytännön haasteisiin voidaan lukea sen huono soveltuvuus tilanteisiin joissa kysyntä ei ole kaavan peruseräperiaatteen mukaisesti tasaista, vaan luonteeltaan muuttuvaa. Ehkä ikävin piirre kaavan soveltumattomuudesta muuttuvaan kysyntään on se että kysynnän ei tarvitse olla edes merkittävän nopeasti muuttuvaa, esim. kaksi huippu kysynnän ja kaksi kysynnän laaksoa (kysyntä muuttuu huipusta laaksoon tai kääntäen yhden kvartaalin aikana) riittää useimmissa tapauksissa siihen että kaava ohjaa toimintaa tarpeeseen nähden liian myöhään muutokseen sopeutuen. Sovellettaessa kaavaa tällaisessa toimiympäristössä kaavan kysynnässä käytetään monesti yhden tai kahden kuukauden kysyntää vuoden sijasta parametrina,

minkä ajatellaan olevan riittävän lyhyt ajanjakso siihen että ohjausmenetelmä pystyisi sopeutumaan muutoksiin riittävän ajoissa. Käytännössä jos kysyntä muuttuu edellä kuvatuksi tarkoittaa se sitä että kvartaalin alussa kysyntä voi noudattaa seuraavaa mallia:

1. Kysyntä on huipussaan, minkä jälkeen kysyntä kääntyy laskuun
2. Kysyntä laskee ensin hitaammin kääntyen maksimi laskuvauhtia kohden
3. Kysyntä laskee hetken nopeasti, kääntyen hitaampaa laskua kohden
4. Kysyntä tasaantuu seuraavan kvartaalin alkuun ja sykli alkaa seuraavaksi toiseen suuntaan



Kuva 3: EOQ kaavan parametrin asetannan mahdollinen ongelmakohta

Jos nyt käytetään EOQ-mallia käytännössä ohjausmenetelmä johtaa siihen että kysynnän laskukautta kohden menetelmän laskemat parametrit ovat jäljessä laskua kohden, joten ohjausmenetelmä ohjaa ostamaan liian isoissa erissä. Tästä johtuen varastointikustannukset kasvavat, mutta luultavasti toimintaan ei aiheudu riitto-ongelmia. Vastaavasti kauden lopussa kysynnän kääntyessä nousua kohden, ohjausmenetelmä ohjaa ostaman liian vähän. Tässä tapauksessa toimintaan voi tulla merkittäviä kriittisiä puutostilanteita varastojen loppuessa kesken. Katso yllä oleva kuva (Kuva 3), joka kuvaa ongelman graafisessa muodossa.

Toisin sanoen jos tuotteen tarve noudattaa jatkuvaa (mahdollisesti hitaastikin muuttuvaa) aaltoliikettä on tällä menetelmällä perusmuodossaan, sekä myös sen perusmuotojen yksinkertaisissa muunnoksissa (parametrien laskenta-ajan lyhentäminen) taipumus olla jatkuvasti jäljessä suosittelien parametriarvonsa suhteen verrattaessa todelliseen tarpeeseen.

2.1.2 DOS, varaston keskimääräinen riitto päivissä mitattuna

Days of Supply, eli varaston keskimääräinen riitto päivissä, on laskennallinen suure, joka kuvaa sitä kuinka monta tulevaa työpäivää olemassa oleva varasto tulee vielä

riittämään, jos kulutus jatkuu nykyisenlaisenaan. Vaihtoehtoisesti laskennassa voidaan käyttää monia erilaisia menetelmiä arvioimaan päivittäistä kulutusta, johon riiton laskeminen tulee perustumaan. Tyypillisin tapa arvioida kysyntää on kuitenkin käytännössä keskimääräisen päiväkohtaisen kulutuksen arviointi ja laskennan perustaminen tähän lukuun. Tällöin menetelmän perusmuodossa laskenta perustuu historiatietoon ja siitä saatavaan keskimääräiseen kulutustietoon varastoitavan tuotteen aiemmin kokemasta kysynnästä. Alla (Kaava 2) on esitelty varaston keskimääräisen riiton laskentakaava perusmuodossaan:

Kaava 2: DOS kaava toimituserän mitoittamiseen

$$DOS = \frac{T}{C}$$

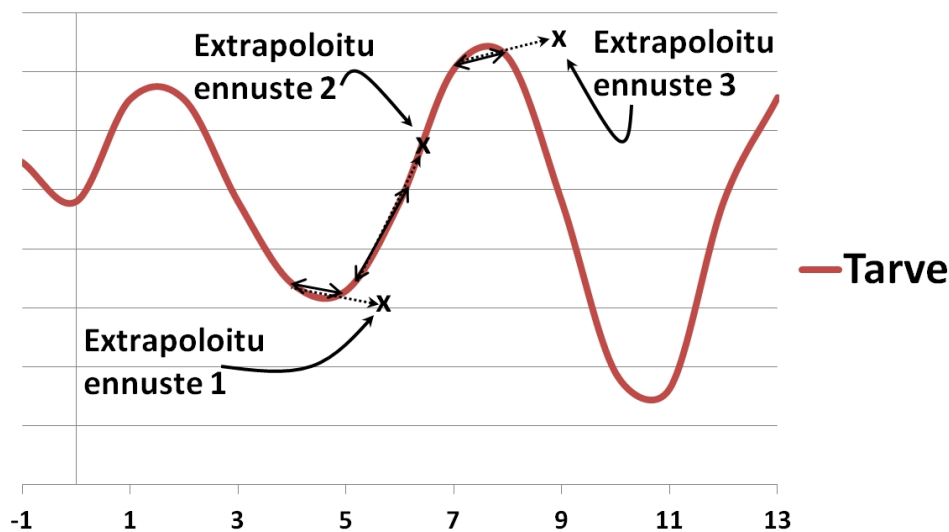
Kaavan muuttujat on määritetty seuraavasti:

T = Varaston määrä

C = Keskimääräinen päiväkohtainen kulutus

Tämän kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamiseen käytetyn varastonohjausmenetelmän yksi pääongelmista on menetelmän nojaaminen keskimääräiseen päiväkohtaiseen kulutukseen. Joissain menetelmän versioissa keskimääräinen päiväkohtainen kulutus on korvattu laskennallisen ja ennustetun kulutuksen kautta yhdistetyllä luvulla. Tämän toimintamallin nähdään kuvaavan tulevaa kysyntää pelkkää historiatietoa paremmin, mutta näissäkin menetelmissä tyypillinen menetelmän käytön ongelma on se, että tapa, jolla ennuste muodostetaan, perustuu usein historiatiedosta tehtyyn kysyntä ennusteen ekstrapolointiin.

Menetelmällä on tapana yli- ja aliarvioida todellista tarvetta EOQ laskentaa vastaavalla tavalla, mutta hieman eri kysyntämuutoksen kohdissa. Alla olevassa kuvassa on visuaalisesti pyritty esittämään kuinka ekstrapolointiin perustuva kysynnän arviointi ennustaa tulevaisuuden keskimääräiseksi kulutukseksi joko liikaa tai liian vähän, riippuen siitä kumpaan suuntaan muutos on tapahtumassa.



Kuva 4: DOS kaavan parametrin asetannan mahdollinen ongelmakohta

Kuvan (Kuva 4) mukaisesti kysynnän ollessa kasvavaa ja tulevan muutoksen ollessa kysynnän tasaantumisvaihe ekstrapoloitun kysynnän tapauksessa malli ennustaa suurempaa kysyntää kuin mitä toteuma tulee olemaan ja täten laskentamalli tuottaa riiton osalta pienemmän päiväluvun, kuin mitä toteuma tulee olemaan. Tämä johtaa helposti liikavarastointiin. Kääntäen kysynnän ollessa menossa alaspäin ekstrapolointi johtaa tarpeen aliarviointiin eli laskennan kautta riiton yliarviointiin.

2.2 Erilaiset epätasaisen kysynnän kysyntämallit ja tuotekohtainen luokittelu

Tässä kappaleessa perehdytään ideaan luokitella yksittäisiä tuotteita eri ryhmiin tuotteen kysyntäkäyttäytymisen perusteella. Erilaisia malleja siitä kuinka voidaan tunnistaa tuotteen kysyntämalleja ja erottaa sellaiset tuotteet kokonaisuudesta joiden kysyntä ei noudata normaalijakaumaa käydään lävitse. Tämän jälkeen esitellään jatkuuokittelumalleja joille tuotteita voidaan luokitella niiden eniten dominoivan kysyntä rakenteeseen pohjautuen. On tärkeää tuoda jo tässä vaiheessa esille että mikään luokittelumenetelmä ei ole täysin idioottivarma ja yleensäkin ottaen, käytännöndatasta poimittuja, tuotekohtaisia kysyntärakenteita luokiteltaessa pitää aina muistaa se että useimmiten tuote voitaisiin luokitella pelkän kysyntärakenteen pohjalta useampaan kuin yhteen kysyntämalliin, riippuen puhtaasti siitä kuinka luokkaa kuvaavat parametrit asetetaan ja miten tiukasti tai löyhästi luokan parametrit määritetään. Ottaen huomioon edellä mainitun luokittelun perusolemukseen kuuluvan rakenteellisen ongelman ovat jatkossa annettavat raja-arvot ja luokitteluparametrisuositukset otettava enemmän suuntaa-antavina kuin yksikäsitteisinä totuuksina.

Epätasaiseen kysyntään ja varastonhallintaan liittyy hyvin yleinen varastonhallinnan optimointiin perehtyneille henkilöille turhankin tuttu ilmiö siitä kuinka tavanomaiset / traditionaaliset varastonhallinnan menetelmät eivät vain yksinkertaisesti ole tehokkaita tietyn tyyppistä kysyntää kohtaavien tuoteryhmien kohdalla. Näiden tuotteiden riesana on yleisesti ottaen yksi tai useampi ongelma kuten huono palvelunlaatu asiakkaalle,

ylisuuret varastot ja kustannusrakennetta rasittava varastointi / käsittelykulut. Tällaisten tuotteiden osalta ei ole ongelmallista pelkästään se tosiasia että ne vaikuttavat negatiivisesti palveluntarjoajan tulokseen vaan ne myös heikentävät asiakkaiden uskoa palveluntarjoajan kykyyn tuottaa luvattu palvelu ja lisäksi asiakkaan / käyttäjien usko koko varastonhallinnan tehokkuuteen heikkenee [Ver94]. Tuote joka kohtaa tällaista vaihtelevaa, tasaisen jaksotonta, vaikeasti ennustettavaa kysyntää omaa kysyntäkäyttäytymisen historiassa korkeaa vaihtelevuutta joko kysynnän määrässä ja/tai kysynnän ajankohdassa. Yleisesti ottaen tämänkaltaista kysyntää kohtaavan tuotteen osalta kysyntää ei voida mallintaa normaalijakaumalla [Boy06].

Tällaista vaikeasti ennustettavaa kysyntäkäyttäytymistä on tutkittu aiemmin mm. ns. hitaasti liikkuvien (eng. slow moving items (SMI)) tuotteiden joukossa, vaikkakin hidas liikkuvuus on vain eräs epätasaisen kysynnän muoto. 1990 – luvulla ruvettiin [Ver94], [Wil94], [Bar95], [Joh96] erityisesti kiinnittämään huomiota myös muihin epätasaisen kysynnän muotoihin kuten epäjatkuvuuteen ja kysynnän kasaantumiseen. Lisääntyneen kiinnostuksen taustalla näyttäisi olleen tekniikan alojen ja etenkin tietoliikennealan nopea kehittyminen tuohon aikaan, etenkin tekniikan alalle yleiset tuotteen erittäin nopea vanheneminen ja kysynnän äkkinäiset ”ailahtelut” olivat juuri teknologiakeskeisten toimitusketjujen päävaiva. Nämä samat ongelmat ovat, nykypäivän Internet-aikana, lähes jokaisen kysyntä-toimitusketjun ongelmia, eivätkä perinteisten alojenkaan, kuten konepajateollisuus ja rakennusteollisuus, toimitusketjut ole pystyneet välttämään joutumasta kohtaamaan samoja haasteita mitä tekniikan alan toimitusketjut ovat kohdanneet kohta jo 2 vuosikymmenen ajan. Tämä toimitusketjujen kokeman poikkeavan kysynnän ongelma on nykyään niin yleismaailmallinen, että epätasaista kysyntää kokevien tuotteiden varastojen hallintaan kehitettävät työkalut ovat yhä tärkeämpiä toiminnan tehokkuuden takaajia jatkossa [Mir04].

Ehkä kaikkein selkein yksittäinen ryhmä tuotteita, joiden piirissä epätasainen kysyntä on enemmänkin sääntö kuin poikkeus, oikeastaan alasta riippumatta, ovat varaosat. Erittäin tyypillisiä piirteitä varaosien varastonhallinnassa on mm. se tosiasia että varastoa joudutaan pitämään hyvin suuresta määrästä tuotteita, joiden hinta vaihtelee huomattavasti, lisäksi varastoitavien tuotteiden kysyntä määrät vaihtelevat pitkistä nollakysyntäjaksosta yksittäisin hyvinkin suuriin piikkeihin, eikä asiaa yhtään helpota se seikka että tuotteen toimitusaika valmistajalta varastoon vaihtelee tuotteiden välillä ja jopa saman tuotteen osalta eri tilausten väleillä. Varaosien osalta voidaan sanoa, että niiden kysyntä on suurelta osin täysin satunnaista (eng. stochastic/random), eikä edes tuotteen tulevilla tarvitsijalla ole olemassa ennakkotietoa tuotteen tarkasta tarve hetkestä tai määrästä.

Jo alkuvaiheessa tätä tutkimusta tutkimukseen tehtiin selkeä rajausta että varaosien varastonhallintaa ja logistiikkaa koskevat osa-alueet jätetään tutkimuksen ulkopuolelle, koska nämä osa-alueet muodostavat aivan oman ongelmakenttänsä, joka voidaan luokittelemalla mielessä nähdä täysin omaksi ryhmäkseen, joka vaatii hyvin erilaisia hallinta ja ohjausmalleja kuin mikään muu tutkimukseen kuuluva tuoteryhmä. Lisäksi tutkimustapauksia ja tutkimusdataa kerättyä kävi jo tutkimuksen alkuvaiheessa selväksi että monesta tutkimustapauksesta ei olisi saatavilla ollenkaan dataa varaosien osalta, joten useiden tietolähteiden osalta tutkimusdata ja informaatio olisivat olleet rajallista ilman tätä tutkimusfokuksen rajausta.

Tutkimusfokuksen rajauksesta huolimatta kirjallisuusselvityksessä käytiin lävitse myös sellaisia tieteellisiä julkaisuja, joissa tutkimuksen kohteena tai tutkimusdatana on ollut

varaosia koskevaa empiiristä dataa. Syy sille miksi myös tällaisiin tutkimuksiin perehdyttiin, oli se että niistä uskottiin löytyvän vähintään suuntaviivoja siitä kuinka esimerkiksi C-luokan satunnaista kysyntää kohtaavien tuotteiden kohdalla voidaan hoitaa varastoja ja varastopuskureita tehokkaasti. Esimerkiksi seuraavat tutkimukset sisälsivät empiiristä dataa varaosien osa-alueelta [Ver94], [Hop97], [Joh99], [Str00], [Raz03], [Gho03], [Eav04], [Wil04]. Näiden tutkimusten osalta voidaan tiivistää että varaosien varastonhallinnalle tyypilliset haasteet ovat:

- Suuri määrä nimikkeitä, joiden nimikekohtaiset hinnat vaihtelevat merkittävästi
- Tuotteiden toimitusajat toimittajalta varastojalle poikkeavat paljon toisistaan
- Tuotteiden kohtaama kysyntä ei ole homogeenista, vaan tuotteiden välillä on suurta eroa kysynnän määrässä, sykleissä ja esiintymistiheydessä

Näiden haasteiden takaa löytyy varaosien kysyntään liittyvät rakenteelliset perusasiat: kysyntä on paljolti satunnaista ja varaosien tarve on niin yhtälailla myyjän/välittäjän kuin asiakkaankin hyvin vaikeaa tietää tai ennustaa etukäteen. Varaosien käyttöön liittyy useimmiten tarve saada varaosia sarjoissa tai erissä. Mikä johtaa käytännössä siihen että jos ja kun varaosia tarvitaan voi niiden kysyntä olla hetkellisesti hyvin suurta (toisin sanoen piikikistä kysyntää). Useimmiten kysynnän piikikkyyden taustalla on se tosiasia että yritykset pyrkivät minimoimaan huoltokatkoja, sekä huoltojen ajankohtia yritetään harmonisoida samoihin ajanhetkiin ja huoltokatkojen aikoina pyritään lisäksi suorittamaan ennakoivaa huoltoa. Edellä mainittujen asioiden summana varaosien kysyntä muodostuu käytännössä teoreettista (tilastollisesti tarkastellen tasaisemmin jakaantunutta) kysyntää paljon satunnaisemmaksi ja luonteeltaan piikikkäämmäksi.

Varaosien toimitusten saantiaikojen heilahtelun taustalla on usein varaosia toimittavien (mahdollisesti alkuperäisvalmistajien) tyypillinen toimintamalli, jossa osa varaosina myytävistä tuotteista valmistetaan talon sisällä omana tuotantona ja osa ostetaan alihankkijoilta / kolmansilta osapuolilta. Lisäksi monet alkuperäisvalmistajat pitävät omaa varastoaan alkuperäisosista, joita saatetaan käyttää rinnakkain yrityksen tuotannossa, sekä samaan aikaan tuotteita myydään varaosiksi. Koska pääosin yritykset priorisoivat oman tuotantonsa jatkuvuutta varaosatoimitusten kustannuksella, on hyvin luonnollista että varaosatoimitusten toimitusajoissa on ns. satunnaisia poikkeamia. Niissä tapauksissa joissa alkuperäisvalmistaja ostaa toimittamaansa laitteeseen osan komponenteista alihankkijalta / kolmannelta osapuolelta ja tekee tilauksia toimituskustannuksia ja/tai eräkohtaisia komponenttikustannuksia minimoidakseen suurissa erissä edellä kuvattu toimitusajan vaihtelu varaosa jälleenmyyjälle voi vaihdella hyvinkin paljon [Hop97], [San98].

Edellä olevien ja pääosin varaosiin liittyvien kysynnän epätasaisuutta korottavien tekijöiden lisäksi nykypäivään liittyvä markkinoiden kansainvälistyminen on lisännyt oman osansa kysynnän ennustettavuuden ja vaihtelevuuden monimutkaiseen kokonaisuuteen. Yritysten tarjotessa tuotteitaan yhtä aikaa useille markkina-alueille eri tuoteryhmiin kohdistuu vaihtelevaa kysyntää markkina-alueiden eri mieltymysten, kausittaisvaihteluiden, merkin/mallin tunnettavuuden yms. tekijöiden johdosta. Kun eri markkina-alueiden vaihtelevat kysynnät yhdistyvät kysynnän vaihteluiden kuuluisi tilastollisten teorioiden valossa tasaantua, mutta käytännössä voi käydä niin että esim. yhden alueen kausivaihtelut sattuvat esimerkiksi toisella alueella suoritettavan markkinakampanjan kanssa päällekkäin, jolloin normaalisti hyvinkin tasainen kysyntä

saattaa yhtäkkiä muuttua erittäin kiivaaksi, mutta lyhytaikaiseksi piikiksi. Toinen yleinen tekijä mikä johtaa toimittajan tasolla hyvin hajanaiseen kysyntään on suuri kustomoinnin mahdollisuus asiakkaan toimesta. Tuotteen yksilöinti asiakkaan toimesta valinnaisten moduulien tarjonnan myötä on johtanut siihen että nykyaikaisten tuotteiden, kuten tietokoneiden (esimerkkinä case dell) tilaaminen kustomoidulla kokoonpanolla on mahdollistanut sen että yksi valmistaja saattaa tarjota yhtä tuotetta näennäisesti miljoonalla eri variaatiomahdollisuudella (toki kyseessä on vain laskennallinen maksimaalinen variaatioiden määrä, mutta silti kysyntä hajoaa yhteen vaihtoehtoon nähden hyvin laajalle). Kustomoinnin yhdistyessä maailmanlaajuisiin markkinoihin hajoaa kysyntä vielä hieman lisää verrattuna pelkästään toisen vaihtoehdon olemassaoloon. [Bar95].

Kysynnän epätasaisuuden hallintamenetelmien kehittämisen ja onnistuneen implementoinnin kannalta on erittäin tärkeää ymmärtää kysynnän muutoksen lähteet ja menetelmät joilla kysyntää voidaan tasata. Esimerkiksi jos kysynnän vaihtelun takana on asiakkaiden suuri lukumäärä, voidaan kysynnän tasaisuuteen ja hallittavuuteen yrittää vaikuttaa tuotteiden modularisoinnilla siten että maksimoidaan eri tuoteryhmiin ja tuotteisiin käytettävien yhteisten osien määrää, tällöin yhteisten osien kohdalla saavutetaan suuruuden ekonomian hyötyjä ja useimmiten myös varastojen kohtaama kysyntä tasoittuu merkittävästi, jolloin epätasainen kysyntä kohdistuu aiempaa pienempään osaan varastoa. Toisaalta, jos kysynnän jaksoissa ja/tai kysynnän määrässä on suuria kausi/jakso tms. vaihteluita, voidaan kysyntää yrittää tasoittaa esimerkiksi erilaisilla asiakassopimuksilla tai myyntikampanjoilla. Käytännössä suomalaisen konepajateollisuuden parissa myyntikampanjat ovat kuitenkin sellainen kysynnän epätasaisuuden menetelmä, joka koetaan erittäin kyseenalaiseksi tuotanto-osastoilla. Tuotannossa koetaan että kysyntä saattaa numeroiden valossa tasaantua, mutta tuotannon työmäärät saattavat hetimitään piikittyä / kasaantua erittäin paljon, kun myynti kampanjoi tuotteita liian lyhyillä toimitusajoilla ja markkina hintoihin nähden alennetuilla hinnoilla kuukausi / kvartaali tms. myyntilukuja tasatakseen. Erilaisten kysynnän tasaisuuteen pyrkivien toimintamallien lisäksi pelkkä syvä ymmärrys siitä mitkä tekijät vaikuttavat kysynnän muutoksiin mahdollistaa juuri oikeiden varastohallintamenetelmien kohdistamisen tuoteryhmiin tai jopa yksittäisiin tuotteisiin. [Bar99]

2.2.1 Tuotteiden luokittelu tuotteen kysyntämallin perusteella

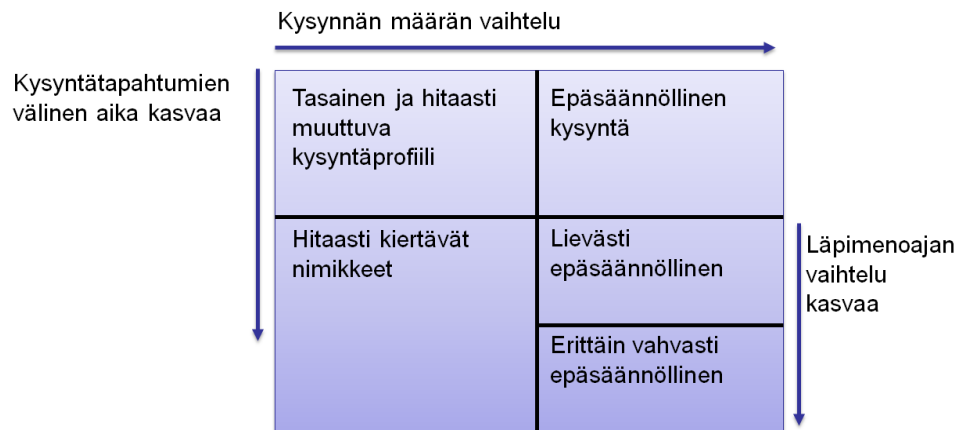
Vaikka kysynnän rakenteella ja käyttäytymismallilla on suuri vaikutus siihen kuinka hyvin tuotteen varastojen hallintaan sovellettava ennustus ja varastopuskureiden hallintamenetelmä käytännössä voi toimia, niin silti kysynnän luokitteluun on kohdistettu melko vähäisesti akateemista huomiota. Oikein valitulla varastohallintamenetelmällä voidaan tuotekohtaisesti vaikuttaa erittäin paljon siihen kuinka hyvää palvelunlaatua varasto pystyy tarjoamaan tuotannolle ja tätä kautta varastohallinta menetelmän valinta peilautuu myös siihen kuinka hyvin tehdas pystyy palvelemaan asiakkaitaan esimerkiksi toimitusvarmuus mielessä. Vähäinen akateemisen huomion määrä ei tarkoita sitä ettei asiaa olisi tutkittu ollenkaan. Esimerkiksi [Wil84] on kehittänyt neljään luokkaan perustuvan luokittelumallin. Tässä mallissa luokitteluun käytetyt luokat olivat tasainen, hitaasti kiertävä, jatkoa & satunnainen, erittäin satunnainen (eng. smooth, slow-moving, sporadic, highly sporadic) [Wil84] [Boy06]. Tässä mallissa luokat oli määritelty kysynnän määrien (eng. lumpiness) ja kysynnän aikavälien vaihtelun (eng. intermittence) perusteella. Kuva 5 esittää graafisesti, kuinka

[Wil84] luoman luokittelumallin luokat muodostuvat kysynnän määrien ja aikavälien muutosten suhteessa.



Kuva 5: Luokittelumalli T.M. Williamsin mukaan (mukailtu lähteestä [Wil84])

Edellä esitetty [Wil84] luokittelumallia on jatkojalostettu mm. [Eav04] toimesta. [Eav04] mukaan luokittelu voidaan esittää seuraavien kysyntäluokkien muodossa; tasainen, epäsäännöllinen, hitaasti kiertävät, satunnainen, lievästi epäsäännöllinen, erittäin vahvasti epäsäännöllinen (eng. smooth, irregular, slow-mowing, mildly intermittent, highly intermittent). Tämän luokittelumallin suurin ero [Wil84] malliin verrattuna on lisätty kolmas muuttuja dimensio, läpimenoaika (eng. lead-time), jolla kuvataan kysynnän epäsäännöllisyyden luonnetta / määrää. Kuva 6 esittää edellä kuvatun [Eav04] luokittelumallin graafisen esitysmuodon siitä kuinka luokat muodostuvat luokitteluparametrien muuttuessa.



Kuva 6: [Eav04] luokittelumalli

Toinen [Wil84] luokittelumallista johdettu muunnos on [Syn05b] malli, jossa luokittelu on suoritettu seuraaviin luokkiin; hitaasti liikkuvat (eng. slow movers) (vähäinen kysyntä suhteessa kysyntäjaksoihin, keskimääräisesti vähäinen kysyntä tai molemmat), piikikäs kysyntä (eng. lumpy demand) (pitkiä jaksoja jolloin kysyntää ei esiinny ollenkaan, kun kysyntää esiintyy on se purkeista ja määrällisesti suurta), satunnainen kysyntä (eng. erratic demand tai irregular demand) (kysyntää esiintyy suhteellisen usein,

mutta määrä vaihtelee huomattavasti) ja vakio kysyntä (eng. smooth demand). Tämän kyseisen mallin graafinen kuvaus on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 7). [Gho02], [Syn05a]



Kuva 7: [Syn05] malli luokittelulle

Eri tutkimuksissa ja lähteissä luokittelumalleissa käytettävistä luokissa käytetään hieman toisistaan poikkeavia nimiä ja termejä [Wil84], [Boy06], [Eav04], [Syn05b], [Gho02]. Sisältö on kuitenkin useimmiten hyvin samanlainen ja myös luokkien määrä on hyvin samankaltainen (yleensä 4-6 kappaletta). Välillä tietyt luokat, jotka toiset tutkimukset erottelevat erillisiksi on toisaalla yhdistetty yhdeksi luokaksi, esimerkiksi satunnainen ja piikikäs kysyntä ovat tällaisia kysynnän luokkia jotka on välillä yhdistetty yhden kategorian alle, eikä niiden välillä tehdä eroa. Toisaalta luokkien rajat ovat monesti muutenkin hieman harmaata aluetta, eikä luokittelu ole välttämättä täysin eksaktia. Esimerkiksi sellainen tuote, jolla on näennäisen vakio kysyntä, voidaan luokitella myös hitaasti liikkuvaksi tuotteeksi tai piikikkään kysynnän tuotteeksi, paljolti riippuen siitä miten luokkarajat ja tarkasteluajanjaksojen pituudet määrätään. Monesti luokat eivät ole myöskään täysin toisiaan poissulkevia [Wil04], vaikka näin voisi päätellä tulkittaessa luokittelumallien graafisia kuvauksia.

2.2.2 Luokittelumallien luokkarajojen määrittäminen

Luokittelumallin käytännön toimivuuden ja tapaukseen sopivuuden kannalta oikeiden luokkien käyttäminen on erittäin tärkeää, mutta aivan yhtä tärkeää on pystyä määrittämään luokkien rajat määrittelevät luokitteluparametrit, sekä näiden ns. leikkausarvot (eng. cut-off value), joiden kautta määritellään mihin tiettyyn luokkaan mikäkin tuote kuuluu. Luokittelujen raja-arvojen määrittäminen on erittäin vaikea tehtävä ja kuitenkin siinä onnistuminen on erittäin tärkeää, oikeammin ehkä vaatimus, luokitteluun perustuvan varasto-ohjauksen toimivuudessa. Esimerkiksi [Ver94] tutkimuksen mukaan tuotteen luokittelu eri luokkiin kysynnän käyttäytymismallin mukaan tehtynä ole yksikäsitteistä. Hyvin yksinkertainen kysymys siitä mihin vedetään raja sille kuuluuko tuote hitaasti kiertäviin vai eikö voi jo yksistään käytännössä osoittautua erittäin haasteelliseksi. Aiemmin tässä kappaleessa on tarkasteltu monia erilaisia luokittelumenetelmiä jotka ovat kuitenkin periaatteessa perustuneet vain ja ainoastaan kysynnän määrään ja sen esiintymishetkeen. Toisaalta yhtä hyvin voitaisiin luokitella tuotteita niiden vaatiman fyysisen tilan (tilavuuden tai esim. lattiapinta-alan) kautta. Toisaalta luokittelua voidaan myös syventää ja tehdä yksityiskohtaisemmin

yksittäisen luokan sisällä, tästä esimerkkinä erittäin edullisten tuotteiden ryhmä, jonka kysyntäkäyttäytyminen voidaan nähdä tasaisena, kunhan tarkasteluaikaikkunan pituus on riittävän pitkä. Jos kyseiset nimikkeet vievät vähän tilaa ja ovat yhtä aikaa vähäarvoisia, voidaan niitä hallita suurten puskureiden avulla kuten tasaisen kysynnän tuotteita. Toisaalta yksityiskohtaisempikaan käsittely ei poista perusongelmaa, eli luokkarajojen rajalle luokituvan nimikkeen määräämistä ”oikeaan” luokkaansa.

Muun muassa myös [Syn05] mukaan raja-arvojen asettaminen eri luokkien välille on erittäin haastavaa ja herättääkin kysymyksen siitä kuinka käytettävä heidän esittämänsä luokittelumalli on erilaisissa käytännön konteksteissa. [Syn05] mukaan heidän esittämänsä kriteerit eri luokille ovat mielekkäitä ja selkeästi ymmärrettävissä olevia, mutta luokkien raja-arvojen asettaminen on täysin tapauskohtaisia ja voivat asettaa käytännön käytettävyydelle rajoituksia. Raja-arvojen asettaminen voidaan toteuttaa hyvin monella ja tarvittaessa myös monimutkaisella tavalla. Eräs tapa asettaa raja-arvo on [Eav04] käyttämä malli, jossa raja-arvo asetettiin alimman kvartaalin mukaan. Tässä tapauksessa kyseessä olivat kysynnän määrä ja toimitus-aika muuttujat joiden raja-arvoksi asetettiin alempi kvartaali mediaanin mukaan laskettuna. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että 25 % varastosta luokitellaan tasaisen kysynnän luokkaan tai satunnaisen kysynnän luokkaan ja loppu osa tuotteista luokitellaan jäljelle jääviin luokkiin. Jos raja-arvo asetetaan tällaisella menetelmällä tarkoittaa se käytännössä aina edellä mainitun kaltaista 25 % jakoa, mikä ei välttämättä ole käytännössä ollenkaan haluttua. Voi nimittäin olla niin, että varastossa on pääosin erittäin tasaista kysyntää kohtavia tuotteita, mutta silti tällainen luokittelumalli johtaisi siihen, että tuotteita jaettaisiin 25 % ns. satunnaista kysyntää kohtaviin tuotteisiin, mikä on tehokkaan varastonhallinnan kannalta erittäin epätoivottua. Vaikka tässä tutkimuksessa, luokittelun jälkeisissä varastonhallintamenetelmissä, pyritäänkin vähäiseen ennustamisen rooliin osana varastonhallintaa, on kuitenkin hyvä mainita, raja-arvojen käsittelyn yhteydessä, että raja-arvojen asettaminen voi vaikuttaa erittäin paljon ennusteiden tarkkuuteen. Esimerkiksi [Eav04] mukaan sellaiset kysynnän muodot, joissa esiintyy yli 6 kappaletta nollajaksoja kysynnässä, ovat huomattavasti herkempiä parametrien asettamiselle kuin sellaiset, joissa esiintyy 2-6 kappaletta ko. nollajaksoja.

Loppujen lopuksi käytettävien luokkien ja niihin liitettävien määrävien luokitteluparametrien valinnan täytyy tuottaa sellainen yhdistelmä, jonka avulla saadaan jaettua tuotteet selkeästi erilaisiin luokkiin, joissa jokaisessa luokassa on selkeä luokkakohtainen kysyntä käyttäytyminen. Tämä homogeeninen luokkakohtainen kysyntäkäyttäytyminen taas indikoi selvästi luokkaan yleisesti sopivan varastonhallintamenetelmän, ja mahdollisesti myös ennustusmenetelmän olemassaoloa. Mikä tarkoittaisi sellaisen menetelmän olemassaoloa, joka on ainakin keskimääräisesti hyvä kaikille luokan tuotteille.

2.2.3 Uudelleen luokittelu

Jos ja kun luokittelu pystytään suorittamaan kerran, voidaan se myös suorittaa uudelleen ja yhä uudelleen. Uudelleen luokittelussa tapahtuu väistämättä tuotteiden sijoittumista edelliseen luokitteluun nähden uuteen luokkaan. Se kuinka yleistä uuteen luokkaan sijoittuminen on vaikuttaa omalta osaltaan luokittelun käytännön käytettävyyteen. Jos luokittelun kategorisointi parametrit ja parametrien raja-arvot ovat sellaiset että tuotteet ns. vaeltavat luokasta toiseen helposti on varaston tehokas hallinta vaikeaa tuotekohtaisen ohjausmenetelmän vaihtuessa usein uuden kategorisointikierron yhteydessä. Onkin suositeltavaa sovittaa luokitteluparametrit aina siten että ne ovat

mahdollisimman hyvin toimialaan, toiminnan kokoluokkaan, varastointitapaan jne., jotta vältetään ylenmääräiseltä uudelleenluokittelulta. [Syn05] suosittelee luokitteluparametrien valitsemista siten, että parametrit ovat luonteeltaan ns. ei herkkiä. Tämä johtaa siihen, että tuote ei helposti siirry luokasta toiseen, uuden luokittelukierroksen yhteydessä, pelkästään sen takia että luokitteluun käytettävässä datassa esiintyy muutama yksittäinen suurempi poikkeama. [Wil84], [Eav04], [Syn05]

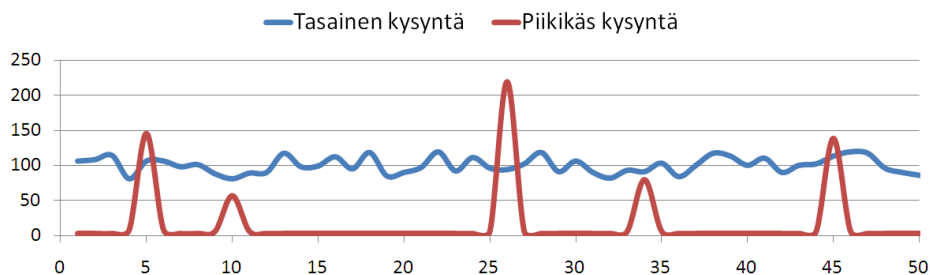
2.3 Epätasaisen kysynnän muodot ja kysyntätiedon yhdistäminen

Tässä kappaleessa käydään lävitse tyypillisempi kysynnän muotoja, joita kutsutaan piirteidensä takia epätasaiseksi kysynnäksi. Koska tasaisen kysynnän muoto on sellainen jonka hallinta varastonhallinta ja parametrisointi mielessä on yleisesti ottaen koettu triviaaliksi, ei tässä kappaleessa paneuduta tasaisen kysynnän malliin.

2.3.1 Epäsäännöllinen / satunnainen kysyntä

Epäsäännölliseksi ja/tai satunnaiseksi luokittelumiseen on olemassa yhtä paljon raja-arvoja ja määrytyksiä kuin mitä meillä on luokitteluun käytettäviä parametrejakin, yleisesti ottaen voidaan sanoa kysynnän olevan (ainakin luokittelumielessä) epäsäännöllistä / satunnaista silloin kun jonkin parametrin suhteen kysyntää esiintyy siten että numeeriset vaihtelut ovat suuria ja tarkemmin ottaen niin että parametrissa arvot ovat pitkiä jaksoja lähellä jotain tiettyä jaksoa, mutta välillä esiintyy huomattavia poikkeamia ko. yleiseen jaksoajan arvoon nähden.

Tällaista kysyntää voisi esiintyä esimerkiksi silloin kun yhtiö kohtaa paljon kysyntää mikä koostuu pienistä tilauseristä, mutta satunnaisesti yksittäiset tilaukset ovat huomattavasti tyypillistä tilauserää suurempia [Mak05]. Käytännön esimerkki voisi olla sellaiset tuotteet, joita käytetään sekä tuotannossa että niitä myydään samasta varastosta myös varaosiksi. Tuotannon kysyntä voi olla melko tasaisen vakaata, mutta yksittäiset ostot varaosiksi voivat olla huomattavia, esimerkiksi teollisuudessa tehtävän ennalta ehkäisevän huoltotoimenpiteen seurauksena.



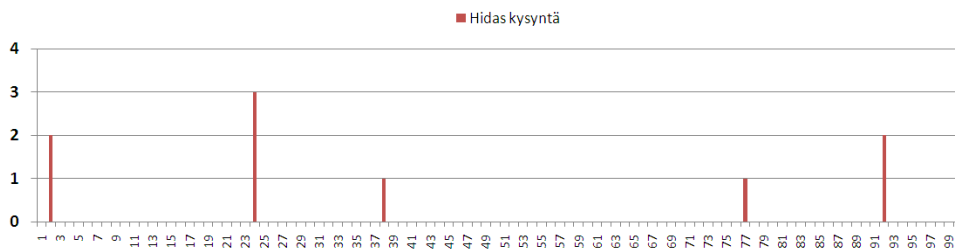
Kuva 8: Piikikäs kysyntä vs. lähes tasainen kysyntä

Yllä (Kuva 8) kuvataan graafisesti lähes tasaisen kysynnän luonnetta ja tyypillisimpiä eroja piikikkääseen / kasaantuvaan ja satunnaiseen kysyntään verrattuna. Tasainen kysyntä vaihtelee melko vähän, keskittyen lähelle kysynnän keskiarvoa ja lisäksi kysynnän taajuus on melko tasainen. Esitetyn piikikkään kysynnän tapauksessa, eri luokittelumalleissa tuntuu olevaan ristiriitaa sen suhteen miten ko. kysyntään suhtaudutaan. Osa luokittelumalleista luokittelee, piikikkään kysynnän täysin omaan kategoriaansa, jotkut laskevat sen osaksi ns. satunnaisen kysynnän luokkaa ja joissain

taas kyseisen tyyppinen kysyntä rinnastetaan tai mallinnetaan MRO luokan tuotteiden perus kysyntämalliksi. Tässä väitöskirjatyössä piikikäs kysyntä on tunnistettu yhdeksi tyypillisimmistä ns. ongelma luokista, joten tämä kysynnän muoto nähty tarpeelliseksi luokitella omaksi ryhmäkseen. Niiltä osin kun kyseinen kysyntä kuuluu MRO-luokan tuotteille, ovat nimikkeet rajattu tutkimuksen ulkopuolelle, muuten kyseiset nimikkeet suositellaan tarkasteltavan aina tapauskohtaisesti ja joko sisällytettävän C-luokan nimikkeiden suurten puskureiden varastonohjausmallien piiriin tai sitten vaihtoehtoisesti näitä tuotteita suositellaan ohjattavaksi täysin manuaalisesti, niiden sisältämän vaihteluriskin takia. Suositukset johtuvat kysynnän taustalla olevista tekijöistä joiden mallintamiseksi ei ole olemassa yksikäsitteisesti ja yleisesti tunnistettuja selkeitä toimintamalleja. Tällainen kysyntä on hyvin vaikeaa sovittaa esim. mihinkään tyypillisiin jakaumiin, kuten normaali-jakauma, tai perinteisiin kausittaista vaihtelua kuvaaviin malleihin (mm. kylmälaitteiden kysynnän kasvu keväällä ja kesällä tms.).

2.3.2 Vähäisen kysynnän tuotteet

Tähän ryhmään kuuluvat sellaiset tuotteet joiden kohdalla sekä kysynnän kokonaismäärä yksittäistä tarvetta kohden on vähäinen, että myös tarpeen ilmenemisen syklit seuraavat hitaasti toisiaan. Toisin sanoen tarpeiden välillä on pitkä viive ja tarpeen määrä on kerrasta toiseen vähäinen. Käytännön tilanne, jolloin tällaista kysyntää tyypillisesti esiintyy, koskee sellaisia tuotteita, joille on suhteellisen vähäinen määrä asiakkaita [Had94], [Eav04]. Kuva 9² esittää erään vähäisen / hitaan kysynnän tuotteen profiilin tyypillistä muotoa. Esimerkkikuvassa aika-akseli kuvaa viikkoa ja pystyakseli kysynnän määrää.



Kuva 9: Esimerkki kysyntäprofiilista tuotteelle, joka voisi kuulua MRO-tuotteiden joukkoon. Kyseisen tuotteen kysyntäprofiili edustaa ns. hitaankysynnän profiilia

Lyhyesti tiivistettynä tähän kategoriaan luokituvat kaikki sellaiset tuotteet joilla kysynnän volyyymi on vähäistä ja lisäksi tietyn ajanjakson sisällä lasketun keskimääräisen kulutuksen täytyy jatkuvasti olla määrätyn raja-arvon alapuolella. Tässä ryhmässä kysynnän tapahtumatiheydessä esiintyvän vaihtelun määrässä on enemmän hajontaa kuin kysynnän määrässä. Tätä kysynnän tapahtumahetkien ja määrän hajontaa on esitetty esimerkiksi kuvassa Kuva 9. Käytännön raja-arvojen määrittäminen tapahtuu, kuten tyypillisistä, täysin tapauskohtaisesti, ollen riippuvainen esimerkiksi toimialasta ja siitä miten paljon tuoteita yrityksellä yleensä ottaen on hallinnan alla, miten raskas

² Hitaan kysynnän tuotteiden vaikutusta varastonohjaamiseen ja ohjaamisen haasteisiin erittäin hitaasti kiertävien nimikkeiden osalta on tuotu hyvin esille mm. tällä verkkosivustolla. URL: <http://www.toolsgroup.co.za/article2.php>

hallintakoneisto/järjestelmä yrityksellä on käytössä ja mikä on tuotteiden kiertonopeus hallittavien tuotteiden joukossa.

Hitaasti kiertävien nimikkeiden osalta käytännön ongelmaa voi tiivistää seuraavasti³. ERP / SCM toiminnanohjausjärjestelmissä ja ennustamiseen fokuoituneissa työkaluissa, hitaasti kiertävien nimikkeiden kohdalla, ohjaaminen epäonnistuu usein siksi, että menetelmä pyrkii tunnistamaan ja ohjaamaan varastoja hitaasti kiertävien nimikkeiden kysynnän mallin mukaisesti. Tästä aiheutuu ongelman ydin, koska näillä nimikkeillä ei lähtökohtaisesti ole tällaista (helposti) tunnistettavaa ja profiloitavaa kysyntämallia ja monesti ongelma kulminoituu vielä siihen että järjestelmät mallintavat kysynnän nolaksi tai erittäin lähelle nolaa. Kysynnän pitkät nollakohdat ovat tässä kohden avainasemassa ongelmien aiheuttajina. Juuri näiden pitkien nollakysyntäjaksojen pituuden ja pituuden vaihtelun mallintaminen on se avain, jolla näiden tuotteiden kysyntärakennetta tulisi hallita ja mallintaa. Tämän väitöskirjatyön osalta hitaasti kiertävät nimikkeet on lähtökohtaisesti luokiteltu tarkastelun ulkopuolelle, niiden osuessa useimmissa tapauksissa MRO-tuotteiden nimikeryhmään, jota tässä työssä ei yksityiskohtaisesti tulla tarkastelemaan. Hitaasti kiertävien nimikkeiden osalta lukijaa suositellaan perehtymään mm. ns. tilastolliseen bootstrapping-menetelmään [Sin81] (eng. statistical “bootstrapping”), joka ei tee kysyntä profiilioletusta ja pystyy näin paremmin ennustamaan hitaasti kiertävien nimikkeiden tulevaa kysyntää.

Se, kuinka tuote luokituu hitaasti kiertävien nimikkeiden luokkaan, on paljolti kiistelty parametrusointi kysymys, mutta esimerkiksi elektroniikkateollisuuden alaan liittyen, [Joh03] tapaustutkimuksessa raja-arvona käytettiin 12 kappaleen määrää, vuositasolla laskien. Toisaalta [Raz03] määritteli vähäisen kysynnän tuotteet 24 kuukauden kokonaiskysynnän funktiona, määrittellen raja-arvoksi kokonaiskysynnän määrälle 50 kappaletta. Vaikka tuote olisikin luokiteltu vähäisen kysynnän tuotteeksi, ei se tarkoita sitä, että kaikki luokan tuotteita hallittaisiin saman varastohallintamenetelmän / parametrusäännösten perusteella. Hyvä esimerkki siitä kuinka tämä luokka saattaa paisua huomattavan suureksi, sisältäen eri hallintamenetelmiä ”vaativia” saarekkeita löytyy sellaisilta toimialoilta, jossa varastoitavien tuotteiden joukkoon kuuluu varaosia. Varaosille on hyvin tyypillistä että niiden kiertonopeus voi olla pitkiäkin aikoja hidas ja kysyntä vähäistä. Kuitenkin jos varastoitavia varaosia on esim. tuhansittain, niin sama varastoparametrusointi ja ryhmän hallintamenetelmä ei välttämättä ole kaikille ryhmän tuotteille sovelias. Yksi esimerkki siitä, kuinka tämän vähäisen kysynnän luokan voi jakaa alikategorioihin, on [San97] esittelemä kolmen alikategorian malli. Tässä jaottelussa [San97] on jakanut vähäisen kysynnän tuotteet kolmeen aliryhmään seuraavasti:

1. Erittäin alhainen kysyntä; vuosittainen kumulatiivinen kysyntä enintään 20 kappaletta
2. Vähäinen/keskimääräinen kysyntä; Vuosittainen kumulatiivinen kysyntä vaihtelee 20 ja 40 välillä
3. Korkea kysyntä; vuosittainen kumulatiivinen kysyntä ylittää 40 yksikön rajan

³ Pohjautuu artikkeliin, URL: <http://www.demand-planning.com/2009/10/08/understanding-intermittent-demand-forecasting-solutions/>

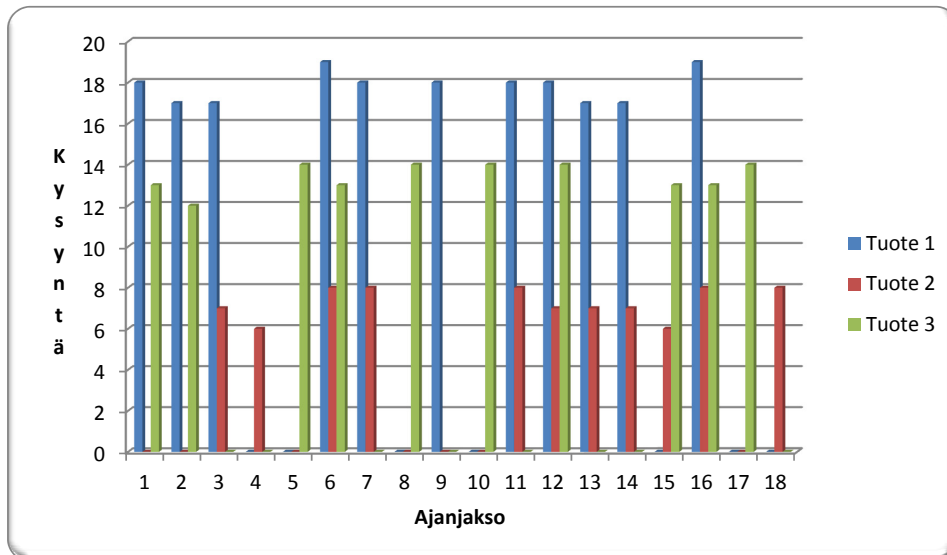
Kuten edellä on kirjoitettu, on mahdotonta määrätä mitään yksikäsitteisiä, aina päteviä, raja-arvoja sille milloin tuote kuuluu vähäisen kysynnän ryhmään ja milloin ei. Voidaan kuitenkin antaa erittäin hyvin perusteltuja nyrkkisääntöjä, joiden pohjalta raja-arvojen määrittäminen yksittäisessä tapauksessa on helpompaa. Eräs tällainen nyrkkisääntö on esitelty lähteessä [Kob99]. Heidän määrittämisensä mukaan sellainen tuote jolle vuosittainen kysyntä on 6 yksikköä tai vähemmän ja jolla tilauserä on joka kerta 1 kappaletta luokitellaan vähäisen kysynnän tuotteeksi. Se miksi tämä määrittelmä on hyvä lähtökohhta vähäisen kysynnän tuotteelle, tulee siitä laskennallisesta tosiasiasta, että jos tällaiseen kysyntää sovelletaan hyvin yleisesti käytettyä liukuvan ikkunan keskiarvon laskentamenetelmiä, niin tulos pyöristyy helposti nolaksi, tyypillisellä 6-18kk ikkunan koolla. Esimerkiksi jo vuonna 1962 tehdyssä tutkimuksessa [Mit62] on otettu esille se tosiasia että vähäisen kysynnän tuotteiden tapauksessa yksi merkittävimmistä ongelmista on historiatiedon vaikea hyödynnettävyys tulevan kysynnän ennustamiseksi ja/tai mallintamiseksi. Muissa ryhmissä käytetyt ajanjaksot, historiatiedon tarkastelussa, eivät sellaisinaan ole tämän vähäisen kysynnän erityispiirteiden takia suoraan sovellettavissa näihin tuotteisiin. Pelkästään jo tämä erikoisongelma puoltaa sitä miksi vähäisen kysynnän tuotteet tulisi luokitella omaksi ryhmäkseen.

Kaiken edellä kuvatun lisäksi hitaasti kiertävien / vähäistä kysyntää kokevien tuotteiden ryhmään liittyy eräs sellainen kustannuksiin läheisesti liittyvä tekijä, joka on erityisesti ominainen tälle tuoteryhmälle. Nopeasti kiertävien tuotteiden kohdalla tehty virheellinen ylivarastointi korjaantuu kiertonopeuden takia ns. omalla painollaan melko nopeasti, mutta hitaasti kiertävien tuotteiden kohdalla tällaista etua ei ole olemassa. Tuotteen ylivarastoinnin jälkeen tilanne korjautuu itsestään (ilman lisäostoja) hitaasti ja pahimmillaan tilanne voi johtaa siihen että tuotteella ei ole enää mitään muuta arvoa jäljellä kuin romumetallin tms. jätteen arvo. Yleisesti oletetaan että ylivarastointia tapahtuu vain liian suurten ostomäärien takia, mutta hitaasti kiertävien tuotteiden tapauksessa tämä ei ole ainoa tapa päätyä ylivarastointitilanteeseen. Toinen tilanne, joka voi johtaa ylivarastointiin, ovat toimitusajoissa tapahtuvat variaatiot. Jos hitaasti kiertävien tuotteiden ryhmässä käytetään samantapaisia varaston-ohjaussääntöjä, kuin muissa ryhmissä ja säädetään varastotasojat hetkellisesti kasvaneen toimitusajan kompensoimiseksi, voidaan taas päätyä ylivarastointiin toimitusaikojen palautuessa normaaliksi [Mit62]. Tämän takia hitaasti kiertävien tuotteiden ryhmässä täytyy olla erityisen tarkkana siitä, miten nopeasti varaston parametristoa säädetään ja mihin muutoksiin reagoidaan nopeasti ja mihin varoen.

Tiivistettynä vähäisen kysynnän tuotteet kuuluvat sellaiseen tuoteryhmään, jonka varastointipolitiikan ja parametriston ongelma on moniulotteinen. Ensinnäkin tuote täytyy pystyä luokittelemaan tähän luokkaan sopivan parametriston pohjalta, yleisesti ottaen kysynnän määrän ja esiintymistiheyden raja-arvioiden funktiona. Seuraavaksi ryhmälle täytyy pystyä määrittelemään sopiva varastohallinnan metodiikka tai pystyä toisaalta perustelevaan miksi tuotetta ei tulisi varastoida ollenkaan. Tämä päätöksenteon ketju johtaa käytännönproblematiikkaan siitä miten optimoida tuotteen saatavuutta asiakkaiden suuntaan, omia varastointikustannuksia, mahdollisia poikkeamakustannuksia kun tuotetta tarvitaan välittömästi, sekä kuinka arvotetaan mahdollisesti menetettyä kauppaa sellaisten tilanteiden osalta kun asiakas tarvitsisi tuotteen välittömästi, mutta sitä ei ole heti varastosta saatavilla.

2.3.3 Vakiokysynnän tuotteet

Vakio kysynnällä tarkoitetaan sellaista kysynnän muotoa, jossa kysynnän määrä, yksittäistä kysyntätapahtumaa kohden, on kerta toisensa jälkeen lähes vakio määrältään [Gho03]. Vakio kysynnästä puhuttaessa sekoitetaan usein termit vakio ja tasainen kysyntä. Tasaisen kysynnän käsitteeseen liittyy tuotteen tilausten ilmenemismäärän lähes vakio luonne. Tätä kysynnän tasaista frekvenssiä ei vaadita silloin kun kysyntää luokitellaan vakiokysynnäksi. Vakio kysynnäksi luokiteltaessa on tärkeää että kysynnän määrä on lähes vakio, toisin sanoen jatkuvasti ennalta määrättyjen raja-arvojen sisällä. Käytännön esimerkki tällaisesta vakio kysynnästä voidaan löytää esimerkiksi lääkkeiden varastonhallinnasta. Johtuen varaston minimointitavoitteesta, mutta kuitenkin melko vakiomääräisestä kysynnästä, lääkekeskuksen lääkkeiden tilaukset osoittautuivat [Jan98] tutkimuksessa luonteeltaan juurikin tällaiseksi ylläkytävän vakiokysynnän kaltaisiksi. [Lev04], [Eav04], [Syn06], [Sha06]



Kuva 10: Graafinen esimerkkikuvaus erilaisista kysyntärakenteista

Kuva 10 kuvaa esimerkinomaisesti erilaisia tuotteiden kysyntärakenteita, sisältäen myös esimerkin sellaisesta kysyntärakenteesta joka tyypillisesti kuvataan ns. vakiokysyntänä. Kuvassa esiintyy muutamia nolla kysynnän jaksoja, mutta kysynnän määrä yksittäistä kysyntätapahtumaa kohden säilyy hyvin lähellä vakio tasoa. Toisin sanoen, kysyntätapahtumien välinen aika vaihtelee, mutta kysynnän määrä säilyy. Käytännön tilanne, jossa edellä kuvattua vakio kysyntää voi esiintyä, on tilanne jossa tuotetta tilataan moniportaisessa toimitusketjussa erikseen, jokaisessa toimitusketjun vaiheessa. Tällöin voi muodostua tilanne jossa luonteeltaan vakiokysynnästä poikkeava kysyntä muuttuu vakio luonteiseksi, siirryttäessä toimitusketjun ylävirran suuntaan [Eav04]. Myös tilausten yhdistelyllä on luonteenomaista johtaa vakio kysyntään. Hyvin useilla toimialueilla on havaittavissa ilmiö, jossa kysynnän kumulatiivisen summan määrä tasaantuu, kunhan vain summatun kysynnän tarkasteluikkuna on tarpeeksi pitkä. Esimerkiksi viikoittainen kysyntä voi olla hyvin vaihtelevaa, mutta jos kysyntää tarkastellaan kvartaalitasolla, niin kysyntä onkin luonteeltaan vakio luontoista [Eav04].

2.3.4 Useasta kysyntälähteestä tulevan kysynnän yhdistäminen

Useasta kysyntälähteestä peräisin olevaa kysyntää, jota yhdistetään yhdeksi kysyntäkokonaisuudeksi, kutsutaan tyypillisesti konsolidoinniksi. Kysynnän yhdistämistä voidaan tehdä usean eri parametrin mukaisesti, esimerkiksi tietyn aikaikkunan sisällä tapahtuneiden kysyntöjen summaaminen tai vaikka määrällinen summaaminen ennalta määrättyyn rajaan saakka. Esim. [Hig94] jakaa konsolidointiin näihin kahteen eri perustyyppiin eli aika- ja määräperusteisiin konsolidointimalleihin. [Hig94] jaottelun mukaisesti aikaperusteisissa mallissa yksittäisiä toimitustarpeita kootaan toimitusryhmän sisällä yhteen ja toimitukset tehdään yhdistetysti kokonaistoimituksena toimitusryhmän päättyessä sovittuna toimituspäivänä. Tässä mallissa toimitusmäärä on satunnaismuuttuja stokastisille kysyntämalleille, joten skaalaekonomia ei toteudu kaikissa kysyntämalleissa. Aikaperusteinen malli pyrkii kuitenkin varmistamaan saatavuuden sovittuna toimituspäivänä. Määräperusteisissa mallissa kuorma toimitetaan sen saavuttaessa optimaalisen taloudellisen toimitusrajan. Määräperusteisissa politiikassa muuttujana toimii toimitusajankohta, tässä mallissa pyritään varmistamaan toiminnassa skaalaetu. Molemmissa toimintamalleissa on omat hyvät ja huonot puolensa ja on täysin tilannekohtaista milloin toinen malli on toista parempi. Kokonaisuuden kannalta [Cet00] mukaan olisi parasta jos aika- ja määräperusteiset mallit yhdistettäisiin, heidän mukaansa näin päästäisiin kokonaisuuden kannalta optimaalimpiin päätöksiin.

Vaikka yllä oleva kuvaakin logistiikkaketjujen konsolidointia, voidaan samaa toimintaa peilata myös tuotannollisen toiminnan konsolidoimiseen. Päähankkijaa palvelevalla alihankkijalla on yllä kuvatun kaltainen toimikenttä, jossa kysyntää täytyy pystyä yhdistämään, kysynnän tullessa satunnaisesti usealta eri päähankkijalta, päähankkijan kokeman kysynnän, varastotilanteen ja tulevan tarvearvion funktiona. Toisaalta tarkasteltaessa toimitusketjua päähankkijalta alihankkijan suuntaan, jos päähankkija pystyy toimittamaan alihankkijalle luotettavia ja pitkällä aikajänteellä harvoin merkittävää virhettä sisältävää kysynnän ennakkotietoa, voi alihankkija yhdistää eri päähankkijakohtaista kysyntää suurempien ja kustannustehokkaampien valmistuserien tuottamiseksi.

2.3.5 Kysynnän yhdistäminen toimitusketjussa usean portaan ylitse, bullwhip / forrester efekti

Vaikka tässä väitöskirjatyössä onkin pääosin keskitytty kahden toimijan eli dyadin väliseen toimintaan ja sen parantamiseen paremman kysynnän ennakkotiedon avulla, on edellä kuvatun kysynnän konsolidoinnin yhteydessä hyvä tuoda esille myös konsolidoinnin mahdollisia haittapuolia. Yhdistettäessä kysyntää useista kysyntälähteistä yhdeksi kysyntävirraksi, joka myöhemmin toimii tarvetiedon pohjana, muodostettaessa kysyntätarpeen ennakkotietoa oman toimittajaverkostonsuuntaan, yhdistyy kysyntätiedon lisäksi yksittäiseen kysyntäyhdisteeseen myös tarvetiedon mukana kulkeva epävarmuus. Tämä kysynnän epävarmuuden yhdistyminen ja epävarmuuden kumuloituminen on johtanut siihen että, liiketoiminnan dynamiikka on asettanut uusia haasteita prosessien joustavuuden kehittämiseksi, tehokkuuden kehittämisen sijasta [Chr04]. Edellä mainitun toimitusketjun dynamiikan aiheuttamaa kysyntäepävarmuuden kumuloitumista ja sen aiheuttamia ongelmia selittävästä teoriasta ehkä kaikkein tunnetuin on ns. forrester-ilmiö [For61], millä tarkoitetaan kysyntätiedon vääristymisestä johtuvaa varastotasojen heilahtelua toimitusketjussa.

Kyseisen epävarmuuden ja kysynnän heilahtelun ilmiön välttämiseksi kysynnän ennakkotiedon muodostumisrakenteen tulisi olla toimijoiden tiedossa ja pelkän kysynnän ennakkotiedon lisäksi olisi hyvä jakaa toimitusketjussa myös kysynnän muutoksia selittävää informaatiota. Esimerkiksi [Fro01] tutkimuksen mukaan toimitusketjujen suorituskyky parantuu silloin parhaiten, kun yhteistyössä toimivat kumppanit ovat integroineet prosessinsa laajasti ja syvästi. Tämä syvä prosessien integroiminen johtaa käytännössä tilanteeseen, jossa toinen toimija saa toiselta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa uutta tarvetieto ja muutostietoinformaatiota. Toimintaan käytettävissä olevan ajan lisääntymisen lisäksi, varhaisella muutostiedolla voidaan parantaa toimitusketjun kustannustehokkuutta. [Xu04] mukaan integroimalla kysynnän ja tarjonnan prosessit toisiinsa toimitusketju pyrkii vastaamaan kysyntään mahdollisimman kustannustehokkaasti.

2.4 Epätasaiseen kysyntään varautuminen

Käytännön toimitusketjuissa epätasaiseen kysyntään ja epävarmuuteen vastataan yhtäläillä käyttämällä niin ennakoinnin, kuin myös reagoinnin keinoja. Perinteisesti vakaus ja nimikkeiden riitto eli toimitusketjun stabiilius on pyritty varmistamaan ketjun kriittisiin kohtiin sijoitetuilla puskureilla eli ennakoimalla. Käytännössä tällaisia puskureita voivat olla yhtäläillä ylimääräinen henkilöstö resurssi, kuin myös varmuusvarastot [Gao03]. Hyödyntämällä varasto ja resurssipuskureita pystytään vähentämään poikkeamien määrää ja siten poikkeamien korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia. Toisaalta puskureilla on myös haittoja kuten lisääntyneet kustannukset sekä kysynnän vääristyminen toimitusketjussa [Xu03].

Epätasaiseen kysyntään vastaaminen reagoinnin keinoin vaatii tuekseen informaatiota. Esimerkiksi [Tar99] mukaan läpinäkyvän tiedon avulla voidaan vähentää materiaalivirtojen epävarmuutta toimitusketjussa. Epävarmuuden vähentyessä varautumista tarvitaan vähemmän ja näin myös puskureita pystytään pienentämään. [Ott03] ja [Gao03] mukaan läpinäkyvässä toimitusketjussa päätöksentekijällä on käytettävissä kaikki päätöksenteossa tarvittava oleellinen tieto. Tässä päätöksentekijä voi olla yhtäläillä ihminen, kuin myös tietotekninen sovelluskin. Esimerkiksi varastosaldotiedon osalta reaaliaikaisella ja läpinäkyvällä tiedolla voidaan vähentää varmuusvarastoinnin tarvetta. Läpinäkyvyyden hyötyjen osalta, [Cas06] toteaa että tiedon läpinäkyvyydestä on eniten hyötyä silloin, kun toimitusketjukumppanit suunnittelevat toimintaansa yhteistyössä toistensa kanssa eli toisin sanoen yksittäisten yritysten tuottamien suunnitelmien läpinäkyvyys ei tuo sellaisenaan toimitusketjuun maksimaalista hyötyä. Tiedon läpinäkyvyyden ja ajantasaisuuden lisäksi tarvitaan myös tiedon jalostamista, jotta yhteistyökumppani voi hyödyntää tiedon mahdollisimman hyvin osana päätöksentekoprosessiaan. Esimerkiksi tiedon sisältö, toimitusajankohta, tarkkuus, päivitysfrekvenssi ja muoto täytyy usein sopia kumppanikohtaisesti [Ott06], [Sal06].

Toimitusketjussa, koko ketjua palvelevan maksimaalisen hyödyn saavuttaminen voi tiedon läpinäkyvyydestä huolimatta olla hyvin haastavaa, koska monesti toimitusketjukumppaneiden tavoitteet ovat ristiriidassa keskenänsä. Ristiriitaisista tavoitteista seuraa se, että toimijoiden tekemät päätökset eivät palvele kokonaistoimitusketjun etua [Lee97]. Esimerkiksi toimitusketjussa toimiva tavarantoimittaja haluaisi asiakkaan hankkivan tuotteita mahdollisimman suurissa vakioerissä, kun taas asiakas saattaa tavoitella kysynnän epävarmuuden takia viimeiseen

mahdolliseen pisteeseen saakka viivytettyjä JIT-toimituksia mahdollisimman pienissä erissä [Raj05]. Kuitenkin kilpailukyvyyn luomiseksi tai ylläpitämiseksi toimitusketjuja tulisi kuitenkin pyrkiä johtamaan kokonaisuutena, sillä optimoimalla yksittäisten yritysten toimintaa päädytään toimitusketjun kannalta osoptimaaliseen toimintaan [Coo97]. Toisaalta [Rom03] mukaan monet yritykset johtavat toimitusketjujansa ja/tai verkostojansa kokonaisuutena ja saavat täten parannettua kaikkien toimitusketjuosapuolten kilpailukykyä. Lisäksi [Bjö06] mainitsee, että toimitusketjuihin on tärkeää löytää kokonaistoimitusketjun kannalta parhaita mahdollisia ratkaisuja, jotta toimitusketjulle voidaan saavuttaa hyvä kokonaiskilpailukyky. Tällaisissa toimitusketjuissa, joissa pyritään kokonaisuuden johtamiseen ja kokonaistietoa hyödyntäviin ratkaisuihin, ketjua johtavat veturiyritykset eivät tavoittele hyötyjä toisten yritysten kustannuksella, vaan ne pyrkivät jakamaan toimitusketjulla saavutetut hyödyt toimitusketjun kaikille toimijoille. Toimintamallinsa ansiosta, tällaisten toimitusketjujen voidaan sanoa kilpailevan toimitusketjuna kilpailevia yrityksiä tai toimitusketjuja vastaan [Chr98].

2.5 Tulevan kysynnän ennakoiminen & toiminnan koordinoiminen

Kysynnän ennakoimisen ja ennustamisen historia on ollut 1950-luvun jälkeen jatkuvan evoluution ja kehittymisen alla [Lap09]. Tällä kehityksellä, tarve-tilaus-toimitusprosessien automatisoinnin osa-alueilla erityisesti mm. päivittäistavarakaupan tyylisillä teollisuussektoreilla, jossa suurten liiketoimintaketjujen päivittäisten myyntitapahtumien määrä ja hallittavien nimikkeiden määrä on erittäin suuri, kysynnän ennakoiminen on tärkeä prosessi osana toiminnan kokonaisuuden hallintaa. Erityisesti kysynnän nykyisen ja historiatiedon hyödyntämisen osa-alueilla päivittäistavaraketjuilla on useaan muuhun toimialaan nähden hallussaan käytännön toiminnasta muodostuva etu erittäin reaaliaikaisen historiatiedon osalta. Päivittäistavarakaupassahan POS-historiatieto (Point of Sale) eli myyntipisteestä saatava historiatieto voidaan välittää lähes välittömästi kauppakeskusten keskuskoneille ja näin päivittäistavarakaupaketjuillaan on mahdollisuus ylläpitää erittäin reaaliaikaista näkymää jokapäiväiseen kysyntään ja asiakkaiden kulutuskäyttäytymiseen. Tästä erittäin reaaliaikaisesti saatavilla olevasta historiatiedosta huolimatta, mm. Tekesin tekemän teknologiakatsauksen mukaan, ainakaan vielä 2000-luvun taitteessa tässäkin toimiympäristössä ei oltu valmiita siirtymään täysin automatisoituihin tilauksiin, vaan koko prosessia seurataan, valvotaan ja säädetään edelleen manuaalisena prosessina.

Taktisen tason ennustamisessa ja suunnittelussa sovelletaan POS-historiatietoa (Point of Sale) valikoimassa olevien tuotteiden osalta, mutta kampanja- ja uusissa tuotteissa tämä ei ole luotettavasti mahdollista. Kysynnän vaihtelun takia ohjausparametreja, kuten tilausraja, täytyy päivittää säännöllisesti. Elintarviketeollisuuden suuren nimikemäärän takia tietotekniset ratkaisut ovat käytännössä pakollisia tehokkaan tiedonkäsittelyn saavuttamiseksi. Elintarviketeollisuuden yritykset eivät kuitenkaan ole halunneet automatisoida ohjausta kokonaan, vaan turvallisuutta on haettu ihmisten tekemien päätösten kautta (lähde: Tekesin teknologiakatsaus 69 [Tar99]).

Itse kysynnän ennakoimisessa lähtökohtainen syy ennakoimiseen on tulevaan tarpeeseen ja muutoksiin varautuminen, sekä tahto onnistua ja olla menestyvä omissa toiminnassaan [Fig97]. Toisaalta tulevaan pyritään varautumaan myös kustannusten minimoimiseksi ja asiakkaan kokeman palvelunlaadun parantamiseksi [Mak00]. Käytännössä tulevaan pyritään varautumaan siis siksi että toimintaa voitaisiin

suunnitella ja sitä voitaisiin johtaa ja koordinoida, ja näin päästä edellä mainittuihin tavoitteisiin. Kokonaisuuksien koordinoinnin halusta ja tarpeesta huolimatta, [Aru08] mukaan koordinoinnin tutkimus on ollut toimitusketjutasolla hyvin vähäistä, vaikka koordinoitintarve on alkanut realisoitua käytännön toimitusketjuissa. Heidän mukaansa koordinoitintarve on käsitelty kirjallisuudessa pääasiassa yksittäisten funktioiden sisäisen toiminnan näkökulmasta. Lisäksi [Sim04a] mainitsevat, että erityisesti koordinoinnin empiiristä käytännön tutkimusta on tehty vähän ja [Aru08] mukaan yritysten välisistä koordinoitintimekanismeista tarvitaan yksityiskohtaista lisätutkimusta.

Toimitusketjujen väliseen koordinointiin keskittynyt kirjallisuus painottuu paljon enemmän kahden toimitusketjupartnerin väliseen toimintaan (eli dyadien tutkimiseen), kuin verkostotasolla tapahtuvan koordinoinnin tutkimiseen. Toisaalta [Aru08] mukaan juuri yritysrajojen yli tapahtuva toimitusketjun koordinoitintarve on yksi vaikeimmista toimitusketjun johtamisen aloitteista, koska yleensä yritykset eivät ole tietoisia *toimitusketjun dynamiikasta* tai ne ovat kykenemättömiä implementoimaan koordinoitua toimintaa käytännön tasolle lisätutkimusta. Heidän mukaansa toimitusketjun koordinoitintarve toimii parhaiten toimitusketjussa, jota johtaa koordinoinnin hyödyt verkostotasolla tunnistava vahva yritys. [Mal94] mainitsevat koordinoitinteorian perustuvan kahteen pääosaan: 1) toimenpiteisiin, jotka suoraan vaikuttavat prosessiin tulokseen ja 2) *koordinoitintimekanismeihin*, joilla voidaan hallita erilaisia toimenpideriippuvuuksia eri toimenpiteiden tai eri resurssien välillä.

Koordinoinnin toteuttamiseksi toimitusketjuissa on tunnistettu aikaisemmassa tieteellisessä kirjallisuudessa useita erilaisia *koordinoitintimekanismeja*, joita ovat yhteinen päätöksenteko, tietotekniikan soveltaminen, informaation jakaminen, toimitusketjusopimukset [Aru08], yhteisen ymmärryksen luominen [Jaa08], päätöksenteon synkronointi, formaalit ja aikataulutetut koordinoitintapaamiset [Sim04b], yhteinen kannustinjärjestelmä [Lee97] sekä organisoitu koordinoitintiryhmä [Mal00]. Toisaalta [Tho67] tunnistaa koordinoinnin kolme perusmekanismia - koordinoitintarve suunnitelmien, standardoinnin ja yhteisen sopeutumisen avulla. Koordinoitintarve suunnitelmien avulla tarkoittaa ennalta määritettyjä sääntöjä tai suunnitelmia, joiden perusteella toimitaan (esim. jäädytetty tuotantosuunnitelma, jonka mukaan toimitetaan tuotantolinjalle). Koordinoitintarve standardoinnin avulla tarkoittaa sääntöjä, kuinka toimenpiteet suoritetaan ja resursseja käytetään. Koordinoitintarve sopeutumisen avulla tarkoittaa jatkuvaa tiedon vaihtoa osapuolten välillä, kun suoritetaan toisistaan riippuvia toimenpiteitä.

2.6 M-competition, ennakoinnin tehokkuus, hyvän mallin ominaisuudet

2.6.1 Ennakoinnin menetelmät ja keskinäinen vertaaminen aikasarjoille

Aikasarjojen ennustamiseen on olemassa hyvin laaja kirjo erilaisia menetelmiä, toimintamalleja, sekä näkemyksiä siitä mikä malli minäkin vallitsevana aikakautena on paras ja tehokkain. Menetelmien tehokkuudesta ja niiden kyvystä ennustaa tulevaa aikasarjaa käydään vilkasta keskustelua tieteellisessä kirjallisuudessa (esim. [Cro06] mukaan pelkästään neuroverkkomenetelmien osalta, kahden viimeisen vuosikymmenen aikana on tuotettu yhteensä yli 5000 akateemisista Journal julkaisua ja konferenssi proceeding julkaisua pelkästään ennustamisen osa-alueelta). Erilaisten menetelmien tai menetelmä ryhmien (esim. neuroverkkomenetelmät verrattuna yksinkertaisiin menetelmiin) toimivuuden yleiseksi tehokkuuden hyväksytyksi tehokkuutta kuvaavaksi

mittariksi on muodostunut Spyros Makridakiksen and Michele Hibon M-competition kilpailussa suoriutuminen. [Mak00] mukaan ensimmäinen heidän luomansa aikasarjojen kisa (1970-luvun lopussa) oli ainutlaatuinen siinä mielessä että se oli ensimmäinen aikasarjojen ennustamisen menetelmien vertaileva kisa, jossa oli yhtä aikaa mukana erittäin suuri joukko erilaisia aikasarjoja (yhteensä 111 eri aikasarjaa), että moninainen joukko hyvin erilaisia menetelmiä. Kyseinen kisa sai osakseen suurta kritiikkiä, mm. kisan tuloksista tehtyjen johtopäätösten takia (mm. näkemys siitä että yksinkertaiset menetelmät ovat monimutkaisia parempia). Saamastaan palautteesta ja kritiikistä johtuen Spyros Makridakiks and Michele Hibon laajensivat alkuperäistä kisa ja paransivat sitä palautteen pohjalta, sekä ottivat kisaan mukaan uusia menetelmiä. Tämä kyseinen kisa oli tulevien M-competition kisojen sarjan ensimmäinen kisa. Ensimmäisessä M-competition kisassa oli mukana 1001 eri aikasarjaa ja 15 erityyppistä menetelmää, sekä lisäksi 9 menetelmää jotka olivat variaatioita näistä 15:sta perusmenetelmätyypistä [Mak82]. Mielenkiintoiseksi [Mak82] kilpailun tulokset ja analyysin tekee se, että vaikka kisa oli selvästi laajennettu ja kisaan osallistuvien menetelmätyyppien määrää lisätty, edelleenkin tulokset eivät vaikuttaneet osoittavan selvästi sitä, että monimutkaiset menetelmät olisivat yksiselitteisesti parempia kuin yksinkertaiset menetelmät. M-competition kisojen sarja on tämän työn kirjoitushetkellä edennyt juuri M4-competition sarjan kisan loppupuolelle, josta tuloksia on odotettavissa vuoden 2012 aikana⁴. M-competition kilpailujen perusluonteeseen kuuluu hyvin vaihteleva joukko aikasarjoja, joissa osa annettua aikasarjaa toimii menetelmän syötteenä / alustusjoukkona ja osaa sarjaa hyödynnetään menetelmän ennustuskyvyn arvioinnissa ja mittaamisessa. Kyseisten kilpailujen aikasarjat ovat pääosin liike-elämän / liiketalouden ja kansantalouden osa-alueilta [Mak00].

Ensimmäisen M-competition kilpailun havainnot [Mak00] analysoi ja tiivistää seuraavasti.

- a) Tilastollisesti hienostuneet tai monimutkaiset menetelmät eivät välttämättä tuota tarkempia ennusteita, kuin yksinkertaisemmat menetelmät.
- b) Eri menetelmien keskinäinen järjestys suorituskyvyn suhteessa muuttuu sen mukaan, mitä mittaria käytetään menetelmän tarkkuutta arvioitaessa
- c) Keskimääräisesti mitattuna, usean menetelmän kombinointi tuottaa paremman ennusteen, kuin yksittäiset menetelmät joista kombinaatio muodostuu ja lisäksi menetelmien kombinaatio menestyy myös hyvin verrattaessa sitä muihin yksittäisiin menetelmiin
- d) Menetelmien tarkkuus vaihtelee sen mukaan, miten pitkälle tulevaisuuteen ennustetta ollaan tekemässä.

Koska tulokset olivat osittain ristiriidassa useiden alan eksperttien näkemysten ja uskomusten kanssa (esim. kohta a)), useat eri tahot pyrkivät verifioimaan kilpailussa tehtyjä laskelmia ja kilpailun aikasarjoja testattiin uudelleen uusilla menetelmillä (mm. [Fil98], [Cle89], [Koe88], [Geu86]). Laajasta epäilystä ja testaamisesta huolimatta, myös muut tutkijat tulivat samantyyppisiin tuloksiin, jotka tukivat [Mak82] alkuperäisiä havaintoja. M-kisojen sarjan toinen kilpailu M2-competition oli erittäin pitkä (noin kaksivuotinen kilpailu) johon osallistui erittäin suuri määrä erilaisia menetelmiä, sekä

⁴ M4-competition kisan viralliset kotisivut, kisan aikataula. URL: <http://m4competition.com/dates>

ennustamisen ammattilaisia ja lisäksi kilpailun aikasarjojen käsittelemiä aihealueita laajennettiin ja tarjottiin samalla ylimääräistä lisätietoa käsiteltävissä oleviin aikasarjoihin liittyen. Lisäksi kilpailuun osallistujille tarjottiin suorat kontaktit kilpailuun livenä tietoa tuottaviin yrityksiin lisäinformaation vaikutusten arvioimiseksi osana ennustemenetelmien tarkkuuden parantamista. [Mak00] mukaan Kaikesta tästä huolimatta, M2-competition kilpailun tulokset olivat käytännössä identtiset M1-kilpailun yllä kuvattujen havaintojen kanssa. [Mak00] mukaan useat tieteentekijät jättivät empiiriset tulokset huomiotta tai eivät tahtoneet hyväksyä niitä ja pyrkivät yhä hienostuneempiin menetelmiin, vaikkei niiden kykyä pystyä ennustamaan käytännön dataa yksinkertaisempia malleja paremmin ole pystytty osoittamaan.

Ylläkuvattuihin haasteisiin ja M2-competition kilpailun kokonaisuuteen tulleen kritiikin ja palautteen kautta rakennettiin uusi M3-competition kilpailu, jolla pyrittiin yhä suuremmalla käytännön empiirisellä testaamisella varmistamaan aiemmat tulokset ja näin parantamaan tulosten tieteellistä luotettavuutta. Tuorein, jo analysoitu kilpailu, on tämä kyseinen M3-competition, jossa oli yhteensä mukana 3003 eri aikasarjaa. Aikasarjat olivat hyvin erityyppistä toimintaa kuvaavaa dataa, erilaisilla näytejaksoilla otettuna. Kilpailuun pyrittiin saamaan mukaan mahdollisimman laaja joukko erilaisia menetelmiä, kattavan otoksen aikaansaamiseksi. Mukaan haettiin mm. erilaisia neuroverkkomenetelmiä ja ns. ekspertti-järjestelmä tyyppisiä ratkaisuja, erityisesti siksi että niiden väitettiin omaavaan yliverstaista ennustamiskykyä muihin menetelmiin nähden tuohon aikaan. M3-competitionin eräs tärkeimpiä tavoitteita oli vastata siihen pitävätkö aiempien kiliapujen johtopäätökset a) – d) edelleen paikkaansa. Tiivistetysti [Mak00] mukaan havainnot voidaan esittää seuraavasti:

- a) Edelleenkään ei voida pitää itsestään selvänä että hienostuneet menetelmät tuottaisivat keskimäärin aina paremman tuloksen kuin yksinkertaisemmat menetelmät.
- b) Edelleen menetelmien paremmuus järjestys vaihtuu sen mukaan, millaista syötedataa menetelmällä arvioidaan
- c) Menetelmien yhdiste tuottaa paremman ennusteen keskimäärin kuin menetelmät yksinään.
- d) Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta (Theta-menetelmä), havainto siitä, että ennustehorisontin vaihtaminen vaikuttaa merkittävästi menetelmien paremmuusjärjestykseen, näytti pitävän edelleen paikkaansa.

Vastaavasti [Cle01] tiivistää havainnot seuraavasti:

”(a) ‘simple methods do best’; (b) ‘the accuracy measure matters’; (c) ‘pooling helps’; and (d) ‘the evaluation horizon matters’”

eli käytännössä he näkevät tulokset aivan samoin kuin [Mak00] ne näkevät. [Mak00] mukaan puhtaan teoreettisilla tuloksilla on loppujen lopuksi hyvin vähän merkitystä, ellei menetelmä pysty kontribuoimaan käytännön ennusteprosessiin. Käytännön ennusteprosessiin kontribuoinnilla he tarkoittavat käytännön vaikutuksia paremman ennustamisen seuraamuksena (mm. pienemmät varastot, ylivertainen ajoittaminen, parempi resurssien allokointi, parempi asiakaspalvelun laatu, jne.). Tekemiensä

havaintojen perusteella he ehdottavat tutkijoiden keskittyvän jatkossa mm. seuraaviin osa-alueisiin:

- Yksinkertaisten menetelmien vahvuuksien hyödyntäminen mahdollisimman pitkälle, niiden ollessa hienostuneempia menetelmiä vähemmän herkkiä syötedatan muutoksille (mikä on hyvin linjassa [Lap09] käytännön havainnon kanssa siitä että exponential smoothing pohjaiset menetelmät ovat edelleen tänä päivänä laskennallisia menetelmiä jotka toimivat tehokkaimpien ennustetyökalujen taustavoimana, sekä Armstrongin ja Greenin⁵ näkemyksen kanssa siitä että monimutkaisia menetelmiä kannattaa välttää, koska ennustetyökalua käyttävä henkilö voi olla huomaamatta tärkeitä asioita, kuten virheitä ja poikkeamia, mutkikkaan menetelmän takia)
- Mallin kysynnän trendi käytännönläheisesti ja huomioi että moni sarja saattaa olla hyvin satunnainen ja datassa havaitut trendit saattavat ja myös muuttuvat joskus.
- Koska ennustemenetelmien paremmuus vaihtelee sen mukaan, miten pitkälle tulevaan ennustetta ollaan tekemässä [Mak00], suosittelee sellaisten ennustemenetelmien kehittämistä jotka kombinoisivat eri menetelmiä yhteen, sen mukaan mille aikajänteelle ennustetta ollaan kulloinkin tekemässä.
- Koska mallin sovitustarkkuus saatavilla olevaan historiatietoon ei ole hyvä mallin käytännön ennustekyvyn indikaattori, suositellaan menetelmien luomista siten että mallin parametrisointi perustuu mallin parametrisoinnin ulkopuoliseen historiatietoon.
- Voi olla mahdollista parantaa ennustemenetelmän ennusteen tarkkuutta yhdistämällä useamman muuttujan lisäinformaatiota malliin, joka vaikuttaa mallin ennustuskäytäntöön ja näin parantaa mallin ennustetta kokonaisuutena

Yllä olevien havaintojen ja suositusten lisäksi, M3-kilpailu demonstroi sitä kuinka yksinkertaiset käytännön ennustamiseen luodut mallit toimivat keskimäärin yhtä hyvin, tai oikeastaan monessa tapauksessa jopa paremmin, kuin tilastollisesti hienostuneemmat mallit kuten ARIMA ja ARARMA mallit. Poikkeuksen tähän yleiseen linjaan tekee kilpailussa mukana ollut Theta-malli, joka menestyi keskimääräistä paremmin useilla ennuste aikajänteillä ja aikasarjatyypeillä.

2.6.2 Neuroverkkomenetelmät aikasarjojen ennustamisessa

Neuroverkkoihin ja niiden aikasarjojen ennakoitokykyyn keskittyneeseen äärimmäisen suureen julkaisumäärään nähden [Cro06] (kahden viimeisen vuosikymmenen aikana yli 5000 akateemisissa Journal julkaisuissa ja konferenssi proceeding julkaisuissa ennustamisen osa-alueelta) on yllättävää että neuroverkkomenetelmät eivät edelleenkään ole pystyneet osoittamaan objektiivisia näyttöjä aikasarjojen ennakoinnissa laajoissa empiirisissä evaluoinneissa, joita suoritetaan ennustuskäytännössä mittavissa kilpailuissa [Cro11]. Neuroverkkojen ennustuskäytännön viimeisen 10 vuoden

⁵ J.S. Armstrong, K.C. Green, Demand Forecasting: Evidence-Based Methods, Forthcoming in the Oxford Handbook in Managerial Economics, Saatavissa: <http://marketing.wharton.upenn.edu/ideas/pdf/Armstrong/DemandForecasting.pdf>, 17.08.2011, sivuja 23

kehityksen ja niihin kohdistuneen tutkimusten teoreettisten tulosten empiiriseksi testaamiseksi [Cron11] järjesti NN3 kilpailuksi nimetyn kilpailun, perustuen M3 kilpailusta [Mak00] valittuun teollisuuden näytteisiin perustuvaan datajoukkoon. [Cro11] tulosten mukaan neuroverkkoratkaisut voivat tuottaa kilpailukykyisiä tuloksia hyvin vakiintuneisiin tilastollisiin menetelmiin verrattuna, mutta eivät edelleenkään pysty selkeästi peittoamaan näitä. Toisaalta [Cro11] huomauttaa että he odottivat ES menetelmien, jotka ovat toimineet viimeiset 30 vuotta käytännön ennustajien ”työmyyrinä”, olevan hyvin vaikeita voittaa, niiden menestyttyä erittäin kilpailukykyisesti alkuperäisessä M3 kilpailussa [Mak00]. [Cro11] mukaan näyttäisi kuitenkin siltä, että tällä hetkellä eri menetelmien ennustamiskyvyn keskinäisessä paremmuudesta eletään taitekohdan ajanjaksoa, missä yhden selkeästi parhaimman menetelmän nimeäminen on äärimmäisen vaikeaa ja tulosjärjestys riippuu paljon siitä millaisia syötesarjat ovat ja minkä tyyppistä vaihtelua ne sisältävät. [Cro11] mukaan ei voida enää yksikäsitteisesti sanoa että yksinkertaiset menetelmät olisivat keskimäärin parempia, kuin monimutkaiset menetelmät, mutta toisaalta he myös toteavat että NN3 kilpailun perusteella ei voida myöskään todeta sitä että monimutkaiset menetelmät olisivat selkeästi yksinkertaisia menetelmiä parempia.

2.6.3 Theta-malli aikasarjojen ennustamisessa

Alkuperäinen Theta-mallin kuvaus on peräisin vuosituuhannenvaihteesta. Mallin kuvasi alun perin Assimakopoulos ja Nikolopoulos [Ass00]. Kuvaus miellettiin kuitenkin tarpeettoman monimutkaiseksi, mistä johtuen Theta-malli esitettiin uudelleen, yksinkertaisemmassa muodossa, Hyndmanin ja Billahin toimesta [Hyn03]. Theta-malli sai aikasarja ennustusmallina erityistä huomiota, mallin suoriutuessa keskimääräistä paremmin M3-compilation kilpailussa [Mak00]. Erittäin mielenkiintoiseksi Theta-mallin tekee se, että se pärjasi kilpailussa paremmin, kuin monet monimutkaisemmat menetelmät, mm. neuroverkkomenetelmät. Lisäksi mallia pidettiin tuolloin hyvin mielenkiintoisena myös siksi, että sen todettiin vaikuttavan olevan yksinkertainen käyttää, eikä se perustu vahvaan tilastolliseen teoriaan, niin silti se menestyi eri aikajäniteillä ja syötedatoilla äärimmäisen hyvin [Mak00]. Mallin rakenteesta johtuen, sen syötteeksi riittää mallinnettavan aikasarjan historiatieto, vastaavasti kuin muidenkin verrokkina toimivien mallien osalta oli tilanne [Mak00] kilpailussa.

Theta-mallin yksinkertaistetulla esitysmuodolla [Hyn03] pystyivät osoittamaan, että Theta-malli tuottaa itse asiassa saman tuloksen kuin yksinkertainen eksponentiaalisen pehmennyksen eräs laajennettu versio (tässä tapauksessa kyseinen malli oli simple exponential smoothing with drift). [Hyn03] pystyy jopa osoittamaan, että oikein parametrit optimoimalla eksponentiaalisen pehmentämisen menetelmästä voidaan saada Theta-menetelmää parempia tuloksia ennusteen hyvyden osalta. [Hyn03] osoittaa M3-competition kilpailun 645 eri aikasarjaa käyttämällä, he laskevat ennusteen aina kuuden askeleen päähän tulevaan ja laskevat [Mak00] mukaiset virhearviot. He pystyvät näin osoittamaan että optimoimalla drift parametrin, sen sijaan että se asetetaan [Ass00] menetelmän perusmuodonmukaisesti vakioksi, saavutetaan keskimäärin parempia tuloksia.

Erityisen mielenkiintoiseksi ja merkillepantaviksi [Hyn03] havainnot tekee se, että [Mak00] raportoimassa M3-kilpailussa Theta-malli menestyi useita monimutkaisempia menetelmiä paremmin ja itse asiassa [Hyn03] pystyi osoittamaan mallin olevan lopulta ekvivalentti tuloksiltaan yksinkertaisen eksponentiaalisen pehmentämisen mallin kanssa. Mikä vain ennustaa vahvistaa [Mak00] empiirisesti vahvistamaa havaintoa siitä

että yksinkertaiset mallit tuottavat keskimäärin parempia tuloksia, kuin hienostuneemmat mallit.

2.6.4 Hyvän ennustemallin ominaisuuksia

Ensimmäisen M-competition kisan [Mak82] havainto siitä, että ei ole olemassa yhtä menetelmää, joka sopisi jokaiseen tapaukseen parhaiten, vaikuttaisi pitävän edelleen paikkaansa. Mm. [Cro11] mukaan edelleenkaan ei ole löydetty yhtä menetelmää, joka tuottaisi keskimäärin paremman tuloksen kuin muut menetelmät, tilanteesta ja aikasarjasta riippumatta. Samoin mm. [Flo00] mukaan ennustemenetelmien paremmuusjärjestys vaihtelee paljolti tehtävän ennusteen aikajänteen mukaan, joten myöskään tässä mielessä ei voida yksikäsitteisesti määrittää yhtä selvästi toisia menetelmiä paremmin suoriutuvaan ennustemenetelmää. Voidaan kuitenkin määrittää ominaisuuksia, joita hyvässä ennustemallissa olisi hyvä olla, erityisesti käytännön sovellettavuutta silmällä pitäen.

Esimerkiksi [Cle99] mukaan hyvän ennustemallin piirteisiin kuuluu mallin joustavuus ja nopea mukautettavuus suhteessa mallille tuotettavan tiedon tuottamisprosessin muutoksiin. [Cle01] mukaan tyypillisimmät syyt sille, miksi ennustemenetelmät epäonnistuvat aikasarjojen ennusteissa, ovat liian kauas tulevaan tehdyt ennusteet (heidän mukaansa edes monen menetelmän yhdistäminen ei muuta sitä tosiasiaa että pitkälle tulevaan tehtyjen ennusteiden tarkkuus muuttuu väistämättä aikajänteen kasvaessa käytännöllä käyttökelvottomaksi), modernin maailmantalouden taipumus tuottaa kysyntää yllättäviä ja nopeita muutoksia, sekä epäonnistuminen mallin parametrisoinnissa. Kääntäen [Cle01] sanoo että hyvän mallin tulisi olla sellainen, joka sopeutuu nopeasti äkkinäisiin datamuutoksiin, jonka parametrisointi on joko yksinkertaista tai nopeasti mukautettavaa ja että mallin pitäisi tukea päätöksentekijää niin että malliin voidaan tuoda helposti sellaista lisäinformaatiota, jota malli itsessään ei pysty päättelemään perussyötteistä ja/tai informaatiosta jota malliin syötetään. Lisäksi [Cle01] mukaan malli kannattaa pyrkiä pitämään yksinkertaisena, koska hienostuneemmillä malleilla on taipumus ennustaa yksinkertaisempia malleja enemmän ja/tai pidempään väärin, silloin kun syötedatassa tapahtuu merkittäviä poikkeamia [Cle96].

[Hen04] Mukaan eräs tyypillinen ennustamista häiritsevä tekijä on tapahtuma siirtymät, joiden seurauksena hyvienkin ennustemenetelmien suoriutuminen tahtoo jäädä keskinkertaiseksi. Siksi heidän mukaansa onkin erittäin tärkeää kuinka ennustetuloksia tulkitaan. [Hen04] muistuttaa että koska kukaan ei pysty ennustamaan odottamatonta, jokainen ennustemenetelmä epäonnistuu joskus. [Hen04] mukaan mallien välinen ero muodostuu usein siinä, kuinka menetelmä reagoi tällaiseen muutokseen. Jos menetelmä itse tai sen tarjoamat parametrit eivät tarjoa mahdollisuutta reagoida edellä kuvatun kaltaiseen siirtymään, kärsii menetelmä jatkossa systemaattisesta ennustamisvirheestä. [Kor11] mukaan ennustemenetelmä, joka yksinkertaisesti sisällyttää kaikki mahdolliset syötteet itseensä, sisältää riskin siitä että mallista tulee yliparametrisoitu. [Kor11] ehdottaakin että syötteiden osalta tulisi käydä lävitse mahdollisuutta kategorisoida syötteitä eri ryhmiin, esim. hinta-, kysyntä-, ekonomiaryhmä jne. [Kor11] mukaan ennustemenetelmää voi häiritä sen syötteiden vakioisuus. Parametrien painoarvoihin liittyen, mm. Jan J.J. Groen (2009)⁶ mukaan

⁶ J.J.J. Groen, R. Paap, F. Ravazzolo, Real-time inflation forecasting in a changing world, Preliminary Draft, URL: http://www.cide.info/conf/2009/iceee2009_submission_87.pdf

ennustemenetelmiin olisi hyvä rakentaa aikaan sidottu variointi syöteparametreihin menetelmän syöteparametrien painoarvojen siirtymien huomioimiseksi.

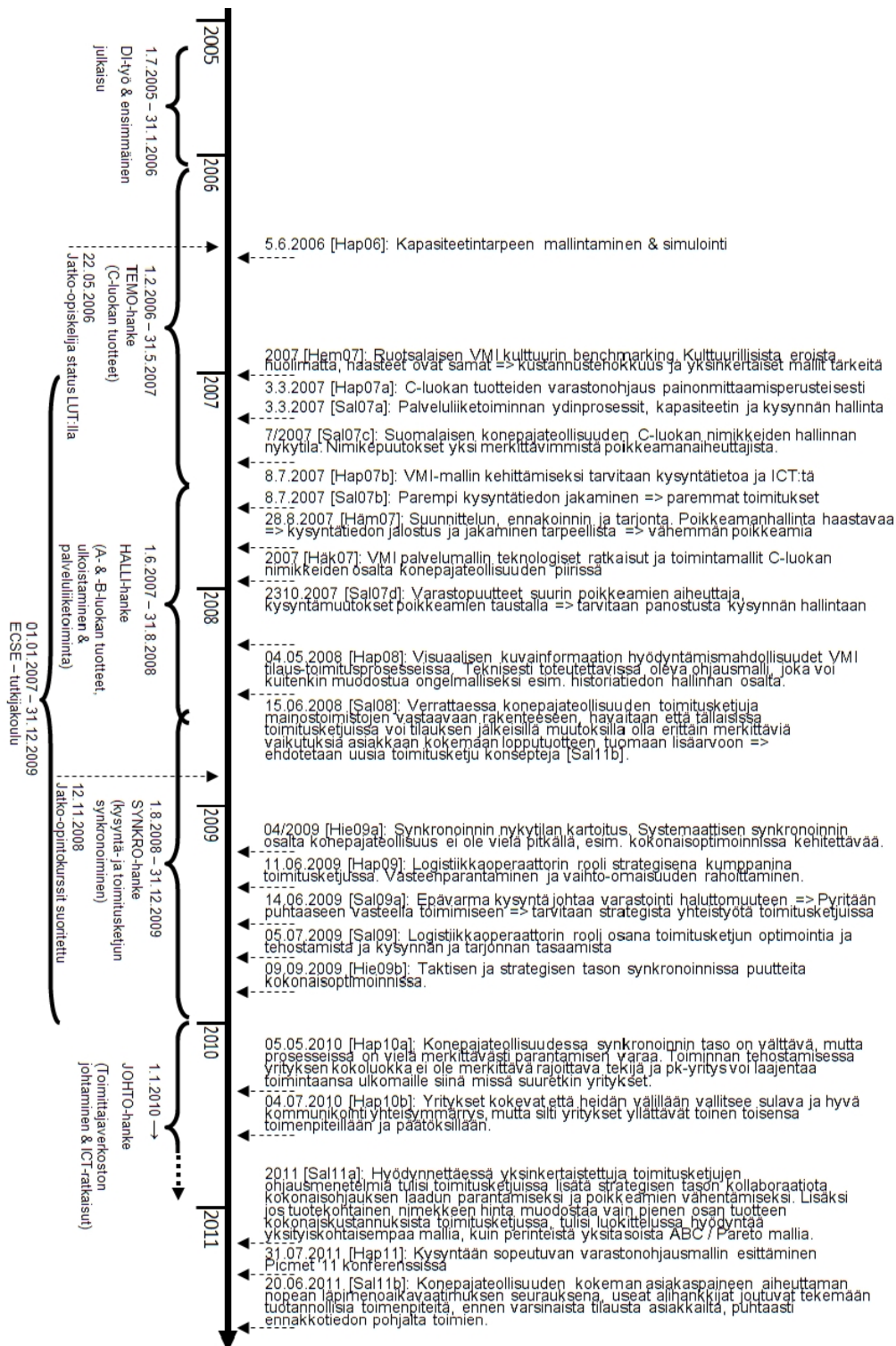
[Mak82] ja [Cro11] havaintoa siitä, että ei ole olemassa yhtä joka paikkaan sopivaa menetelmää, tukee hyvin [Arm01] näkemys siitä, että menetelmiä kannattaa pyrkiä tukemaan asiantuntijan tuomalla hienosäätökokemuksella ja lisäinformaatiolla, millä voidaan pyrkiä paikkaamaan mm. menetelmän tunnettuja heikkouksia, esimerkiksi menetelmän herkkyyttä ylireagoida muutoksiin yms. [Mak82] ja [Cro11] näkemys perustuu siihen, että heidän mukaansa aina on olemassa se mahdollisuus, että tulevassa tapahtuu jotain sellaista mitä yksikään malli ei pysty kunnolla ennakoimaan. Suoritettaessa alaosajan kokemuspohjaisen näkemyksen yhdistämistä mallin ennusteeseen, olisi hyvä huomioida [Lei11] havainto siitä, että ammattimaisilla eksperteillä vaikuttaa olevan liian vahva usko omaan osaamiseen. [Lei11] mukaan usko on jopa niin vahva että vaikka heille on selkeästi tilastollisesti osoitettu että heidän malliin tuoma lisäinformaatio heikentää mallin ennustekykä, he silti yliarvioivat oman näkemyksensä lisäarvoa osana ennusteen muodostusprosessia. Kyseinen näkemys tuntuisi puoltavan sellaista lähestymistapaa aikasarjojen ennakoinnissa, missä pienien poikkeamien ja erittäin spekulatiivisten poikkeamamahdollisuuksien tapauksessa pyrittäisiin luottamaan mallin tuottamana ennusteeseen ja pyrittäisiin välttämään suuria muutoksia mallin tuottamaan ennusteeseen (esimerkiksi yli 10 % muutokset). Tämä [Lei11] havainto vaikuttaisi indikoivan sitä että tuotaessa ihmisen alaosamisesta johdettua tietoa malliin, pitäisi sellaisten muutosten tapauksessa jotka muuttavat mallin tekemää ennustetta radikaalisti olla muodostettu tarkka prosessi siitä kuinka tällaisen muutoksen vaikutuksia, riskejä ja arvioidaan ennen muutoksen tekoa. Vastaavankaltaisen havainnon on tehnyt [Pot01], jonka mukaan osakemarkkinoita ennustettaessa ammattilaiset useimmiten alireagoivat lyhyelle aikajänteelle saadun lisäinformaation vaikutuksia ja yliarvioivat pitkälle aikajänteelle saadun informaation vaikutuksia.

3 Tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten muotoutuminen, sekä tutkimusta tukeneet tutkimushankkeet

Tässä kappaleessa esitetään kronologisessa järjestyksessä tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten muotoutuminen, tutkimukseen liittyvät tutkimushankkeet, tutkimushankkeiden sisältö, sekä tutkijan rooli eri hankkeissa. Kappaleen alussa on esitetty graafisesti, aikajana esityksenä (Kuva 11), koko tutkimusprosessin kattava tutkimushankkeiden ja tutkijan jatko-opintoihin liittyvien merkittävien suoritusten ajankohdat. Lisäksi aikajanelle on merkitty tutkimukselle tärkeitä julkaisuja, julkaisu ajankohtinensa.

Tutkimushankekohtaisesti alikappaleissa esitetään tutkimushankkeen yleinen tutkimusfokus, hankkeen liittymäkohta tälle tutkimustyölle, hankkeen kesto ja hankkeeseen osallistuneet organisaatiot, sekä tutkijan oma rooli eri tutkimushankkeissa. Vaikka yksittäinen tutkimushanke saattaa vaikuttaa, yleiseltä kuvaukseltaan, olevan hieman sivussa tämän tutkimustyön kokonaisfokuksesta, niin tutkijan oma rooli eri hankkeissa on aina ollut sellainen, että tutkimustehtävät ovat tukeneet väitöskirjaprosessin eteenpäinviemistä. Väitöskirjatyön näkökannalta tutkimushankkeiden korkean tason fokus on aina toiminut määrätyn ajanjakson tutkimuksen ydinalueena, tietyille väitöskirjan osa-alueen muotoutumiselle, mahdollistaen syvällisen perehtymisen käsiteltävään tutkimusalueeseen.

Seuraavassa on esitetty kapasiteetin hallinnan tutkimushanke, joka on toiminut tämän väitöskirjaprosessin lähtölaukauksena. Kyseessä oli laskentakapasiteetin ennakoinnin ongelma-alueeseen kuuluva kysynnän ja tarjonnan sovittamisen tutkimushanke, jossa perehdyttiin syvällisesti kapasiteetin hallintaan ICT-sektorilla, tutkien erilaisia menetelmiä ja mahdollisuuksia mallintaa ja tätä kautta myös ennakoida tulevaa kapasiteettitarvetta pohjautuen tunnettuun historiatietoon ja tallennettuun kapasiteettitarpeen muodostavaan kuormitusdataan.



Kuva 11: Tutkimusprosessin aikajanaesitys tutkimushankkeista ja tärkeimmistä julkaisuista

3.1 Kapasiteetin hallinnan tutkimusprojekti. Kapasiteetin hallinta, kapasiteettitarpeen mallintaminen ja tarpeen ennakoiminen

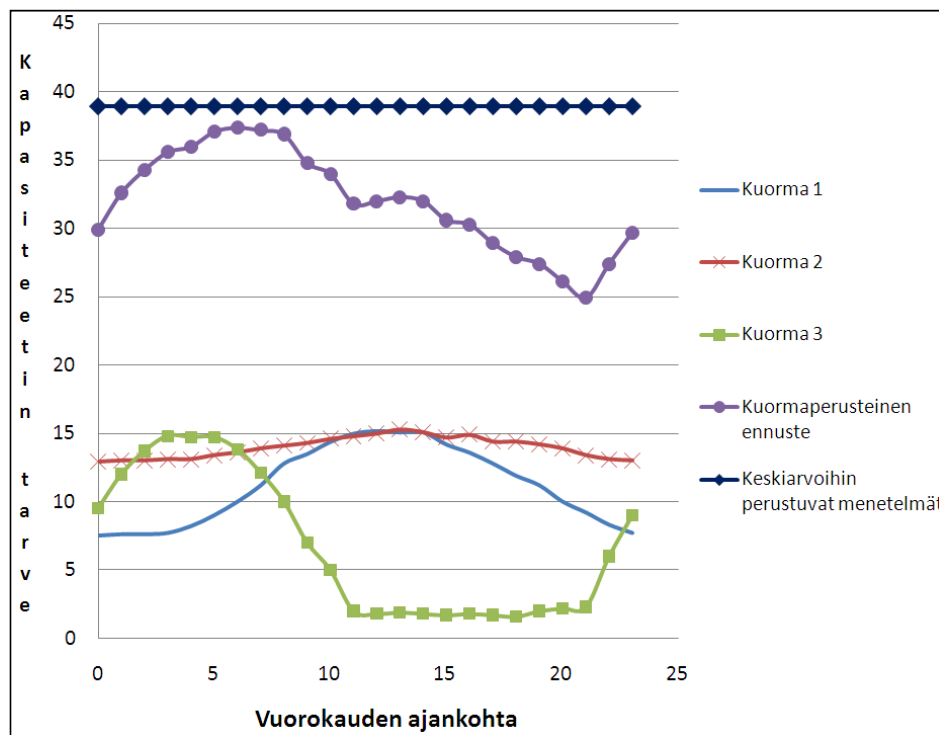
Kysynnän mallintaminen, kysynnän ennakoiminen ja kapasiteetin mitoittaminen sopivassa suhteessa ennakoituun kysyntään, ovat tämän väitöskirjatyön päällimmäisiä teemoja. Yhtäläillä samat teemat olivat päällimmäisinä jo vuoden 2005 aikana tehdyssä kapasiteetin hallinnan tutkimusprojektissa. Tällöin tutkimusprojektin fokuksessa olivat kapasiteetin hallinnan ja kapasiteetin mitoittamisen haasteet. Kyseinen projekti oli tämän väitöskirjatyön tekijän henkilökohtaisesti suorittama tutkimusprojekti. Tässä kyseisessä tapauksessa, palveluntarjoajan täytyi vastata asiakkaan kapasiteettitarpeeseen, hyvällä kustannustehokkuudella ja palvelunlaadulla, ylläpitäen ja hankkien oikea-aikaisesti ja riittävästi lisäkapasiteettia asiakastarpeen mukaisesti, siten että laskentakapasiteetin laitteisto oli asiakkaan omaisuutta. Johtuen kapasiteetin omistusrakenteesta, kapasiteetin tarjoamisesta ei saisi muodostua kohtuuttomia kustannuksia (liikakapasiteetti), mutta toisaalta mitoituksen pitää olla sellainen että asiakkaan palvelunlaatu ei saanut kärsiä. Erityispiirteenä tässä tapauksessa oli lisäkapasiteetin pitkä toimitusaika ja korkea hinta, sekä käyttöönottoprosessin tuotantokäytölle mahdollisesti aiheuttamat keskeytykset, että lisäkapasiteetin välilliset seurannaisvaikutukset mm. kasvavien ohjelmistolisenssikustannusten muodossa (lisenssimaksut perustuivat laskentayksiköiden määrään). Koska lisäkapasiteetti oli asiakaskohtaista, piti hankintapäätös olla kustannuksiltaan perusteltu ja perustelujen piti pohjautua todelliseen tarpeeseen, ei pelkkään koulutettuun arvaukseen. Pitkän toimitusajan lisäksi hankintapäätös hyväksyttiin asiakkaalla, mikä ennustaan lisäsi tarvetta pystyä ennakoimaan kapasiteetin tarve riittävän ajoissa. Johtuen tästä asiakaskohtaisesta erityispiirteestä, kyseisessä tapaustutkimuksessa oli tulevaisuuden tarpeena puhtaan kapasiteettitarve-ennusteen lisäksi tarve pystyä suorittamaan tulevaa palvelunlaatua kuvaava analyysi. Analyysillä asiakas voisi itse osallistua päätösprosessiin painottaen sekä palvelunlaatua omalle organisaatio henkilöstölle, että laitehankinnan taloudellisia seurannaisvaikutuksia. Näin asiakkaalle voidaan antaa mahdollisuus päättää itsenäisesti tahtooko asiakas ottaa riskin viivästetystä lisäkapasiteetin hankinnasta saadun kustannushyödyn ja mahdollisesti jatkossa laskevan palvelunlaadun välillä [Hap06].

Kyseessä oli laskentakapasiteetin oikea-aikaiseen hankintaan ja määrän mitoituksen rajautuva kustannusten, hankintahetken ja palvelunlaadun ristiriidan optimoinnin muodostama ongelma kompleksisessä kuormitusympäristössä. Kyseisessä tapauksessa palveluntarjoajalla oli pitkälle viedyt, asiantuntijakokemukseen pohjautuvat, ennakoimisen käytännöt siitä kuinka kapasiteetin tarve todennäköisemmin tulee muuttamaan lähitulevaisuudessa. Nämä laskelmat oli suhteutettu kapasiteettia kuormittavan ohjelmiston tuleviin muutoksiin ja asiakkaan kaupankäynnin muutosmääriin. Hankala ennakoitavuus tulevan kuormituksen osalta, sekä asiakkaan järjestelmää käyttävien henkilöiden toimintamallien mahdolliset muutokset, joilla voisi olla omia kuormitusmuutoksia seuraamuksiaan.

Tapaustutkimuksessa lähdettiin liikkeelle tilanteesta, jossa käytössä olevat, tulevaa kapasiteettitarvetta ennakoivat mallit, nojoutuivat pitkällä aikajänteellä kehittyneeseen ammatti- ja toimialatuntemukseen. Nämä kapasiteetin tarvekartoitukseen käytetyt mallit pohjautuivat asiantuntijoiden tekemiseen poikkeama ja kuormituspiikkien havainnointiin, keskimääräisiin kuormituslukuihin, sekä laskennallisiin kuormituksen kasvumalleihin. Yleisesti ottaen, kapasiteetin kasvua tarkasteltiin alaosamisen ja

lähihistoriatiedon pohjalta, lineaarisesti approksimoiden lähitulevaisuuden kapasiteettitarvetta.

Kuormituksen tarkastelu tapahtui kokonaisuutena, verraten tarvetta järjestelmän kokonaiskuormitukseen nähden. Tutkimuksessa oletettiin, ettei järjestelmän kokonaiskuormitus muodostu yksittäisestä kuormanlähteestä, vaan monesta eri kuormituslähteestä, joiden kuormalähdekohtaisen mallintamisen kautta pystyttäisiin arvioimaan tulevaa kapasiteettitarvetta paremmin, kuin mihin lineaarisilla malleilla pystyttiin. Kapasiteettitarpeen vuorokauden kokonaistarpeen kartoittamiseksi, tutkimuksessa aloitettiin mallinnus kuormalähdekohtaisesti. Näin pyrittiin selvittämään kokonaiskuormituksen vuorokausittaisesta käyttäytymistä ja syy-seuraussuhteita. Mallinnuksen tavoitteena oli tilanne, jossa eri kuormalähteiden muutoksien vaikutuksia kokonaiskuormaan pystyttäisiin ennakoimaan ja täten ennustamaan lähitulevaisuuden kapasiteettitarve käytössä olevia malleja paremmin. Kuva 12 on yksinkertaistettu esimerkki siitä, kuinka erillisesti mallinnettujen kuormalähteiden kumulatiivinen summa paljastaa enemmän järjestelmän vuorokausittaisesta kapasiteettitarpeesta, eri päivän ajanhetkinä ajanjaksoina, kuin mihin kuormitushuipuihin johdettuihin ja keskimääräisiin kuormiin perustuvalla lineaarisella mallilla päästään.

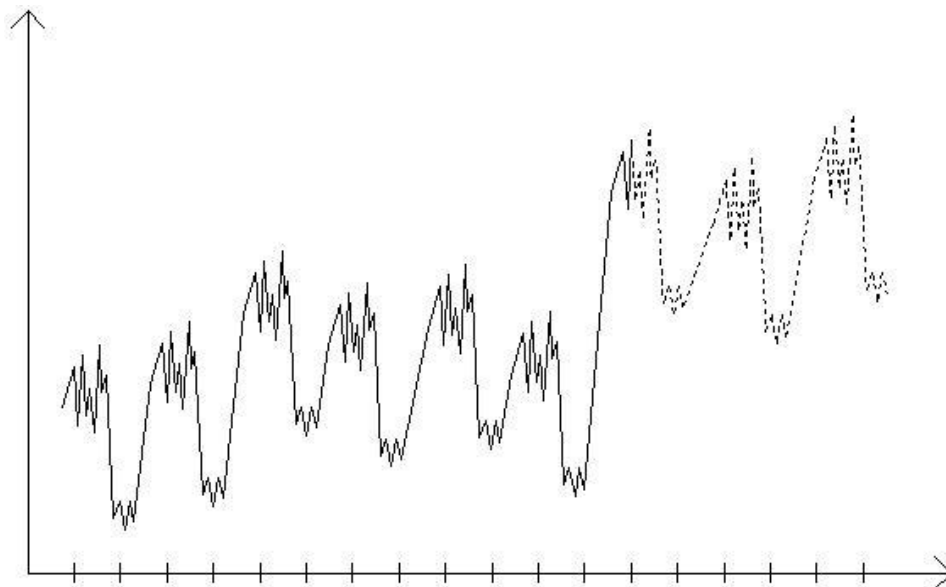


Kuva 12: Mallinnetun kapasiteetin tarve verrattuna ja lineaarisen ennustemalliin

Lisäkapasiteetin tarpeen analysoimisen perusajatus pohjautui kuormitushistoriatiedon analysointiin ja historiatietopohjaisen kuormitusmuutosmallin rakentamiseen. Kyseisessä tapauksessa kuormituksen kuvaamisella ajanfunktiona pyrittiin ratkaisemaan tulevan kapasiteettitarpeen ennakoinnin ongelma, mallintamalla tunnettua kokonaiskuormitusta historiatietoon pohjautuen. Kyseinen tapa mallintaa

laskentakapasiteetin kysyntää valittiin sillä perusteella, että se tarjoaisi jatkossa mahdollisuuden tarvittavan taustatiedon keräämisprosessin ja kapasiteettitarpeen ennakkoinnin automatisoinnille. Lisäksi kyseinen malli muistutti paljon nykyisiä, jo käytössä olevia kapasiteetti ennustemalleja, ja olisi täten tulkinnallisesti nopeasti omaksuttavissa oleva tapa mallintaa tulevaa kapasiteettitarvetta.

Kuva 13 esittää yksinkertaistetun, graafisen mallin siitä, kuinka historiatiedosta (kuvassa yhtenäinen viiva) on aikasarjamallin perusteella johdettu malli tulevalle (katkoviiva). Tapaustutkimuksessa havaittiin että tässä kyseisessä toimiympäristössä, pelkään puhtaaseen historiatietoon pohjautuva malli, ilman kuormalähteiden taustojen selvittämistä, ei käytännössä tulisi kyseeseen, koska mallilla ei pystyttäisi luotettavasti ennakoimaan asiakkaan muuttuvan toimiympäristön vaikutuksia, ohjelmistomuutosten vaikutuksia tai esimerkiksi lisätyn laskentakapasiteetin vaikutuksia järjestelmän kokonaiskuormitukseen.

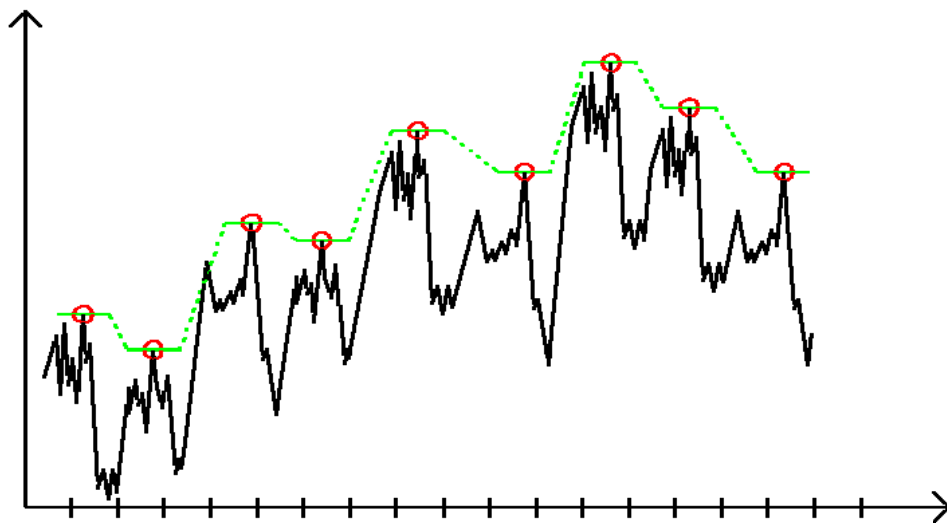


Kuva 13: Kuormitushistorian mallintaminen aikasarjana historiatiedon pohjalta

Edellä mainittuihin haasteisiin vastaamiseksi, mallinnuksessa pyrittiin kuormakohtaiseen lähestymistapaan. Tässä lähestymistavassa, järjestelmän kuormitusdataan tehtiin hyvin yksityiskohtainen analyysi, jossa koko järjestelmän suorittama tapahtumahistoria (ennakkoon rajatulta aikaväliltä) läpikäytiin tapahtuma tapahtumalta lävitse, luokitellen eri tapahtumat omiin kuormalähteisiinsä. Näin pystyttiin muodostamaan yksittäistä kuormalähdettä kuvaava historiatieto, sekä muodostamaan osa-kuormista summattu kokonaiskuormitus. Koska tapahtumahistoriatieto sisälsi kuormalähdetiedon lisäksi yksittäisten tapahtumien vaatiman suoritusajan, mahdollisti kuormituslähdekohtaisen datan kerääminen jatkoanalyysissä kuormituslähdekohtaisten muutosten (esim. ohjelmistopäivitys, joka vähentää tietyn kuormituslähteen toimenpiteiden suoritusaikaa 20 %), sekä laskentakapasiteettimuutosten kokonaisvaltaisen arvioimisen.

Tällä mallinnusratkaisulla pyrittiin siihen, että jatkossa, eri kuormalähteisiin tehtävät muutokset, (esimerkiksi raskaiden eräajojen aiheuttaman kuorman suoritusajankohtien siirrot tai henkilöstön koulutuksen ja toimintaprosessien muutosten kautta tapahtuvien henkilöstöriippuvien kuormapiikkien siirtyminen), voitaisiin mallintaa osana kokonaisjärjestelmän kuormitusmuutos analyysiä. Näin kokonaiskuormituksen osakuormajyvityksellä ja kuormakohtaisella mallilla pystyttiin mallintamaan järjestelmän lähitulevaisuuden tuntitason kuormitusta ja erilaisten osa-kuormiin kohdistuvien muutosten vaikutuksia kokonaisuuteen. Hyödyntämällä toimialaosajien lähitulevaisuuden muutosnäkyviä, mallin parametrimuutosten kautta pyrittiin saamaan kokonaisnäkemystä tuleviin kapasiteetin kausipiikkeihin.

Kuva 14 esittää yleistä mallia siitä, kuinka pitkän aikajänteen historiatiedosta (viikko / kuukausitaso) pyrittiin hakemaan kuormitushuippujen kautta kokonaisnäkemystä järjestelmän kuormanmuutoksista suhteessa vuodenaikaan. Toisin sanoen, yhdistämällä tutkimuksen alussa sovellettua järjestelmänkuormalähteiden analyysiä ja jälkepäin rakennettua osa-kuorma analyysiä yhtä aikaa, pyrittiin lineaarisia malleja luotettavampaan kokonaiskapasiteettitarpeen ennakkotietoon. Näin päivätasolla mallinnetusta kapasiteettitarpeesta pyrittiin pääsemään malliin jolla selitettäisiin sekä kuormituslähteiden muutokset, että järjestelmään kohdistuvat kausittaiset kuormitusmuutokset. Historiatiedon kokonaisuutta hyödynnettäisiin käytännössä siten, että pitkän aikajänteen historiatiedosta saatavalla kausittaisuutostiedolla (esimerkiksi ohjelmiston muutoksen keskimääräinen prosentuaalinen vaikutus yleiskuormaan) modifioitaisiin lyhyen aikajänteen historiatiedosta johdettua osa-kuormien kapasiteettitarve mallia.

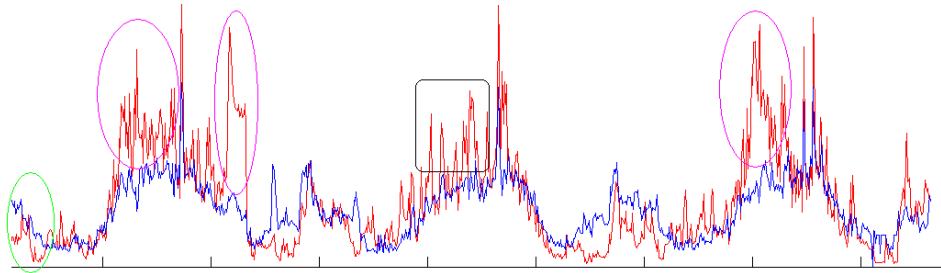


Kuva 14: Pitkän aikajänteen historiatiedon hyödyntäminen kapasiteettitarpeen kausiprofilin mallintamiseksi

Käytännössä tutkimustapauksen ja tutkimukseen varatun aikarajoitteen takia hankkeen aikana tavoitteesta ehdittiin toteuttamaan kuormitustapahtumien jaottelu ja kuorman mallintaminen, sekä analysoiminen suhteessa todellisesta järjestelmästä mitattuun kuormaan nähden. Tässä vaiheessa työtä, tapaustutkimuksessa toimineessa yrityksessä tehtiin yritystasolla uudelleenjärjestelyjä, sekä linjattiin organisatorisia tavoitteita ja

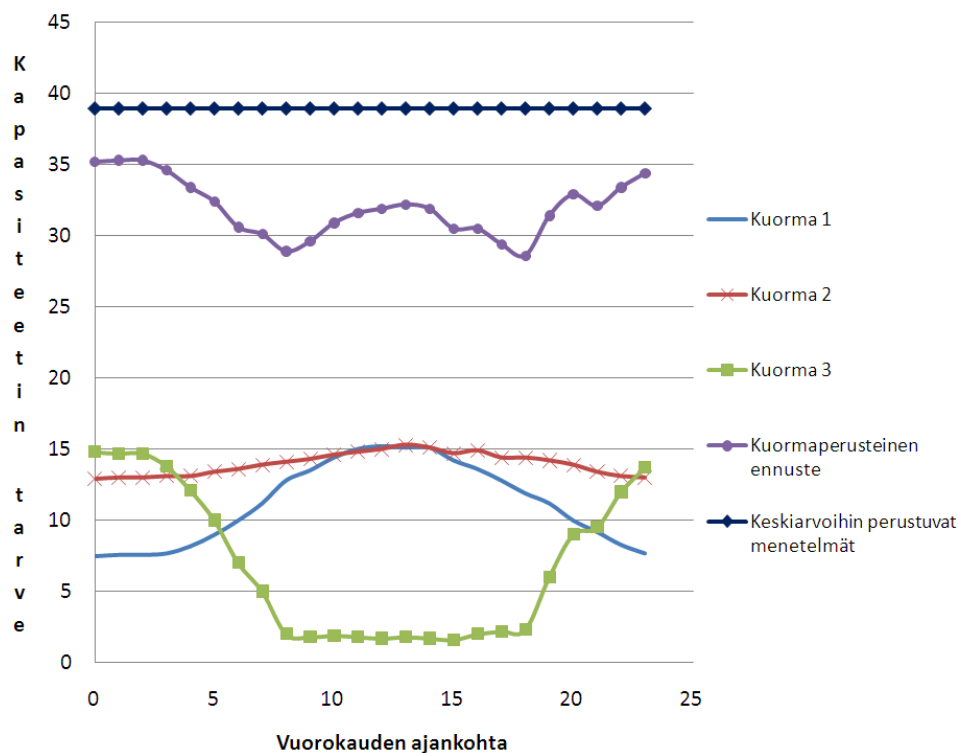
sisäisiä tutkimuspanoksia ja tutkimusfokuskohтия siten, ettei mallinnusprojekti enää voitu jatkaa alkuperäisen suunnitelman mukaisesti eteenpäin.

Kuva 15 esittää tutkimuksen lopussa tehtyjä malliperusteisia simulaatioita, joissa analysoitiin mallinnetun kuormituksen ja mitatun kuormituksen eroja, sekä pyrittiin tuomaan esille mitatun ja mallinnetun kuormituksen eroja. Kuvaa analysoitaessa, ensimmäinen poikkeama huomataan aivan mallin alussa (merkitty vihreällä ovaalilla). Lähes jokaisessa mallinnetusta kuormitusajossa, verrattuna järjestelmästä mitattuun todelliseen kuormaan, havaittiin vastaavankaltainen poikkeama mallin alussa. Tämä poikkeama tulkittiin tyypilliseksi mallin ns. alustusajan poikkeamaksi joka on hyvin yleinen poikkeamamuoto mallipohjaisessa simulaatiossa. Seuraavia suuria poikkeamia edustavat purppuralla ovaaleilla merkityt kohdat. Nämä melko suuret, mallinnetun kuormituksen ylittävät järjestelmäkuormat, oletettiin järjestelmäasiantuntijoiden toimesta muodostuvan järjestelmän muiden komponenttien rajoitteista (esimerkiksi levyjärjestelmät ja/tai käyttöjärjestelmän verkkoliikennetoimenpiteet). Edellä mainittujen järjestelmä ja mallinnus piirteiden tuntemuksella selitettävissä olevien poikkeamien lisäksi, mallissa ja mitatussa kuormassa huomattiin myös sellaisia poikkeamia, joita ei pystytty selkeään yksikäsitteisesti selittämään millään tietyillä tekijöillä (musta laatikko). Jälkeenpäin mallia ja kuormitusdataa analysoitaessa arvioitiin, että nämä poikkeamat saattoivat johtua sellaisista tekijöistä / osa-kuormista järjestelmässä, joita ei pystytty mittaamaan oikein ja/tai sitä ei pystytty tallentamaan osaksi tapahtumahistoriatietoa.



Kuva 15: Mallinnettu kuormitus (sininen viiva) verrattuna mitattuun kuormaan (punainen viiva)

Käytännössä, vaikka tutkimushankkeessa ei päästy alkuperäisen suunnitelman mukaisesti loppuun saakka, toteuttaen täysin tutkimuksen alkuperäisiä tavoitteita, toimi ko. tapaustutkimus erittäin hyvänä lähtökohjana jatkotutkimukselle, vaikka kaikki seuraavat tutkimushankkeet siirtyivätkin laskentakapasiteetin mallintamisen piiristä logistiikan ja varastojen hallinnan osa-alueille. Tästä tapaustutkimuksesta opittiin mm. se, että vaikka malli olisi näennäisesti suhteellisen yksinkertainen, pystytään mallilla kuitenkin esittämään hyvinkin monimutkaisen järjestelmän yleispiirteitä, mikä tässä tapaustutkimuksessa oli kapasiteetin ostoprosessin kannalta yksi tärkeimmistä tavoitteista. Hyvä käytännön esimerkki siitä, kuinka yksinkertaisestakin mallista voi olla suuri apu ohjauksen käytännönmuutosten analysoimiseksi ja päätöksenteoksi tarjoaa Kuva 12. tarkastelemalla kuvassa olevien kuormalähteiden päivittäistä jakaumaa havaitaan että jos kuormaa 3 voitaisiin siirtää aikajänteellä tapahtuvaksi hieman aikaisempaan ajanhetkenä, päästäisiin alla olevan (Kuva 16) kaltaiseen tilanteeseen (oletetaan ko. kuormalähteen johtuvan esim. päivittäisestä tietokannan uudelleen organisointi ja varmuuskopiointi toimenpiteistä).



Kuva 16: Kapasiteettisumman muutos kuormituksen aloitusajankohdan siirron jälkeen

Kyseinen tapaustutkimus oli tutkimuksellisesti erittäin opettava (opit koottu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 1)), koska tutkimushanke nosti mallinnuksen tyypilliset haasteet selkeästi näkyville ja osoitti sen ettei hyväkään lähdedata välttämättä takaa varmaa onnistumista mallintamisessa, vaikka se toimiikin erinomaisena lähtökohtana. Jatkotutkimuksen kannalta tästä hankkeesta tärkeimpinä oppeina olivat mm.:

Taulukko 1: Kapasiteetin hallinnan hankkeesta tähän väitöskirjatyöhön opittua

Tutkimustyötä havainto	edistävä	Oppi havainnosta
Hyödynnettäessä osana lähitulevaisuuden tarvetiedon muodostusprosessia tarkastelu pelkästään yhdessä tasossa tuottaa usein harhaanjohtavia johtopäätöksiä.	historiatietoa	Kokonaisuuden mallintamiseksi tarvitaan esim. sekä mikro- että makrotason historiatiedon huomioimista, lisäksi toimialaosaamisen hyödyntäminen mallissa on eduksi.
Kysynnän tehostaa mallintamista.	luokittelu kysynnän	Esim. kysynnän aiheuttavien kysyntälähteiden erottelu kysynnässä voi mahdollistaa kysyntädatan perusprofiilin muodostamista, suodatettaessa erottelun seurauksena havaitut poikkeamakysyntälähteet yleiskysynnästä erilleen.
Historiatiedon käsittelyssä		Aikaikkunoiden valinta on tehtävä joka kerta

tarkastelun aikaikkuna ja menetelmässä käytetyt aikaikkunat vaikuttavat merkittävästi menetelmän tuloksiin ja menetelmän toimivuuteen	tapaus- ja toimialakohtaisesti. Valinnassa on pyrittävä huomioimaan niin tuotteen elinkaaren vaikutus aikaikkunoiden valintaan, kuin myös tuotteen tai tuoteryhmän kysynnän tyypilliset vaihteluvälit
Mallin parametrien määrä vaikuttaa niin mallin toimivuuteen, käytettävyyteen kuin myös mallin ylläpitoon, yleiseen hyväksyntään ja ymmärrettävyyteen.	Liian vähäinen parametrimäärä voi johtaa malliin joka ei täytä tarkoitustaan tai kuvaa kunnolla todellista tilannetta. Suuri parametrimäärä ja hyvin yksityiskohtainen malli tarkoittaa merkittävästi työläämpää ylläpitoa ja suurempaa kulurakennetta. Liian monimutkainen ja vaativa malli voi johtaa hyvänkin mallin käyttämättä jäämiseen.
Mallin helppo oppiminen ja nopea omaksuttavuus ovat merkittäviä tekijöitä pk-sektorille.	Tutkimuksen mukaan, suurten yritysten tapauksessa mallit ja menetelmät voivat olla monimutkaisempia ja niiden omaksumiseen saa viedä enemmän aikaa kuin pk-sektorin tapauksessa. Toisin sanoen mallin yksinkertaisuus tuntuisi korreloivan merkittävästi siihen päätyykö malli käytössä olevin päivittäin hyödynnettävien työkalujen joukkoon vai ei.
Syy-seuraussuhteiden ymmärtäminen toimii onnistuneen mallintamisen kivijalkana	Toimialaosamista ja kokemuspohjaista osaamista, niin keskijohdon, kuin myös käytännön toimijoiden keskuudessa tulisi pyrkiä hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti jo heti mallinnusprosessin alussa. Osaamisen hyödyntäminen tyypillisesti vähentää mallin iteratiivisten korjauskertojen kokonaismäärää.

3.2 Tutkimushanke Temo - C-luokan tuotteiden varastonhallinta ja ICT-ratkaisut

Kapasiteetin hallinnan tutkimushankkeen päättyessä, vuodenvaihteessa 2005–2006, tutkija siirtyi tietoteknisen kapasiteetin hallinnan ongelmakentän tutkimuksesta logistiikan kapasiteetin hallinta ongelmien puolelle. Vaikka itse tutkimusalueessa tapahtuikin merkittävä muutos, niin tutkimuksessa kohdattavat perustavaa laatua olevat kapasiteettimitoituksen tutkimukselliset haasteet säilyivät hyvin samankaltaisina. Vastaavasti kuin edellä kuvatussa kapasiteetin hallinnan tutkimushankkeessa, myös tässä kappaleessa käsiteltävässä TEMO -tutkimushankkeessa oli tavoitteena pystyä mitoittamaan varastossa oleva kapasiteetti mahdollisimman oikein suhteessa kysyntään, minimoiden samalla toimituskustannukset ja ylläpitokustannukset, pyrkien kuitenkin välttämään palvelunlaadun heikentymistä, joka voisi olla seuraamus parametrisonmuutoksesta.

TEMO hankkeessa tutkimuksen kohteena olivat C-luokan (taloudellisessa mielessä) nimikkeiden (tyypillisinä esimerkkinä mm. pultit, ruuvit, mutterit yms. erilaiset kiinnitystarvikkeet ja pieniarvoiset komponentit) varastonhallintaan ja varastokapasiteettien mitoittamiseen liittyvät problematiikat ja mahdolliset ICT-ratkaisut, joilla ongelmaan voitaisiin vastata. Kapasiteetin hallinnan tutkimushankkeeseen verrattuna TEMO-hankkeessa laskentakapasiteetin mitoittamisen

sijasta mitoitettiin varastoitavien tuotteiden nimikekohtaista määrää, komponenttien / tuotteiden tilaushetkeä ja toimituserämääriä. Tässä tutkimuksessa pyrittiin vastaamaan nimike kysyntään sopeutetulla varastolla, muokkaamalla varastoitavien tuotteiden hyllytysmääriä ja tilaushetkiä suhteessa asiakkaan tuotannon tuotekohtaiseen komponenttitarpeeseen. Siinä missä huonosti mitoitettu laskentakapasiteetin määrän seurauksena asiakkaan palvelunlaatu kärsii, koetaan varastojen mitoituksen saralla vastaavantyyppinen palvelunlaadullinen ongelma, tässä tapauksessa ongelmaksi muodostuvat puutetilanteet [Sal07c], kokoonpanotyön keskeytyminen, sekä puutetilanteista aiheutuvat poikkeamatilanteet ja niihin liittyvät selvittely ja järjestelytoimenpiteet.

Vaikka tutkimuksen toimiala ja tutkimus kenttä muuttuivat, niin itse tutkimustyö jatkui edelleen kapasiteetin mitoittamisen, kapasiteetti mallinnuksen ja ratkaisumallien kehittämisen saralla, teknologisia ja tietojärjestelmäpohjaisia ratkaisuvaihtoehtoja tutkien. Alla on esitetty pääkohdat itse tutkimushankkeesta, mm. hankkeen ajankohta, hankkeeseen osallistuneiden yritysten ja tiedonantajien toimialat / roolit toimitusketjussa, hankkeen keskeisten asioiden kuvaus, sekä tutkijan oma rooli tutkimushankkeessa. Hankeen esittelyn ohessa tuodaan esille hankkeen väitöskirjalle tuomat keskeisimmät löydökset.

Tutkimushankkeen tavoite & toteutus:

TEMO-hankkeen tutkimuksellisenä tavoitteena oli kehittää mobiilipohjainen VMI-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori, sekä rakentaa toimiva prototyypijärjestelmä käytännön VMI-sovelluksia varten. Prototyypijärjestelmäksi valittiin varastohyllyihin asennettava vaakajärjestelmä, joka punnitsee tavaramääriä jatkuvasti ja lähettää Internetin kautta mobiiliteknologioihin perustuen saldotietoja tavarantoimittajalle. Näiden pohjalta luotiin lisäksi VMI-toiminnan kustannusmalli, jonka pohjalta tehtiin vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi.

Tutkimushankkeeseen osallistuneet yritykset:

- Teollisuuden C-luokan komponenttien toimittajat
 - Yhteensä 4 eri isoa alan toimijaa, jotka toimittivat asiakkailleen mm. kiinnitystarvikkeita, voiteluaineita, työvälaineitä yms. nimikkeitä, jotka yleisesti luokiteltiin asiakkaiden puolesta C-luokan tuotteiksi. Tutkimushankkeen tapaustutkimuksina toimivat asiakkaat olivat konepajateollisuuden toimialalta.
- Konepajateollisuutta palvelevia logistiikkaoperaattoreita
 - Hankkeeseen osallistui, yllämainittujen komponenttitoimittajien lisäksi, pääosin logistiikkaoperointiin erikoistuneita yrityksiä. Logistiikkaoperaattoreiden rooli tutkimushankkeessa oli tuoda omaa osaamistaan ja alakohtaista näkemystä erilaisista olemassa olevista ohjausmenetelmistä, sekä tuoda näkökantaa siihen kuinka hyvin hankkeessa kehitettävät menetelmät voisivat käytännössä toimia esim. heidän asiakaskunnassaan.

- ICT-palveluntarjoaja
- Tavarantoimittajien ja logistiikkaoperaattoreiden lisäksi hankkeeseen osallistui 1 suuri ICT palveluntarjoaja, jolla on pitkän ajan kokemusta teollisuuden ERP- ja inbound- / outbound-logistiikan järjestelmistä. ICT-palveluntarjoajan rooli tutkimushankkeessa oli antaa oma näkemyksensä erilaisten toimintamallien käytännön sovellettavuuden ja toteutettavuuden välillä.
- Konepajateollisuuden toimijat: kokoonpanoyritykset, tavarantoimittajat, logistiikkaoperaattorit, ohjelmisto-palveluntarjoajat, yms.
 - Edellä mainittujen päätiedonantajien lisäksi hankkeeseen osallistui pienemmässä tiedonantoroolissa suuri joukko yksittäisiä konepajateollisuuden piirissä toimivia organisaatioita, yrityksiä ja palveluntarjoajia. Kyseiset toimijat olivat joko suorassa asiakastoimittaja suhteessa hankkeissa mukana olleisiin pääyrityksiin tai heidän nimettiin pääyritysten toimesta oman osa-alueensa merkittävimiksi osajiksi.

3.2.1 Tutkimushankkeen kuvaus

TEMO- tutkimushankkeessa pyrittiin kehittämään yleistettävissä oleva mobiili-pohjainen VMI-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori, asiakkaan ja toimittajan luotettu kolmas osapuoli. Hankkeessa pyrittiin luomaan sellainen sovellutus, jota voitaisiin operoida ASP-palveluna tai sen operoinnista voisi vastata itse asiakas tai toimittaja. Hankkeen tavoitteena oli pyrkiä luomaan perustaa uudelle, mobiili-pohjaiseen VMI-malliin perustuvalla, liiketoiminnalle. Hankkeessa nähtiin että liiketoimintaa voisi kehittyä kahta eri reittiä pitkin. Toisaalta operaattori voisi kehittää palvelutyypin ASP-liiketoiminnan toimintamalleja ja toisaalta teollisuus saisi uusia mahdollisuuksia kansainvälistymiseen toimintaan tietotekniikkaan pohjautuvan ohjausjärjestelmän avulla. Hankkeen rahoittavat osallistujayritykset, Tekes sekä VTT. Hanke oli osa Tekesin VAMOS-tekniologiaohjelmaa.

Tutkimuksen alussa selvitettiin VMI-toiminnan teoreettisia lähtökohtia perustuen CPFR-filosofiaan (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment), erityisesti koordinoinnin ja kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamisen, sekä käytännön suorittamisen osalta. Tutkimushankkeen transaktiokustannusteoriaan paneutuvasta osasta vastasi tutkimuksen kumppaniorganisaatio VTT. Koordinoinnilla tarkoitetaan tässä tapauksessa [Mal87] määrittelemää koordinointia, jossa *“koordinointi on päätöksenteon ja kommunikoinnin malli niiden toimijoiden välillä, jotka suorittavat tehtäviä tavoitteiden saavuttamiseksi”*

CPFR:n osalta tutkimuksen fokuksessa olivat erityisesti CPFR:n neljän toiminnon joukosta toiminnot toiminnon kaksi (kysynnän ja tarjonnan yhteen sovittaminen) alla olevat tehtävät (3 (Myynti- ja tarjousennuste) ja 4 (Tilausten suunnittelu / ennustaminen), sekä toiminnon kolme (suorittaminen) alla olevat tehtävät 5 (Tilausten syntyminen) ja 6 (Tilausten täyttäminen). Hankkeen muiden tutkijoiden paneutuessa näihin osa-alueisiin ja tuottaessa niistä tietoa hankkeen käyttöön, myös väitöskirjatyön tekijä pääsi tutustumaan ko. osa-alueisiin, vaikkeivät ne hänen vastuulla varsinaisesti TEMO-hankkeessa olleetkaan. Erityisesti toimintoon kysynnän ja tarjonnan yhteen sovittaminen perehtyminen antoi hyvää perusnäkemystä tämän väitöskirjatyön ytimen

rakentumiselle. Tämä perusnäkemys johti mm. ajatukseen että toimitusketjua tulisi pyrkiä aina katsomaan kokonaisuutena, huomioiden myös yrityksen seinien ulkopuoliset tapahtumat ja pyrkien vähintäänkin tukemaan omalla toiminnalla toimitusketjukumppaneita, jos ja kun joissain toimintaympäristöissä kokonaisuoptimointi verkostotasolla on johtamismallilla käytännössä estetty.

Vaikka tutkimuksen aikana saatiinkin viitteitä siitä että toimitusketjuissa pyritään ottamaan myös toimitusketjun lähikumppanit huomioon, mahdollisuuksien mukaan, niin tällainen toiminta ei kuitenkaan vaikuttanut olevan teollisuudenalalle tyypillinen yleinen peruseräite. Muun muassa monet alihankkijat näkivät tilanteet, joissa päähankkija puhui jopa verkostotason yhteistyöstä, edelleen perusrakenteellisesti ostajamyyjä välisenä suhteena. Mikä on hyvin linjassa esim. [Hol05] näkemykseen siitä, että toimitusketjun kokonaisjohtaminen ja toimitusketjuna kilpaileminen on vielä käytännön toimitusketjuissa vähäistä. [Hol05] mukaan pioneeriyritykset käyttävät erilaisia strategisia kollaboraatioaloitteita, kuten VMI (Vendor managed inventory) ja CPFR (Collaborative planning, forecasting and replenishment), parantaakseen toimitusketjuna kilpailukykyä, mutta yleisesti valtavirtayrityksillä kollaboraatioaloitteiden käyttö on vähäistä. [Hol05] mukaan valtavirtayritykset tavoittelevatkin toimitusketjun johtamisella strategisten hyötyjen sijasta taktisia hyötyjä kuten kustannussäästöjä.

Konsepteihin ja teorioihin perehtymisen lisäksi hankkeessa perehdyttiin myös varastohallinnan teknologioihin ja tutkimuksen aikaisiin käytännön hyllytysmalleihin ja prosesseihin, erityisesti hankkeen tavoitteena ollut prototyyppijärjestelmän rakentamista silmälläpitäen. Prototyyppijärjestelmäksi valittiin varastohyllyihin asennettava vaakajärjestelmä, jossa tavaranmäärän arvioiminen perustuu jatkuvaan punnitsemiseen ja punnitus/määrätiedon välittämiseen Internetin kautta, mobiiliteknologioihin perustuen, saldotietona toimittajalle. Lisäksi selvitettiin kameran ja kuvantunnistuksen mahdollisuuksia varastojen etävalvonnassa.

Edellä esitettyjen lisäksi VMI-tietojärjestelmän perusfilosofiaa ja rakennetta kehitettiin sekä luotiin korkean tason rakennekuva järjestelmästä. Näiden pohjalta luotiin lisäksi VMI-toiminnan kustannusmalli, jonka pohjalta tehtiin vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysiä.

Yhteenvedona voitiin todeta, että mobiiliteknologioiden hyödyntäminen näyttää olevan taloudellisesti kannattavaa ja että merkittäviä teknologisia esteitä toteutukselle ei ole ja että toteutuksen taloudellinen kannattavuus oli paljolti järjestelmän alkuinvestointi ja ylläpitokustannuksista, sekä asiakasmäärästä ja suhteellisen tiheästä täydennysfrekvenssistä riippuvainen.

3.2.2 Tutkijan rooli TEMO-tutkimushankkeessa

Tässä tutkimushankkeessa väitöskirjatyöntekijä toimi tutkijan roolissa ICT-teknologia ratkaisujen käytännön soveltuvuudelle mobiili-pohjaisissa VMI-malleissa, sekä vastasi myös projektissa toteutetun automaattisen C-luokan hyllypalvelujärjestelmän demonstraatiokonseptin suunnittelijan ja käytännön töiden ohjaajan rooleista. Tutkimuksen päätavoitteiden lisäksi, väitöskirjatyöntekijä perehtyi C-luokan nimikkeiden tekniseen tilaus-toimitusprosessin hallintaan myös visuaalisen ohjaamisen näkökannalta prosessia tarkastellen mm. tutkimalla erilaisia mahdollisuuksia hyödyntää kamerateknologiaa osana saldotarkastusprosessia. Näiden tutkimushankkeen pääroolien johdosta hankkeessa syntyi mm. seuraavat väitöstyön toimintamallia edistäneet julkaisut

[Hap07a], [Hap07b], [Hem07], [Sal07b], [Sal07c]. Hankkeen muut vastuulliset tutkijat väitöskirjatyön kotiorganisaatiossa ja tutkimushankkeen yhteistyöorganisaatiossa vastasivat mm. CPFR:n soveltuvuuden tutkimisesta konepajateollisuuden C-nimikkeiden hallinnan toimiympäristöihin, sekä palveluliiketoiminnan ydinprosesseihin muun muassa kysynnän hallinnan osa-alueella, että VMI-tyyppisten palvelumallien poikkeamien hallinnan osa-alueilla, mistä syntyi mm. seuraavat julkaisut [Häk07], [Sal07a], [Häm07], [Sal07d].

Teknologisilla ratkaisuilla ja toimintamallimuutoksilla, pyrimme kehittämään konepajateollisuudelle ja sitä palvelevalle logistiikkaoperaattorisektorille uusia palvelumalleja, jotka mahdollistaisivat teollisuuden alan kokeneiden toimihenkilöiden siirtymisen itse kokoonpanotyöhön heidän vapautuessaan käyttämästä työaikaansa varastoinnin ja sisäisen logistiikan tehtäviin. ICT-ratkaisujen osalta kehitystavoitteena olivat sellaiset ratkaisumallit, jotka tarjoaisivat reaaliaikaisen näkymän varastojen tasoihin, niin toimittajalle, kuin asiakkaallekin. Lisäksi ratkaisujen pitäisi tarjota mahdollisuuksia erilaisille poikkeamatilanteiden hallintamenetelmille, kuten toimipisteiden välisille varastosiirroille ja pikatoimituksille lähimmästä varastopaikasta josta kriittisellä rajalla olevan nimikkeen kysyntätarve saadaan väliaikaisesti täytettyä.

Tutkimusprojektin aikana (vuosina 2006–2007) konepajateollisuuden kasvu oli hyvin nopeaa (vuosittainen liikevaihdon kasvu toimialalla oli jopa 30–40% luokkaa). Tuotantokapasiteetin lisääminen koettiin suureksi haasteeksi, koska osaavaa henkilökuntaa ei ollut koko konepajateollisuuden tarpeeseen nähden riittävästi saatavilla. Etenkin tässä haastavassa markkinatilanteessa, erilliset automaattoratkaisut nähtiin alalla mahdollisuudeksi tuoda helpotusta henkilöstötarpeeseen, henkilöstö resurssien vapautuessa automaation huolehtimilta osa-alueilta.

TEMO-hankkeen tavoitteena oli luoda yllä kuvattuun tilanteeseen konseptitason ratkaisuja, C-luokan nimekkeiden saldotiedon ja kotiinkutsujen automatisoimiseksi etävalvonnanjärjestelmällä. TEMO-hankkeessa paneuduttiin C-luokan nimekkeiden kustannusongelmaan (itse tuotteen arvo on suhteellisen vähäinen verrattuna siihen sitoutuviin hallinnollisiin ja logistisiin kustannuksiin), koska C-luokan nimikeryhmässä nähtiin olevan suurin yksittäinen nimike massa jonka ohjaukäytäntöjä nykyaikaistamalla voitaisiin saavuttaa suuria työaika säästöjä automatisoinnilla.

TEMO-tutkimushankkeen aikana konepajateollisuuden huomattavan suuri kasvunopeus aiheutti osalla päähankkijoita käytännön tuotantotila. Kapasiteetin kasvattamisessa tulivat vastaan tilojen fyysiset rajat. Osittain tästä syystä osa logistiikkaoperaattori – päähankkija pareista olivat ajautuneet C-luokan tuotteiden hyllypalvelumalleissaan tilanteeseen, jossa operaattori vieraili hyvin tiheässä tahdissa asiakastiloissa valvoen varastotasojä, hyllyttäen tilauksia ja tehden uusia tilauksia. Fyysisten tilarajoitusten takia (asiakastiloissa) toimittajankustannukset joko kasvoivat tiheän asiakastiloissa suoritettujen hyllyjen valvonnan takia tai vaihtoehtoisesti jouduttiin toimimaan ns. riskirajoilla varastokapasiteetin riittävyyden ja palvelunlaadun ylläpidon suhteessa.

TEMO-hankkeen aikana löydettiin joitain jo olemassa olevia, hankkeen ideologiaa myötäileviä teknisen saldotiedon etävalvonnan ratkaisumalleja, mutta useimmat näistä oli suunnattu A- tai B- luokan tuotteille C-luokan tuotteiden sijaan (esimerkiksi viljasiilojen⁷, kaas- ja nestevarastojen⁸, sekä autoteollisuuden yms. pienkomponenttien

⁷ Skyway Grain Systems Inc., Grain Storage Management Tools, URL: <http://www.skywaygrain.com/>

komponenttien etävalvontaratkaisuja⁹). TEMO-hankkeen lähes päättyessä päästiin tutustumaan ensimmäistä kertaa Suomessa koekäyttöön otettuun C-luokan pientavaran nimikekohtaisen painonmittaamiseen perustuvaan hyllytyyppiseen etävalvontaratkaisuun. Kyseinen valvontajärjestelmä oli tekniseltä ratkaisutavaltaan hyvin tarkoitukseensa soveltuva, mutta siihen suoraan kytköksissä olleet, kolmannen osapuolen ohjelmistot ja palvelumallin koekäytön aikaiset tietoliikenne- ja viestinvaihtojen laskutusmallit eivät olleet vielä jalostuneet parhaiten C-luokkaan sopiviksi (laskutus perustui vaihdettujen viestien määrään, mikä nostaa helposti järjestelmän käyttökustannukset merkittävän suuriksi suhteessa C-luokan tuotteiden hankinta-arvoon nähden, etenkin kun toimialan asiakkaat tarvitsivat nopeaa hyllytysfrekvenssiä). Kuva 17 kuvaa tyypillistä pientarvikkeen laatikkoa, sekä etävalvonnassa käytettävää tasovaaka ratkaisua. Riippuen valvottavien tuotteiden kokoluokasta vaa’an ulkonäkö ja rakenne voi vaihdella paljonkin. Eräänä merkittävä haasteena, vaaka-tekniikkaan perustuvissa malleissa, voi osoittautua vaa’an päällä olevaa astiaa lastatessa hetkelliset suurehkot kuormituspiikit, jotka saattavat ylittää moninkertaisesti kuorman staattisen painon ja hajottaa näin herkän mittalaitteen. Tämä on vain yksi monista teknologisen ratkaisujen tyypillisistä haasteista jotka on otettava sekä hyllyttäjien koulutuksessa, että vaakojen kestävyyttä / käytettävyyttä mietittäessä huomioon.



Kuva 17: Pientavaran vaakatekniikkaan perustuva langattoman punnituslaitteiston mittausslaitteet (kuva lähteestä URL: <http://www.visibleinventory.com/ibin.html>, tarkastettu: 09.11.2009)

TEMO projektin jo päättyttyä, vuonna 2008 Loadstar Sensors lanseerasi iVMI¹⁰ -konseptinsa kapasitanssiin perustuvien vaakaratkaisujen ympärille. Kyseessä oli valmistajan tiedotteiden mukaisesti kokonaisvaltainen kappaletavaran komponenttien etävalvontaratkaisu, johon kuuluu valmiiksi mietitty hyllytys / täydennysprosessin kokonaisprosessi ja asiakaskohtaisesti räätälöidyt, prosessia tukevat ohjelmistot (LoadVUE software). Esimerkiksi tämän palvelumallin yhteydessä toimittaja mainosti huomattavia kustannussäästömahdollisuuksia (URL: <http://www.loadstarsensors.com/inventory-by-weight.html>, tarkastettu 28.11.2011):

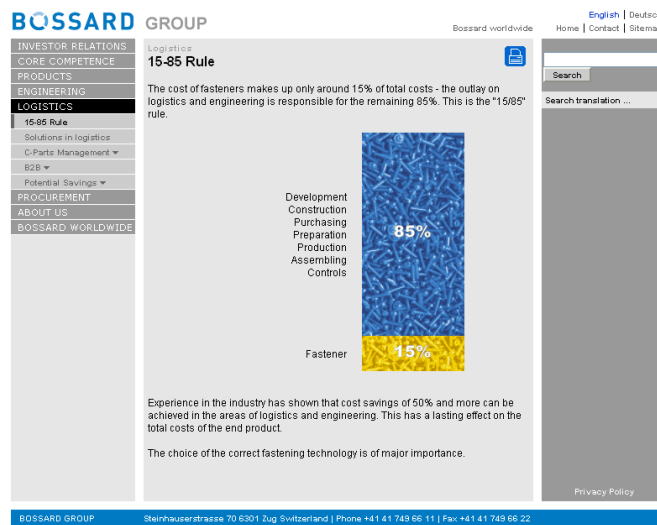
”Our weight based inventory management solution will automate the process of bin tracking and inventory replenishment at remote customer sites. This automated system will save an average-sized part supplier 50%-75% over current point-of-use inventory management techniques”

⁸ Crane Wireless Monitoring Solutions (WMS), MicroObserver Ground Surveillance Systems, URL: <http://www.cranewms.com/>

⁹ Visible Inventory, Inc., SuppliLinkTM software & iBinTM Series Hardware, URL: <http://www.visibleinventory.com/products.htm>

¹⁰ Loadstar Sensors, Inc. iVMITM - The Smart vendor managed inventory solutions, URL: <http://www.loadstarsensors.com/pr-ivmi.html>

Vastaavankaltaisia, huomattavia kustannussäästö mainintoja ja C-luokan tuotteiden hallintaan ja käsittelyyn liittyviä kustannusten jakautumista itse tuotteen arvon ja käsittelykustannusten välillä oli (ainakin tutkimushankkeen aikana) esillä useiden palveluntarjoajien julkisissa Internet ja lehti julkaisuissa näkyvillä (niin kotimaisissa, eurooppalaisissa, kuin myös globaaleissa mainosmateriaaleissa). Esimerkiksi Kuva 18 osoittaa Bossardin näkemyksen siitä kuinka 85 % C-luokan kiinnitystarvojen kustannuksista koostuu jostain muusta kuin tuotteen varsinaisesta arvosta. Väitteen lisäksi Bossardilla puhutaan ns. 15–85 säännöstä, jonka mukaisesti 15 % tuotteen kokonaishinnasta olisi itse varsinaisen kiinnitystarvikkeen arvoa (keskimääräisesti) ja kaikki loput 85 % muodostuisi mm. seuraavista toiminnoista hankinta, logistiikka, kehitys, valmistelu, asettelu, jne. kustannukset.



Kuva 18: Bossard 15–85 kustannusjakauma näkemys kiinnitystarvikkeiden tuotteen arvon ja logististen kehittämiseen liittyvien kustannusten jakautumisesta (lähde Bossard Oy:n www-sivut, URL: http://www.bossard.com/index.cfm?app_page_id=3111.1 , Tarkastettu: 07.09.2011)

Eriyisen mielenkiintoisiksi nämä näkemykset teki se, että vaikka näkemys esitettiin yleisesti, suurin piirtein samalla kustannusrakennejakaumalla, useiden palveluntarjoajien toimesta (monessa eri muodossa ja eri tavoin esitettynä), niin TEMO-hankkeen aikana tutkijoille ei tullut vastaan sellaista tieteellisiä artikkeleja, jossa olisi syvällisesti tutkittu ja käytännön mittauksilla tai ennen - jälkeen vertailuanalyysillä osoitettu ko. näkemyksiä käytännössä todenpitäviksi. Toisaalta tutkijoille ei tullut vastaan myöskään yhtään sellaista tutkimusta, jossa kustannusrakenteen jakauman näkemys olisi näytetty paikkaansa pitämättömäksi.

Tutkimuksellisesti kustannusrakenteen jakauman tarkka selvittäminen olisi tuonut yhden lisätyökulun manuaalisen ja automaattisen hyllysaldojen valvontatyön kustannusten vertailun saralle. Eriyisesti jos nimikkeiden osalta olisi pystytty tarkasti määrittämään varsinaisen logistisen työn osuus kokonaisuudessa. Koska tätä tietoa ei tutkimushankkeen aikana ollut saatavilla, tehdyssä analyysissä pyrittiin yleiseen kustannusrakennemalliin, jota testattiin VMI-mallin manuaalista hyllytyspalvelua tarjoavan alan merkittävän toimijan johtohenkilökunnalla. Mallin avulla pyrittiin saamana yleiskäsitys siitä pystytäänkö teknisestä valvonnasta aiheutuvat investointi ja

ylläpito kustannukset kattamaan ollenkaan, joissain tapauksissa, useimmiten vai mahdollisesti lähes jokaisessa asiakastapauksessa manuaalisen työn vähentymisen myötä saatujen säästöjen muodossa. Kustannusanalyysin, käytännön toimintamallin kenttätutkimisen ja kehitetyn ideologisen mallin kustannusten yleisarvion pohjalta hankkeessa päädyttiin lopputulokseen että pelkästään C-luokan tuotteiden etävalvontaa automatisoitaessa voidaan joissain tapauksissa odottaa kustannussäästöjä manuaaliseen malliin verrattuna. Yleistettävänä löytönä havaittiin että automaattisella valvonnalla saavutettavat edut näyttäisivät olevan mallin sallimien uusien kysyntätietoon pohjautuvien palveluiden (kysyntäanalyysit, tarve vs. saatavuusriskianalyysit), optimointi ratkaisujen (esim. hyllypaikkojen uudelleen sijoittaminen fyysisen hyllytystyön nostosuoritusten määrän ja käyttäjien ottohelppouden yhteisoptimoimiseksi), sekä mahdollisesti taloudellista etua tuovien useaan tilauspisteeseen perustuvien mallien kautta paremmin realisoitavissa, kuin pelkästään automatisointiprosessiin nojautumalla.

3.2.3 Tyypillinen teollisuuden VMI-palvelun hyllytysmalli

Tässä esitetään tyypillisen C-luokan VMI-hyllypalvelumallin korkean tason prosessikuvaus.

- 1) Asiakas suorittaa toimitiloissaan kokoonpanoa, joissa sijaitsevat myös palveluntarjoajan C-luokan nimikkeiden tuotehyllyt.
- 2) Kokoonpanijat käyttävät hyllyistä kiinnitystarvikkeita yms. pieniarvoisia nimikkeitä, kysyntää seuraten näennäisen sattumanvaraisesti, omien työtehtäviensä vaatiman tarpeen mukaisesti.
- 3) Toimittajan hyllyttäjä saapuu toimipisteeseen ennalta laaditun aikataulun mukaisesti, hyllyttää mukanaan tuomansa, aiemmin tilatut, nimikkeet ja tarkastaa samalla hyllyjen nimikkeiden nykytasot. Hyllyttäjä kirjaa ja tekee tilaukset tarvittaville nimikkeille seuraavaa täydennyskertaa varten.
 - a. Silmämääräisessä tarkastamisessa on havaittavissa mm. seuraavat ongelmat. Tilaaminen tapahtuu niin myöhään, että satunnaiset kulutuspiikit kuluttavat tuotteen loppuun ennen toimituskierrosta (nimikkeen määrästä ei ole olemassa mitään tietoa hyllytyskierron väliaikana)
 - b. Toisaalta tilataan yleisluontoisesti "liian aikaisin", minkä seurauksena keskimääräinen varastosaldo on jatkuvasti ylimitoitettu tarpeeseen nähden.
 - c. Yksittäinen tuote voi jäädä jollain tilauskerralla tilaamatta, koska silmämääräisesti arvioitavia tuotteita on helposti sadoittain, jopa tuhansia, päivää kohden. Tämän takia joissain palvelumalleissa on päädytty määrittämään tilauspiste siten että se huomioi tämän ns. kertaluontoisen inhimillisen erehdyksen sekä mahdollisesti jo edellisellä tarkistuskerralla tehdyn silmämääräisen arvion tilaamatta jättämisestä, vaikka tarkasti mitattuna tuote olisi jo ollut tilausrajalla. Moninkertainen varmistaminen voi johtaa liian korkeisiin varastotasoihin.

- 4) Asiakas käyttää tuotteita oman toimintamallinsa mukaisesti hyllytyskierroksen välissä
- 5) Hyllyttäjä tulee seuraavalle täydennyskierrokselle, täydentää hyllyihin edellisellä kerralla tilaamansa tuotteet ja kaikki sellaiset tuotteet jotka on jo aiemmin tilattu, mutta joita ei voitu aiemmin toimittaa (esim. tuote loppu väliaikaisesti toimittajan varastosta)

Ongelmalliseksi manuaalisen mallin tekee se, että mallissa joudutaan olettamaan että kulutus on tahdotulle tuotekohtaiselle täydennysfrekvenssille vakioluontoinen. Toisin sanoen mallissa joudutaan olettamaan että kysynnän määrät tasaantuvat laskennallisen täydennysfrekvenssin aikaikkunan sisällä. Mallissa kaikkia tuotteita hallitaan saman ideologian pohjalta, eli parametristo määräytyy jokaiselle tuotteelle laskennallisesti samalla tavalla, vaikka tuotekohtainen kysyntäkäyttäytyminen voi olla merkittävän erilaista eri tuotteilla. Manuaalisessa mallissa havaittiin tutkimushankkeessa parametruston päivittämiseksi yleistettävissä oleva piirre, jonka mukaan parametreja ei päivitetty selkeän prosessin mukaisesti (päivityksiä tehtiin pääosin vain ongelmatilanteiden jälkeen, joissain yksittäisissä asiakastapauksissa oli kuitenkin sovittu kerta vuodessa tapahtuvasta parametrin katselmuksesta). Lisäksi manuaalisen mallin perusongelmana nähtiin sen perusrakenteellinen piirre, jonka mukaan tarjonta ei vastaa kysyntää. Manuaalimallissa toimitaan varmuusvarastojen varassa. Automaattimallissa tarjontaa sovitettaisiin jatkuvasti kysyntään (tarpeeseen) ja pyrittäisiin ketterään toimintaan ilman kallista manuaalisyötä (järjestelmät hoitavat maksimaalisen osuuden sovituksesta). Toisin sanoen manuaalimallissa toiminta perustuu melko staattisiin parametreihin ja vakio prosessiin, automatisoinnissa taas pyrittäisiin synkronoimaan toimituksia kysyntään mahdollisimman hyvin huomioiden samalla palveluntarjoajan kustannustehokkuus ja palvelun hinta asiakkaalle. Näiden käytännön prosessin havaintojen ja ryhmähaastattelujen kautta esille nousseiden päivittäisen toiminnan parantamiskohteiden kautta hankkeessa siirryttiin automatisoidun etävalvontamallin suunnitteluun. Tässä väitöskirjatyössä, käytettäessä termiä synkronointi, termillä tarkoitetaan seuraavaa (määrittäminen on johdettu [Kam08] – määrittämisestä):

Synkronoinnissa, jokainen synkronointiin liittyvä yritys / osasto / verkostotoimija muuttaa, yhteisesti muiden osapuolten kanssa, avaintekijöiden osalta prosessejaan yhteistä tavoitetta kohden pyrkien. Avaintekijöiksi synkronoinnissa nähdään informaatio-, materiaali- ja rahavirrat, joiden muutoksilla pyritään yhtenäiseen toimitusketjun linjaukseen koko liiketoimintaa harjoittavassa toimitusketjussa.

Artikkelissaan [Kam08] Kambil jakaa synkronointiongelmat lähtökohtaisesti kuuden eri ongelma ajurin (eng. driver) alle (uncertainty, ambiguity, complexity, volatility urgency, different principal-agent incentives), Taulukko 2 avaa lyhyesti ko. ajureiden selitteellisen merkityksen. Ongelmien yleisenä seuraamuksena voidaan nähdä olevan taloudelliset tappiot, joko menetetyt myynnit kautta tai epäsynkronisen toiminnan vaikutuksena (esimerkiksi tehdään hankinta väärän / puutteellisen tiedon pohjalta). Synkronointiongelmiin vastaamiseksi synkronoinnilla pyritään parantamaan kokonaisuutta, perusideologisesti siten että yhdenkään osatoimijan osalta muutos ei johtaisi nykytilaa huonompaan tilanteeseen. Tässä seuraa se, että tuotekohtainen voitto voi heikentyä, kunhan esim. vuosittain mitattava kokonaistulos paranee (voidaan saavuttaa mm. lisääntyneen myynnin kautta synkronointitoimenpiteiden seurauksena). Pyrkimys vertautuu suoraan Pareto-optimin teoriaan, pyrittäessä etsimään sellaisia

vaihtoehtoja, monen synkronointimahdollisuuden joukosta, joiden osalta kokonaisuus paranee eikä yksikään osamuuttuja (esim. yksittäisen toimijan tulos) heikkene.

Taulukko 2: Synkronoinnin ongelmien ajureiden lyhyt kuvaus

Ajuri	Ajurin nimi Eng. / Suomi	Määrittäminen SYNKRO hankkeen mukaisesti
1	Uncertainty / Epävarmuus	Aiheutuu mm. tiedonpuutteesta ja erilaisista nykytilakäsityksistä.
2	Ambiguity / Moniselitteisyys	Kaikilla sidosryhmillä ei ole selvyyttä saatavilla olevasta tiedosta, kuinka sitä tulkitaan tai kuinka tietoon tulisi reagoida.
3	Complexity / Monimutkaisuus	Variaation määrä prosessien sisällä ja niiden väleillä. Kuvaa myös rajapintojen monimutkaisuutta ja prosessien lopputulosten vaikeaa ennustettavuutta.
4	Volatility / Epävakaisuus	Kysynnän vaihtelut, kausittaiset muutokset, yllättävät muutokset (esim. hinnoittelupolitiikan muutokset kilpailijoilla).
5	Urgency / Kiireellisyys	Yksittäiseen prosessiin kohdistuva paine, joka näkyy kiireenä vastata tarpeeseen, kuvaa myös prosessin kykyä mukautua tarve muutoksiin ja vastata nopeasti muuttuneeseen tarpeeseen.
6	Different Principal-agent incentives / Eroavaisuus	Kuvaa eri toimijoiden ristiriitaisia tavoitteita, ns. ”ristivetoa” ja osaoptimointia toimitusketjussa.

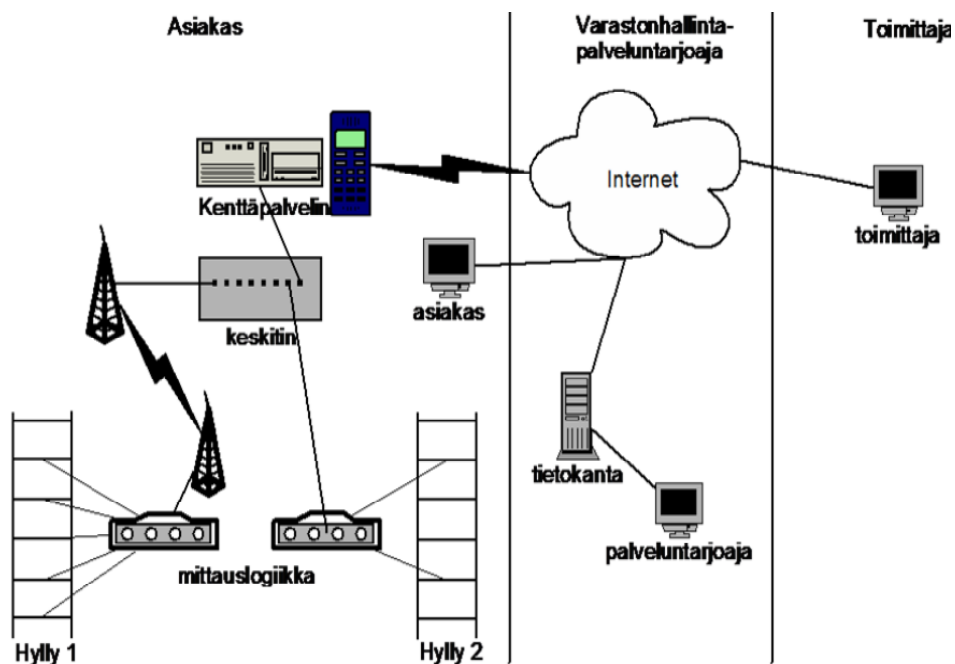
3.2.4 VMI-palvelumallin ideologia automatisoituna & etävalvottuna

Tiivistetysti ilmaistuna manuaalinen VMI malli on aikaa vievää ja siihen sisältyy paljon vaiheita, joissa voidaan tehdä tyypillisiä inhimillisiä erehdyksiä (mm. unohdetaan kirjauksia, tehdään sama kirjaus useaan kertaan, tehdään merkintöjä väärälle asiakkaalle / tuotteelle jne.), jotka johtavat toimitus / saatavuus poikkeamiin. Toisaalta manuaalinen VMI malli on yleiseltä luonteeltaan äärimmäisen joustava, mukautumiskykyinen ja tässä mallissa palveluntarjoaja on näennäisen helposti vaihdettavissa asiakkaan toimesta, jos asiakas kokee palveluntarjoajan palvelunlaadun ja/tai palvelukyvykkyyden riittämättömäksi. Monissa tutkimushankkeen aikaisissa yrityshaastattelussa tämä toiminnan helppous ja mukautumiskyky nähtiin yhtäläillä tärkeiksi tekijäksi kuin kustannussäästöt jotka teknisillä varastohallintakeinoilla olisi mahdollisesti voitu saavuttaa.

Hankkeen aikana kehitettiin tieteellisiin julkaisuihin ja yrityksissä, sekä heidän asiakkaidensa tiloissa tehtyjen kenttähavaintojen, sekä toimittajilta ja asiakkailta saatujen haastattelutulosten pohjalta etävalvottu, vaakateknologiaan pohjautuvan, VMI-toimintamallin ideologia. Kuva 19 esittää tämän toimintamallin tutkimushankkeen aikaista yleistä rakennetta, toteutuksen peruskomponenttien osalta. Kuvassa olevia toimipisteiden / laitteistojen välisiä tiedonsiirtoon käytettyjä väyliä ei ole nimetty yksikäsitteisesti, koska erilaisiin asiakastapauksiin voidaan soveltaa useita eri vaihtoehtoisia tiedonsiirtoväyliä, joilla jokaisella on omat hyvät ja huonot puolensa.

Koko konseptissa perusideana oli muuttaa manuaalinen, visuaaliseen varmistamiseen perustuva nimikkeen varastotasojen valvonta ja hyllytystarpeen tarkastamisprosessi

etävalvontatyypiseksi. Etävalvontaratkaisussa asiakaskäynneille olisi ollut tarvetta vain nimiketäydennysten yhteydessä, sekä mahdollisten poikkeamatapausten selvittelyn yhteydessä. Tarvittavien asiakaskäyntikertojen vähentämisen lisäksi etävalvontajärjestelmä olisi mahdollistanut toimitusten paremman ajoittamisen suhteessa todelliseen tarpeeseen. Reaaliaikaisen varastotasojen seurannan myötä, asiakkaalle olisi voitu tehdä ns. ennakkotäydennystä kysyntätiedon ja varastotason toisiinsa vertaamisen kautta (pyrkien välttämään puutostilanteita ennakoivalla toimintamallilla). Tilauspistemallin ja ennakoivan täydentämisen yhteismallilla voidaan omalta osaltaan vähentää asiakastiloissa vierailujen vuosittaista kokonaismäärää ja täten lisäksi toimintamallin kustannustehokkuutta manuaaliseen VMI hyllypalvelumalliin verrattuna. [Hap07a]



Kuva 19: Vaakateknologiaan perustuvan VMI-konseptin ideologinen kuvaus

3.2.5 Väitöskirjatyötä tukevat havainnot TEMO-hankkeesta

Alla on koottu tiivistettyyn taulukkomuotoon (Taulukko 3) TEMO-hankkeen tärkein anti tälle tutkimustyölle. TEMO-hanke toimi väitöskirjan tutkimusalueen tarvetiedon muodostajana. Tämän hankkeen kautta saatiin melko tarkasti rajattua pääpiirteissään pk-sektorin konepajateollisuuden yritysten yleiset ohjaushaasteet ja tarpeet tuleville ohjausmenetelmille.

Taulukko 3: TEMO-hankkeen anti väitöskirjatyölle

Teema	Tutkimushavainto	Rajoitteita ja tarpeita väitöstyössä kehitettävälle menetelmälle
Yksinkertaisen toimintamallin	VMI mallissa toimittaja vastaa hyvin materiaalin	1. Parametrien päivitystiheys on liian harva suhteessa teollisuuden

toimivuus	saatavuudesta ja riittävydestä asiakkaan toimipisteessä	<p>kapasiteetin muutoksiin</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Parametrien päivittäminen tapahtuu vain ongelmatilanteissa tai ylimalkaisesti vuositasolla 3. Kysyntätietoa ei kerätä jatkuvasti => parametrystoa ei voida päivittää automaattisesti 4. Ne tekniset ratkaisut joita tutkimushetkellä oli tarjolla C-luokan tuotteille, eivät tukeneet ”kaikenkokoisia ja näköisiä” tuotteita
Palvelukonseptit	Logistiikkaoperaattoripalveluiden keskittyminen yhteen nimekeryhmään (C-luokka), ei vastaa asiakastarvetta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asiakkaat tarvitsevat kokonaisvaltaisen ratkaisumallin. Malli joka tukee koko sisääntulo- tai ulosmenovarastojen sopeuttamisen kysyntää vastaaviksi
Tilaus-toimitusprosessin automatisointi	Pelkästään prosessin automatisointi ei yksinään riitä ratkaisemaan C-luokan tuotteiden varaston-ohjaus problematiikkaa (investointi laitteisiin ei ollut tutkimushetkellä taloudellisesti kannattavaa saavutettavaan etuun nähden)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Automatisoinnin lisäksi tarvitaan muutos kokonaisprosessiin 2. Kysyntätiedosta pitää johtaa uutta tietämystä päätöksenteon tueksi 3. Varastojen investointitarvetta täytyy pystyä vähentämään merkittävästi 4. Tilaus-keräily-toimitus-vastaanotto-prosessien manuaalisia työvaiheita täytyy eliminoida 5. Kysyntätiedosta täytyy pystyä johtamaan analyysitietoa esim. varastojen tarvitseman lattiapinta-alatarpeen muutosten ennakoimiseksi 6. Tarpeettomien varastoitavien tuotteiden poistaminen palvelumallista automaattisten analyysien kautta 7. Toimitusajankohtien optimointi asiakasverkostossa

<p>Havainnot käytössä olevien ohjausmallien osalta</p>	<p>Hankkeen aikana ei löydetty yhtään C-luokan ohjausmallia, jossa yksittäiselle tuotteella olisi käytetty useaa tilauspistettä</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usean tilauspisteen malli tukee yhdenpisteen malleja paremmin asiakaskohtaista toimituserien yhdistämistä ja parantaa näin tehokkuutta. 2. Logistisen kokonaistehokkuuden optimoimiseksi usea tilauspiste mahdollistaa jakelujoneuvon paremman täyttöasteen jakelureittikohtaisesti => palvelumallin tehokkuus ja kustannusrakenne paranee
<p>Ohjausideologiat ja algoritmit</p>	<p>Ohjausmallin täytyy olla yksinkertaisesti ja helposti ymmärrettävä, vähän manuaalista työtä vaativa ja sen täytyy tukea vaihtelevia kysyntämalleja</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ohjausmallin yksinkertaisuus helpottaa toimijoiden keskinäisen yhteisymmärryksen muodostumista ja parantaa näin toimitusketjun kokonaistoimintaa 2. Yksinkertainen ja helposti muokattava ohjausmalli vähentää tarvetta käyttää aikaa ohjaamiseen ja jättää näin enemmän aikaa tuottavan työn tekemiseen 3. Mahdollisimman aikaisessa vaiheessa toimitusketjua tapahtuva tulevan tarve muutoksen jakaminen antaa toimitusverkostolle aikaa mukautua muutoksiin 4. Muutoksien määrää ja ajoitusta täytyy kontrolloida, jotta verkoston toimintakykyä ei tukita jatkuvilla muutoksilla 5. Tehokas kysynnän ennakointi vähentää asiakkaan puutetilanteiden määrää 6. Yhdistetään tilauspistemenetelmä (hyvin tunnettu), ennakoivaan täydentämiseen, jolloin voidaan vähentää vuosittaista täydennyskertamäärää => tehollinen työaika paranee

3.2.6 TEMO-hankkeen käytännön havainnot ja jatkotutkimuksiin siirtyminen

Automatisoidun C-luokan nimikkeiden varastotason ja tilausmenettelyn moninaisista eduista huolimatta TEMO-hankkeen aikana kokeilussa ollut automaattinen varastonohjausjärjestelmä jäi tutkimushankkeen aikaisessa muodossaan kokeiluksi, eikä se siis päätynyt täysimääräisessä muodossaan tuotantokäyttöön. Niin tutkimushankkeeseen osallistuneet tutkijat, kuin hankkeessa mukana olleet ICT- / logistiikkaoperaattoritkaan, eivät pystyneet nimeämään yksittäistä syytä sille, miksei automaattinen etävalvottu hyllytysjärjestelmä, huolimatta sen selkeistä eduista manuaaliseen malliin verrattuna, saanut odotettua kysyntää asiakkaiden joukosta. Hankkeen aikana päädyttiin olettamaan, logistiikkaoperaattoreiden asiantuntijoiden kanssa käydyissä ryhmähaastatteluisa, että pitkälle vietyjen automatisoitujen C-luokan varastonhallintajärjestelmiin teknisesti liittyvien alkuinvestointikustannuksien ja osittain tuntemattomien ylläpitokustannusten arvioitua suuremmaksi kasvamista pidettiin asiakaskentässä liian suurena riskinä. Jokainen asiakas odotti että joku toinen olisi toiminut alueella pioneerina. Toisaalta osassa keskusteluja kävi ilmi että asiakkaat osittain karsastivat ajatusta siitä että heidän ”vähäarvoisia” tuotteita hallittaisiin erittäin teknisten (asiakkaiden näkökannalta asiaa katsottuna) laitteiden avulla. Osittain ajatusta kummeksuttiin siksi että arvokkaampienkaan tuotteiden osalta ei välttämättä käytetty näin pitkälle automatisoituja menetelmiä ja toisaalta ajatusta vierastettiin siksi että automatisoinnin ajateltiin sitovan asiakasta liikaa yhteen toimittajaan.

Vaikka hankkeen ideologia ei toteutunutkaan täysimuotoisena, ilmestyi hankkeen aikana ja sen jälkeen etävalvontaan fokusoituneita erikoisratkaisujen toimittajia, joilla oli mm. saatavilla etävalvontatäydennyksen piirissä olevia ratkaisua konepajateollisuuden pienten mutta arvokkaiden työkalujen VMI-toiminnassa. Etävalvonnan etuihin voitiin mm. kulutusosien käytön määrä henkilöä kohden (etävalvonta järjestelmä oli rakennettu siten että käyttäjä kuittasi henkilökohtaisesti ottamansa tuotteet etävalvontapisteellä). Tutkimuksen aikana vastaan tulleet etävalvontapisteet olivat rakenteeltaan ulkoisesti tyyppillisten virvoitusjuoma-automaattien näköisiä tarjontapisteitä¹¹, jossa on asiakaskohteeseen sopiva käyttöliittymä henkilön tunnistamista varten (esim. kulkukortin lukija, näppäimistö numerokodeja varten tms.¹²).

Tutkimushankkeen havaintojen ja käytännön kenttätutkimuksen yhteydessä merkille pantujen haasteiden, sekä logistiikan ammattilaisten kanssa käytyjen ryhmähaastattelujen yhteenvedona hankkeen päättyessä päätettiin siirtyä tutkimaan pelkän C-luokan nimikkeiden ohjaamisen sijasta arvokkaampia A- ja B-luokan nimikkeitä hyödyntäen C-luokan nimikkeiden ohjauksen haasteista opittuja hyviä käytäntöjä ja ratkaisumalleja. Sekä asiakkaiden, että logistiikkaoperaattoreiden kanssa käydyissä keskusteluissa tuli ilmi, että asiakkaat toivoisivat operaattoreilta kokonaisvaltaisia varastonhallintakonsepteja, joissa yhdistyisi sekä pieni-, että suuriarvoisten tuotteiden kokonaisvaltainen ohjaaminen. Tässä kokonaisuudesta muodostui hyvin mielenkiintoinen tutkimushaaste, jota alettiin tutkia TEMO-hanketta seuranneessa HALLI-hankkeessa (Hankintalogistiikan ulkoistus palveluliiketoimintana konepajateollisuudessa).

¹¹ Tutkimushetkellä kyseisentyypisiä tuotteita ja palvelumalleja tarjosi Autobar Oy, Tuotenimillä ToolBar ja OfficeBar

¹² Autobar Oy:n lyhyt kuvaus ToolBar ratkaisusta. URL: <http://www.autobar.fi/pdf/Toolbar%202009%20kevyt.pdf>

TEMO-hankkeen aikana konepajateollisuuden ja sitä palvelevien operaattoreiden, sekä ICT-toimijoiden piiristä oli siis löydetty tarve kehittää viitekehys koko tuotekirjon hallintaan ja tuotteiden kysyntämallien hahmottamiseen, sekä työkalu strategisen päätöksen tekemiseen varastonhallintapolitiikan ja varastointi parametrien asetantaan. Tämän tarpeen selvittämiseksi tutkija siirtyi HALLI-hankkeeseen, jossa varastojen ohjaamista ja teollista tuotantoa tutkittiin laajemmasta toimitusketjunäkökulmasta ongelma kenttää tarkastellen. Hankkeessa selvitettiin päähankkijan ja alihankkijan välistä kysyntä-toimitusketjua ja sen suorituskyvyn parantamismahdollisuuksia, sekä mahdollista logistiikkaoperaattorin roolia tässä kokonaisuudessa. Lisäksi tarkasteluun otettiin mukaan osa päähankkijan asiakaskuntaa ja/tai myyntiverkosta, koska näillä oli havaittu TEMO-hankkeen aikana olevan merkittävä vaikutus toimitusketjun suorituskykyyn.

3.3 Tutkimushanke Halli – C-luokan nimikkeistä koko toimitusketjun tarkasteluun

Yritysmailmassa keskittyminen ydinosaamiseen on aina ollut tärkeää. Keskittyminen ydinosaamiseen saattaa kuitenkin edellyttää sitä, että osa yrityksen sisäisiä toimintoja on tarvittaessa mahdollista ulkoistaa. Jotta ulkoistaminen olisi mahdollista, täytyy olla olemassa sellaisia palveluntarjoajia, jotka pystyvät tällaisen ulkoistustarpeen toteuttamaan. Käytännössä TEMO-hankkeen aikana löydetty, edellä kuvatun kaltainen tarve, koko asiakkaan tuotekirjon hallintaan ja tuotteiden kysyntämallien hahmottamiseen toimi lähtökohtana TEMO-hankkeen jatkohankkeelle nimeltä HALLI. Tässä hankkeessa tutkittiin logistiikkaoperaattoreiden roolia toimitusketjuissa strategisen päätöksenteon työkalujen ulkopuolisena toimittajana.

TEMO-hankkeesta poiketen, HALLI-hankkeessa tutkimus kenttä ei enää fokusoitunut tiettyyn nimikeryhmään, vaan koko yrityksen tuotenimikkeistöä pyrittiin tarkastelemaan kokonaisuutena, pois lukien MRO-tuotteet, jotka eivät kuuluneet osaksi tarkastelu. HALLI-hankkeessa pyrittiin selvittämään VMI-palvelumallien hyötyjen saavutettavuutta (vähentyneet varastotasot ja parantuneet nimikkeiden kiertonopeudet), malleja sovellettaessa C-luokkaa laajempaan nimikerepertuaariin [Bla98], [Cac97], [Cla97]. Kuten TEMO-hankkeessa, niin myös HALLI-hankkeessa tutkijan rooliin kuului ICT-ratkaisujen mahdollisuuksien huomioiminen osana tutkimustyötä. Siinä missä TEMO-hankkeessa keskityttiin parametrien asetannan haasteisiin ja ohjausideologioihin, pyrittiin HALLI-hankkeessa tarkastelemaan myös tiedottamisen, kommunikoinnin ja viestinvälityksen, sekä informaation jakamisen rooleja tehokkaasti toimivassa toimitusketjussa.

Erityisesti HALLI-tutkimushankkeen aikainen (2007 - 2008) konepajateollisuuden voimakas kasvu¹³ johti osittaiseen työvoimapulaan, mikä osaltaan lisäsi painetta ulkoistukseen, jossa logistiikka on luonteva painopistealue. Ulkoistamalla logistiikkaan liittyviä toimintojaan, päähankkijat voivat siirtää, soveltuvin osin, logistiikkahenkilöstöä tuotantotehtäviin ja toisaalta varastotiloja voidaan samanaikaisesti vapauttaa tuotantokäyttöön.

¹³ Tilastokeskuksen tiivistetty kuvaus teollisen tuotannon volyymeistä vuosina 2000 – 2009, URL: http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_teollisuus.html

Tutkimuksen kohteena olevan tuotenimikkeistön laajenemisesta huolimatta, varsinainen tutkimuksen fokus säilyi edelleen logistisen ohjaamisen, kokonaisuuksien hallinnan ja ratkaisumallien kehittämisen osa-alueilla, huomioiden teknologisten ja tietojärjestelmäpohjaisten ratkaisujen tuomia mahdollisuuksia. HALLI-tutkimushankkeen osalta, alla on esitetty pääkohdat itse tutkimushankkeesta, mm. hankkeen ajankohta, hankkeeseen aktiivisesti osallistuneiden yritysten ja tiedonantajien toimialat / roolit yritysmaailmassa, hankkeen keskeisten asioiden kuvaus, sekä tutkijan oma rooli ja hankkeista oppimat kokonaisuudet tutkimushankkeen ajalta. Hankeen esittelyn ohessa tuodaan myös esille hankkeen väitöskirjalle antamat keskeisimmät opit ja löydökset.

HALLI -hankkeen ajankohta: 2007 – 2008

Tutkimus toteutettiin yritysryhmävetoisena tilaustutkimushankkeena, jonka rahoittamiseen osallistuvat yrityksiä mm. seuraavilta teollisuuden toimintasektoreilta: Teollisuuden erikois- ja sähkötekniikanratkaisut ja komponentit, Teollisuuden IT-palvelut ja -ratkaisut, Teollisuuden tuotantolaitteiden toimittaja, Teollisuuden logistiikkapalveluntarjoajat, Terveystieteiden sektorin analyytikarit ja palvelut, Teollisuuden kiinniketarvike ja komponenttitoimittajat.

Tutkimushankkeeseen osallistuneet yritykset:

- Teollisuusyritykset
 - Yhteensä 3 isoa alan toimijaa
- Konepajateollisuutta palvelevia logistiikkaoperaattoreita
 - Hankkeeseen osallistui kaksi logistiikkaoperointiin erikoistunutta yritystä. Logistiikkaoperaattoreiden rooli tutkimushankkeessa oli tuoda tutkimushankekohtaista alaosaamista ja alakohtaista käytännön tunteesta osaksi tutkimuksen teoreettista näkemystä.
- ICT-palveluntarjoaja
- Yksi teknisen tukkukaupan alan yritys
- Konepajateollisuuden piirissä, sitä tukevat ja alalla toimivat yritykset: kokoonpanoyritykset, tavarantoimittajat, pintakäsittelyn ammattilaiset, logistiikkaoperaattorit ja toimitusketjupalvelutalot, ohjelmisto-palveluntarjoajat, yms.
 - Tutkimushankkeen ydin yritysten lisäksi HALLI-hankkeessa toimi tiedonantajina pienemmässä roolissa joukko organisaatioita, yrityksiä ja palveluntarjoajia, jotka olivat joko suorassa asiakas-toimittaja suhteessa hankkeissa mukana olleisiin pääyrityksiin tai heidän nimettiin pääyritysten toimesta oman osa-alueensa merkittävimmiksi osajiksi ja näin asiantunteviksi tiedonantajiksi hankkeen tutkimuskentän huomioiden.

3.3.1 Tutkimushankkeen kuvaus

HALLI (Hankintalogistiikan ulkoistus palveluliiketoimintana konepajateollisuudessa)-tutkimushanke suoritettiin neljän tapauksen kvalitatiivisena tutkimuksena. Jokaisessa toimitusketjutapauksessa analysoitiin teollisuuden lopputuotteita valmistavaa yritystä (päähankkija) sekä sen yhtä alihankkijaa. Lisäksi tarkastelussa oli mukana osa päähankkijan asiakaskuntaa ja / tai myyntiverkostoa, näiden merkittävä toimitusketjun suorituskykyvaikutuksen takia. Tuotetasolla tutkimuskohteena olivat päähankkijan valmistamat ja myymät lopputuotteet, sekä alihankkijoiden asiakkaille toimittamat räätälöidyt osat ja osakokoonpanot. Kaikille tutkituille tapauksille oli yhteistä se, että niihin liittyy konepaja- ja elektroniikkateollisuuden osien ja osakokoonpanojen hankintaa, tuotantoa ja kokoonpanotyötä. Kuitenkin eri tapausten toimintaympäristöt, tuotteet ja toimintamallit poikkesivat toisistaan, mikä toi tutkimukseen laajuutta ja syvyyttä, tarjoten tutkimuskokonaisuudelle yksittäisistä tapaustutkimuksista muodostuvan hyvän alan kokonaiskuvan.

Tutkimuksen tavoitteena oli luoda edellytyksiä hankintalogistiikan ulkoistukseen ja hankintalogistiikkapalveluiden tuottamiseen konepajateollisuudessa ideoimalla palvelukonsepteja logistiikkaoperaattorien ja päähankkijoiden käyttöön, kehittäen ideamalleja käytännönläheisistä toimintarajoitelähtökohdista edeten. Tutkimuksen lähtökohdiana oli tutkimustapausten toimintaympäristön ja lähtötilanteen kysyntä-toimitusketjun analysointi sekä mahdollisten kehitystarpeiden / ongelmien tunnistaminen. Lähtökohtien selvittämisen jälkeen, tutkimuksessa ideoitiin keinoja, joilla kysyntä-toimitusketjua voisi tulevaisuudessa kehittää. Tässä prosessissa tutkijalla oli pääpaino erilaisissa teknologisissa ja algoritmisissa ongelmanratkaisun lähestymismalleissa. Toiminnan kehittämisen yhtenä merkittävimpana hankkeen lähestymistapana tarkasteltiin logistiikkaoperaattorin sijoittumista päähankkijan ja alihankkijan väliin, jolloin osa prosesseista ulkoistettaisiin operaattorille. Perinteisesti valmistavat yritykset ovat pitäneet logistiikkaoperaattoria operatiivisena yhteistyökumppanina, jolta haetaan kustannustehokkuuden parantamista logistisissa toiminnoissa, kuten komponenttien ja tuotteiden siirtämisessä ja varastoisissa toimipisteiden välillä. Tästä perusmallista poiketen, HALLI-hankkeessa keskityttiin logistiikkaoperaattorin operatiivisen roolin lisäksi operaattorin taktiseen ja strategiseen rooliin lisäarvon tuottajana toimitusketjussa. Logistiikkaoperaattorin mahdollisesti tarjoamien arvontuottomahdollisuuksien lisäksi tutkimustapauksille pyrittiin ideoimaan myös muita suorituskykyä parantavia tai lisäliiketoimintaa mahdollistavia kehittämisvisioita.

HALLI-tutkimushankkeessa pyrittiin kehittämään toimitusketjussa varastoitavien tuotteiden jatkuvaa ohjausta, jossa hyödynnetään jatkuvanlaatuisia (ei välttämättä täysin reaaliaikaisia, mutta tietotarpeeseen nähden riittävällä syklillä päivittyviä) tietovirtoja eri osapuolien päätöksenteon tukena. Tutkimushankkeessa tutkittiin myös asiantuntevan logistiikkaoperaattorin mahdollista roolia, osana tietovirtojen käsittelyä, yhdistämistä ja myös operaattorin roolia päätöksenteossaan.

Siinä missä TEMO-hankkeessa keskityttiin C-luokan tuotteisiin, HALLI-hankkeessa huomioitiin myös A- ja B-luokan tuotteita. Ulkoistettaessa A- ja B-luokan materiaalivirtoja ulkoistetaan myös hankintatoimen perinteisiä tehtäviä ulkopuoliselle toimijalle, esimerkiksi logistiikkaoperaattorille. Koska nämä materiaalivirrat kytkeytyvät suoraan valmistavan yrityksen tuotantoprosessiin, joka on useimmiten kuormitukseltaan vaihteleva, esimerkiksi loppumarkkinoiden kysynnän mukaisesti, on

logistiikkaoperaattorin oltava kykenevä mukautumaan jatkuviin kysynnän muutoksiin. Lisähaasteensa muutoksiin sopeutumiseen voi tuoda yleinen teollisuuden pyrkimys yksinkertaistamiseen, keskeneräisen tuotannon vähentämiseen ja varastojen pienentämiseen. Näiden toimenpiteiden seurauksena loppumarkkinoiden kysynnän vaihtelut näkyvät koko toimitusketjun heilahteluna. Toisin sanoen ohjaushaasteeseen vastaamiseksi on toimijan / toimijoiden kyettävä kehittämään koko vertikaalisen systeemin ohjattavuutta. Mikä vaatii systeemiltä mm. hyvää joustavuutta ja kykyä reagoida erilaisiin kysyntätilanteisiin ja kysynnän muutoksiin.

Tutkimushetkelle tuotteet eivät vanhenneet kovin nopeasti, jolloin riski varaston arvon vähenemisestä ei ollut merkittävän suuri. Kuitenkin uusien tuotteiden lanseerausvauhti oli lisääntynyt, varsinkin viimeisen vuosikymmenen aikana, mikä tulee lisäämään varastonohjaamisen haastetta tällä teollisuudenalalla jatkossa. Itse lopputuotteiden tekninen kestoikä on pitkä (tyypillisesti vähintään kymmenen vuotta). Tietyillä sähkötekniikan komponenteilla, joita eräs valmistajista toimitti asiakkailleen, oli erittäin pitkä elinkaari, vaikka uusia tuotteita tuleekin nykyisin vuosittain markkinoille. Vanhimmat tuoteluetteloon edelleen kuuluvat komponenttimallit olivat 30 vuotta vanhoja ja ne ovat saatavilla rinnakkain saman komponentin uusien versioiden kanssa. Tuotteiden pitkän elinkaaren johdosta, jälkimarkkinat sisälsivät tuotteiden uusintaostot sekä huollon, jotka olivat pääosin alkuperäisten osien toimittaneiden yritysten yksityismarkkinoita. Lopputuotteiden osalta kysyntä on luonteeltaan sellaisia että vuosittainen kysynnän kokonaisnustaminen on helppoa, mutta kokonaiskysynnän jyvittäminen tuotesegmenteille on ennustamisen kannalta erittäin haastavaa lyhyillä aikajaksoilla (esim. muutaman viikon aikaikkunaa käytettäessä).

Tutkimustapauksissa löytyy useammalta valmistajalta tuote tai tuotesegmentti, jolla volyymit ovat kasvaneet merkittävästi viimeisten vuosien aikana (aikavälillä 2004 – 2007), volyymit ovat kasvaneet kokonaismarkkinoiden kasvun mukana. Kasvavien, kypsymättömien markkinoiden takia jopa kysynnän kokonaisvolyymien ennustaminen on osoittautunut osalle toimijoista äärimmäisen haastavaksi tehtäväksi. Koska useimmat tarkastellut tuotteet ovat loppuasiakkaille investointituotteita, maailman talouden heilahtelut eivät vaikuta suoraan suhteessa lopputuotteiden myyntiin, vaikkakin kysynnän suuremmat muutokset ovat suoraan pelattavissa merkittävimpiin markkinatilannemuutoksiin.

Komponenttien kysynnän osalta kokonaiskysyntä osoittautui melko tasaiseksi, pois lukien Keski-Euroopan lomien, sekä suurten projektikauppojen aiheuttamat piikikkäät kysyntähuiput. Näistä lomajaksojen aiheuttamat poikkeamat nähtiin yrityksissä sellaisiksi, joihin voitaisiin mahdollisesti rakentaa jatkossa ennakoitimenetelmiä, mutta projektikauppojen osalta vaikutus ja ennakoitimahdollisuudet nähtiin hyvin pieneksi.

Kaikissa tapaustutkimuksissa tyypillisin toimintamalli oli sellainen, jossa toimijat tuottivat komponentteja sisäisen tuotesuunnittelun tekemän aikataulutuksen mukaisesti ja talon sisäisen ostohenkilöstö huolehti komponenttien riittävydestä tuotannolle. Yhdessä tapaustutkimuskohteessa päähankkijan ja toimittajien välissä toimi päähankkijan yrityksen sisäinen logistiikkayksikkö, joka keräsi kaikilta alihankkijoilta tulleet toimitukset yhden toimipisteen alla, setitti komponentteja tuotannolle optimiksi määritetyn setin mukaisesti ja toimitti komponentit vasta tämän jälkeen suoraan tuotantoon tuotantolinjalle.

3.3.2 Tutkijan rooli HALLI-tutkimushankkeessa

HALLI-tutkimushankkeessa väitöskirjatyöntekijä toimi tutkimusroolissa erilaisten teknologisten ratkaisumallien hahmottelemisessa ja ideoinnissa käsitellyssä konepajateollisuuden ympäristössä. Tutkimuksessa pyrittiin tunnistamaan kaikille neljälle tapaukselle yhteisiä piirteitä ja hyviä käytäntöjä, sekä peilaamaan näitä käytäntöjä hyväksi havaittuihin toimintamalleihin ja käytäntöihin, joita löydettiin toimialakohtaisista tieteellisistä julkaisuista. Näin pyrittiin kokoamaan yhteen neljästä tutkimustapauksesta löydettyjä havaintoja ja ideoita ja rakentamaan kokonaisnäkemyksiä siitä millaisissa tilanteissa logistiikkaoperaattorilla pystyy tarjoamaan selkeitä hyötyjä, sekä alihankkijalle että päähankkijalle operaattorin toimiessa päähankkijan ja sen alihankkijan/alihankkijaverkoston välissä. Tutkijan rooliin kuului hahmottaa millaista tiedonvaihtoa toimijoiden välillä tulisi olla ja mitä ICT-puolen haasteita erilaisista tiedonvaihtotarpeista voisi käytännössä muodostua. Toisaalta tutkijan rooliin tuli miettiä mitkä ovat ne perimmäiset syyt mistä nämä tiedonvaihtotarpeet johtuvat ja olisiko tiedonvaihdon tarvetta mahdollista vähentää ja tätä kautta pyrkiä yksinkertaistamaan tiedon ja tuotteiden välittämisen kokonaisprosessia. Näistä rooleista ja tutkimushankkeen tavoitteista syntyivät mm. seuraavat väitöskirjatyön edistämistä tukeneet julkaisut [Hap08], [Hap09]. Tutkimushankkeessa mukana ollut oman tutkimusorganisaation tutkijakollega puolestaan keskittyi hankkeessa mm. vertaamaan konepajateollisuuden ja toisten teollisuus ja palvelualojen eroja ja samankaltaisuuksia toisiinsa ja etsimään eri toimiympäristöistä hyviä käytäntöjä, joilla tukea konepajateollisuuden toiminnan kehittymistä jatkossa, mistä syntyi mm. julkaisu [Sal08].

3.3.3 Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot HALLI-hankkeesta

Alla on koottu tiivistettyyn taulukkomuotoon (Taulukko 4) TEMO-hankkeen tärkein anti tälle tutkimustyölle.

Taulukko 4: Halli-hankkeen anti tälle väitöskirjatyölle

Teema	Tutkimushavainto	Johtopäätöksiä ja tarpeita väitöstyön menetelmälle
Ulkoistaminen, mittaaminen ja kustannusrakenne	Ulkoistamisessa palveluntarjoajan ydinosamisalue korreloi ulkoistamisen tehokkuuteen ja tuloksellisuuteen. Tutkimuksen mukaan logistiikkaoperaattoreilla on toimintamallista johtuen usein parempi kyky mitata toiminnan tehokkuutta, kuin heidän asiakkailtaan. Mittaamisen kautta logistiikan kulurakenteet avautuvat sekä	1. Esim. logistiikkaoperaattorin ydinosamista sopeutuvalla ohjaamisella tuettaessa operaattori voi pystyä tuotantoyritystä merkittävästi parempaan varastojen ohjaamiseen 2. Sopeutuvan ohjaamisen ideologian kaupallistamisen kannalta kaupallistavan yrityksen tulisi hallita yhtäläillä algoritmisen ja tekninen osaaminen, kuin myös toimialakohtainen varastojenohjaaminenkin. 3. Havaintoon perustuen, sopeutuvan

	<p>operaattorille että asiakkaalle tarkasti ja tehokkaasti. Tämä mahdollistaa toiminnan faktapohjaisen kehittämisen jatkossa.</p> <p>Talusperspektiivistä pk-teollisuuden alihankkijoilla ja päähankkijoilla on täysin sama näkemys varastoinnista. Kukaan ei tahdo varastoida tuotteita koska siitä ei makseta tarpeeksi ja tuotteen arvo ei kasva varastossa.</p>	<p>ohjaamisen tulee olla rakenteellisesti sellainen että sen käyttämiseen liittyy rakenteita, joiden kautta pystytään tuottamaan tällaista faktapohjaista ohjausinformaatiota menetelmän kerrannaishyötyjen takaamiseksi.</p> <p>4. Sopeutuvan ohjaamisen mallin pitää olla sellainen että se tukee varastojen minimoitumista, kuitenkin samalla vaarantamatta tuotannon jatkuvuutta (eli varastot eivät saa olla liian pieniksi mitoitettuja). Lisäksi mallin olisi hyvä tarjota ohjaustietoa siitä mitkä tuotteet tulevat olemaan kysynnältään kasvavia lähitulevaisuudesta ja mitkä luultavammin kohtaavat jatkossa vähenevää kysyntää. Näin pyritään tukemaan toiminnan jatkuvuutta, sekä samalla välttämään ylivarastointia niillä osa-alueilla, joilla tarve näyttäisi olevan vähäistä.</p>
<p>Epävarmaan kysyntään reagoiminen</p>	<p>Tuotantoyrityksen kohdatessa epävarmaa kysyntää, logistiikkaoperaattori voi parantaa toimitusketjun vastetta mm. operaattorin varmuusvarastoilla ja vaihto-omaisuuden rahoitusmalleilla [Hap09].</p> <p>Jatkuva tarvetiedon muuttaminen ja tarpeen päivittäminen, niin että tarve ”seilaa” laidasta laitaa saattaa aiheuttaa tarvetietoinformaation huomiotta jättämisen ja toimimisen tuotantolaitoksen oman ennusteen perusteella.</p> <p>Tarvetiedon vaihtelu ja kysynnän epävarmuus johtaa haluttomuuteen varastoida ja suoraan</p>	<p>1. Sopeutuvan ohjaamisen pitää pystyä tarjoamaan operaattorille pelkän asiakaskohtaisen historiatiedon kautta alustava näkymä oletettuun lähitulevaisuuden kysyntään.</p> <p>2. Kysyntätiedon ja operaattorin osto-osaamisen yhdistämisellä operaattori voi neuvotella alihankkijan kanssa optimaalisen valmistuseräkoon tarpeeseen, valmistuskustannuksiin ja logistisiin kuluihin suhteutettuna.</p> <p>3. Sopeutuvan ohjaamisen toimintamallin tulisi olla niin yksinkertainen, että päähankkija ja alihankkija voivat näin halutessaan soveltaa mallia ilman logistiikkaoperaattorin tukea. Tämän takia mallin täytyisi olla itseään selittävä.</p> <p>4. Sopeutuvan ohjausmallin tulee olla sellainen että sen</p>

	pyrkimyksen toimia pelkän vasteen perusteella => tarvitaan strategista yhteistyötä toimitusketjuissa [Sal09a].	parametrimuutosten ja mallin tuottamien kuvien ja kuvioiden kokonaisuus voidaan nopeasti avata sanallisesti vastaanottajalle, jotta mm. suuret ja äkkinäiset muutokset mallin muutoksissa pystytään selittämään vastaanottajalle, jotta kysyntätiedon rajut muutokset aiheuta turhaa epäluottamusta toimitusketjussa.
ICT, verkostomainen toiminta ja järjestelmien integrointi	Päähankkijoiden ja alihankkijoiden välisessä integraatiossa käytännön haasteeksi on muodostunut yritysten välinen järjestelmien integroiminen. Erityisesti haaste tulee esille kun päähankkijalla on useita alihankkijoita, joista osa on kausittain vaihtuvia.	<p>5. Integraatiohaasteen ja tiedonvälittämisen, sekä mahdollisten informaatiomuotojen epäyhteensopivuuden takia, sopeutuvan varastonohjauksen käytännön mallin täytyy rakentua niin että tarvittava tieto olisi mahdollisimman yleisesti ja valmiiksi saatavilla olevaa (sellaista että sen voidaan olettaa olevan heti saatavissa tyypillisessä teollisuusyrityksessä).</p> <p>6. Tiedon saatavuuden lisäksi, sopeutuvan ohjaamisen mallin täytyy olla sellainen, ettei se vaadi järjestelmien yhteensovittamista, mallin täytyy tukea tiedon tuomista erilliseen työkaluun, josta voidaan yksinkertaisesti johtaa uudet ohjausparametrit nykyjärjestelmään.</p>

3.3.4 HALLI-hankkeen jatkotutkimushavainnot ja toimialakohtaisia tarpeita jatkossa

HALLI-tutkimushankkeessa, tapaustutkimuksia läpikäydessä, löydettiin teollisuusalaan yhteinen tarve menetelmillä synkronoida toimintaa eri toimijoiden välillä, synkronointiin ja toiminnan joustavaan virtaviivaistamiseen tavoiteltiin riittävän reaaliaikaista tiedonvälitystä jne. Hankkeen aikana tehtiin lyhyt vertaileva tutkimus konepajateollisuuden ja mainostoimisto toimialueiden toimitusketjujen välillä, tutkien näiden toimitusketjujen eroja, mutta toisaalta mahdollisuuksia soveltaa samoja ohjausmenetelmiä ja toimitusketjujen mallintamismetodeita eri toimialoilla [Sal08]. Tutkimuksessa havaittiin mm. että konepajateollisuudessa tilaus on useimmiten viimeinen kysyntäketjun piste, mihin toimittaja pystyy tuomaan asiakkaalle merkittävää lisäarvoa, kun taas mainostoimisto toimitusketjuissa asiakkaalle voidaan tuoda useassa eri tilauksen jälkeisessä pisteessä merkittävää lisäarvoa lopputuotteeseen. Verrattaessa näitä toimitusketjuja keskenään tutkimuksessa havaittiin terminologiselle lisämäärittämiselle, mikä johti myöhemmin uusien toimitusketju terminologiamäärittämisen ehdotuksiin [Sal11a]. Hankkeessa löydettiin myös markkinalähtöinen tarve logistiikkaoperaattorille, jolla olisi kyky toimia

joko toimitusketjussa lisäarvon tuottajana ja / tai toimitusketjun kehittäjänä. Alla on määritelty ko. roolien HALLI-hankkeen aikana luotu ja myöhemmin SYNKRO-hankkeessa julkaistu operaattorin toimintaroolin määrittely [Sal09b].

Logistiikkaoperaattori lisäarvon tuottajan roolissa:

Logistiikkaoperaattorin toimiessa tässä roolissa päähankkijan ja alihankkijan välistä toimintamallia voidaan muuttaa jollakin tavalla operaattorin avulla. Logistiikkaoperaattori mahdollistaa siis muutoksen ja tuottaa siten toimitusketjuun lisäarvoa. Tästä roolista esimerkkinä on eri alihankkijoilta tulevan materiaalien setittäminen ja settien toimittaminen oikeaan aikaan päähankkijan tuotantolinjalle. Operaattori tuottaa tällöin arvoa päähankkijan tuotantoon parantamalla tuottavuutta ja vähentämällä tuotannossa olevia varastoja. Materiaalivirran lisäksi operaattori voi tuottaa lisäarvoa informaatiovirtaan esimerkiksi yhdenmukaistamalla alihankkijoiden päähankkijalle tekemät raportit samaan formaattiin. Lisäarvon tuottaminen voi liittyä myös päähankkijan saatavuuden turvaamiseen, kun operaattori antaa päähankkijalle läpinäkyvyyden alihankkijoiden toimittamien materiaalien varastotasoihin. Operaattorin toimiessaan lisäarvon tuottajana toiminnan pääkehittämistä vastuu on kuitenkin päähankkijalla ja/tai alihankkijalla. Operaattori on kuitenkin mukana kehittämässä ja implementoimassa.

Logistiikkaoperaattori toimitusketjun kehittäjän roolissa:

Toimitusketjun kehittäjä-roolissa operaattori innovoi päähankkijan ja alihankkijan väliseen toimitusketjuun uusia toimintamalleja tai prosesseja, joilla voidaan parantaa toimitusketjun suorituskykyä kokonaisuudessaan. Lisäksi operaattori asettaa uusille toimintamalleille ja prosesseille tavoitteita ja mittareita sekä valvoo ja raportoi suorituskyvystä. Toimitusketjun kehittäjä-rooliin voi liittyä esimerkiksi uusien hankintalähteiden etsimistä, neuvotteluja sekä sopimusten tekemistä alihankkijoiden kanssa. Tämä rooli poikkeaa aikaisemmasta lisäarvon tuottajasta siinä, että toimitusketjun kehittäjänä toimiessaan innovointi lähtee operaattorin suunnasta eikä alihankkijalta tai päähankkijalta. Tähän rooliin päästäkseen operaattorilla täytyy olla syvä tietämys toimialakohtaisen toimitusketjun toiminnasta. Käytännössä tämä rooli on mahdollinen pitkäaikaisen päähankkija-alihankkijayhteistyön jälkeen.

Jotta operaattori voisi toimia tällaisissa, hyvin vastuullisissa rooleissa, osana tehokasta kokonaistoimitusketjua, tarvitsee operaattori riittävässä määrin ennakkotietoa asiakkailtaan voidakseen toteuttaa toimenkuvaansa valitussa roolissa. Tarvitaan erilaista ennakkotietoa asiakkaalta, jotta kyetään hyvään toimitusvarmuuteen päähankkijan ja alihankkijan toimintaan ja toimitustarpeisiin nähden. Esimerkiksi A- ja B-luokan materiaalivirroissa on tyypillistä, että niihin sitoutuu paljon pääomia ja ko. luokkien tuotteet ovat usein myös tilaa vieviä. Joten logistisen toiminnan, etenkin sellaisen missä taloudelliset vaikuttimet otetaan vahvasti huomioon, on huomioitava asiakkaan valmistuslinjojen ohjausperiaatteet ja ohjaustavat keskeisenä osana logistiikan ohjaamista.

Hankkeen havaintojen pohjalta näyttää siltä, että keskeisellä sijalla, hankintalogistiikan ulkoistuksessa A- ja B-luokan nimikkeissä, tulee olemaan tietotekniikka. Koska koko logistisen ketjun ohjaus vaatii jatkuvaa päätöksentekoa, tarvitaan myös jatkuvaa ja luotettavaa informaatiovirtaa eri päätöksentekijöille. Olennaista onkin jatkossa löytää ne tietovirrat, joita tarvitaan häiriöttömän materiaalivirran ohjaukseen. Tietokonepohjaisten

tietojärjestelmien ja informaation lisäksi tarvitaan myös kokouksia ja muita henkilötapaamisia informaation vaihtamiseksi ja toiminnan suunnittelemiseksi. Näistä lähtökohdista, hankehavainnoista, käytännön toiminnassa havaituista haasteista ja tarpeista muodostui pohja Synkro-tutkimushankkeelle, jonka pariin tutkija siirtyi HALLI-hankkeen päättämisen jälkeen.

3.4 Tutkimushanke Synkro – informaation vaihtaminen ja varastojen synkronointi markkinatilanteiden muutoksiin

Aiempien tutkimushankkeiden aikana (kapasiteetin hallinnan hanke ja TEMO- sekä HALLI-tutkimushankkeet, vuosina 2005 – 2008), väitöskirjatyöntekijälle muodostui yleisluontoinen käsitys siitä että varastojen sopeuttamiselle yksinkertaisilla toimenpiteillä oli selvästi havaittavissa oleva käytännön tarve. Tämä käytännön tarpeen havaitseminen ja tutkimushankkeiden tarjoama mahdollisuus tutkia tätä ennestään vähäisissä määrin tutkittua kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamisen ongelmakenttää loi hyvät puitteet jatkaa väitöskirjan eteenpäinviemistä. Lisäksi [Don08] havainto siitä, että ICT-ratkaisujen soveltamista toimitusketjuissa ja etenkin kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamisessa, ei ole tieteellisissä julkaisuissa käsitelty riittävästi vahvasti tutkijan tekemää käytännön tarvehavainnon tieteellisen tutkimisen tärkeyttä. [Don08] tutkimuksen mukaan erityisesti operationaalisella tasolla toimitusketjujen hallinnan ja ICT:n yhteisvaikutusten tutkimus on jäänyt vähäiseksi, lisäksi [Don08] mukaan ICT:n ja toimitusketjun hallinnan tieteenaloja yhdistävälle tutkimukselle olisi lisätarvetta, erityisesti empiirisen tutkimuksen muodossa:

*”Although the effect and influence of ICT both as an inspiration for new business and as an enabler of a fast flow of information to support operations and supply chain management is clear, we still know relatively little about the relationship between supply chain management (SCM) and ICT. As an almost superficial example: textbooks in operations management still like to explain the basic principles of MRP in great detail, whereas the above developments are discussed only briefly. In line with that remark, Reynolds (2000) noted that **academic research in this area is lagging behind**, and Cullen and Webster (2007) stress that **specifically the operational aspects have been ignored**. Bozarth (2006, p. 1224) signals that the OM literature does “rarely take full advantage of the constructs and models contained in these works [the MIS literature]”.*

*The aim of this special issue is to bring together perspectives from these two fields that seem to be developing in different directions, whereas **more interdisciplinary empirical research would be beneficial**. Pertinent questions that need to be answered, if we look from an SCM perspective, are: **what type of ICT fits to the characteristics of specific supply chains (e.g. type of products, complexity of the chain, organizational types)? What are the limits of information systems? What are new advancements in ICT and what is their relevance for SCM? How do information systems help in achieving supply chain integration? Is ICT one of the fields where technological determinism is paving the way for solutions that will never work?** From an ICT perspective most of these questions are relevant as well, but probably have been even less rigorously investigated (if at all) than they have been in the OM literature. Within ICT research, considerable effort is put into the development of new systems and technologies, that should remedy most, if not all, problems of earlier systems and technologies. There also seems to be a disconnect between “theory” and “practice” in the field of SCM and ICT*

as much money is actually spent in purchasing, implementing, running and updating ICT in all its diversity, whereas at least in the SCM field, all of these aspects are hardly investigated and we do not know that much about effects, proper implementation and relevant factors to consider. Whereas we are frequently told that a seamless flow of goods and information is needed, we only acknowledge that "information distortion in a supply chain" (Lee et al., 1997) is a problem. We rarely investigate what is needed to develop and implement appropriate information systems nor do we study if information systems are capable of providing such seamless information flows. Sometimes it seems that pen-and-paper solutions, along with face-to-face communication, are still the most powerful approaches. Maybe, we should even investigate whether we need the paradigm of seamless flow of information, at all."

ICT-ratkaisujen olemassa olosta huolimatta toimitusketjuissa tunnutaan soveltavan suhteellisen vähän teknistä tiedonvaihtoa erityisesti saatavuus ja tarjontainformaation osalta. Mm. Marshall F. Fisher kirjoittaa artikkelissaan "What Is the Right Supply Chain for Your Products?" [Fis97] seuraavaa: "Never has so much technology and brainpower been applied to improving supply chain performance... Nonetheless, the performance of many supply chains has never been worse... Why haven't the new ideas and technologies led to improved performance?... Because managers lack a framework for deciding which ones are best for their particular company's situation.". Marshall tuo kirjoituksellaan esille sitä käytännön tosiasiaa, että tarjonta työkaluista voi olla jopa niin laaja, että päivittäistä varaston ja toimitusketjujen ohjaamista suorittavien henkilöiden voi olla lähes mahdotonta päättää, mikä tuote sopisi juuri heidän toimiympäristöönsä, mikä voi johtaa huonoihin valintoihin ICT-ratkaisujen osalta. Toisin sanoen tarvittaisiin keinoja tutkija toimitusketjuja siten, että pystyttäisiin tekemään päätös siitä onko juuri tarkastelun alla oleva työkalu sopiva juurikin tähän kyseiseen toimitusketju ympäristöön.

Tässä väitöskirjatyössä on pyritty huomioimaan sopeutuvaa varastonohjauskonseptia rakennettaessa myös konseptin käytännön toimitusketju sopivuuden tutkimista. Konsepti sisältää piirteitä, joiden avulla voidaan tutkia käsiteltävän toimitusketjun nimikkeiden kysyntää ja luokittelua ja tätä kautta pyrkiä luomaan kuvaa siitä voiko konsepti tuoda lisäarvoa toimitusketjun ohjaukseen kyseisessä tarkastelun alla olevassa tapauksessa. Yhdessä sopeutuvan ohjaamisen ideologian kanssa tämä soveltuvuus tarkastelu muodostaa ohjausideologian peruspilarit, tutkimukselle siitä miten pystyttäisiin nykyistä paremmin hallitsemaan varastoitavien tuotteiden kysyntää ja tarjontaa siten että tehostaminen ja parantaminen perustuisivat lähtökohtaisesti pelkästään yleisesti toimitusketjuissa jo nyt saatavilla olevaan historiatietoon (tässä yhteydessä yleisesti saatavilla olevalla tiedolla tarkoitetaan nimikekohtaista hintaa, toimitusajankohtia ja määriä, sekä tuotteen tuotantokriittisyyttä).

Erityisesti SYNKRO-hankkeessa tutkimusfokuksena oli päähankkijan ja alihankkijan välinen synkronointi, mikä sisälsi myös kysynnän ja tarjonta tiedon yhteensovittamista. Tutkimuksen pyrkimyksenä oli löytää keinoja ja menetelmiä joiden kautta saavutettaisiin synkronisuutta kysyntä- ja toimitusketjustrategioihin, mikä nähtiin tutkimuksessa lähtökohtaisesti yhtenä avaintekijänä pyrittäessä saavuttamaan uutta liiketoimintaa konepajateollisuuden osa-alueella. Hankkeen aloitushetkellä mediassa uutisoitiin toistuvasti sitä, kuinka valtavan kuormitetuista konepajateollisuuden alan yrittäjät ko. hetkellä olivat. Mm. Helsingin Sanomat uutisoi¹⁴, että konepajayritysten

¹⁴ P. Elonen, Konepajayritysten toimitusajat venähtäneet jopa kolminkertaisiksi, HS - Talous - 16.4.2008

tilauskirjat on myyty niin tukkoon, että konepajayhtiöt ovat joutuneet pidentämään toimitusaikojaan huomattavasti. Tuohon aikaan konepajayhtiöiden toimitusajat olivat pidentyneet aiemmista ajoista keskimäärin kolmanneksella. Myös suoranaisia toimitusvaikeuksia oli jonkin verran. Esimerkiksi osassa Metson laitteista toimitusajat olivat kaksinkertaistuneet tai jopa kolminkertaistuneet viimeisen kolmen vuoden aikana (edeltäen tutkimuksen aloittamista vuonna 2008). Usein toimitusajat olivat kiinni siitä, millä aikataululla päähankkija sai komponentteja ja osia omilta toimittajiltaan. Alihankintaketjun toimivuus oli siten elintärkeä osa kokonaistoimitusketjun toimintaa. SYNKRO-hankkeen aikana tutkituissa tapaustutkimus yrityksissä oli osassa havaittavissa, että niiden toimitusongelmien takia (myöhästyneet toimitukset ja pitkä toimitusaika) yritykset menettivät osan kaupoista, jotka ilman näitä ongelmista olisivat toteutuneet. Jos toimitusketjuilla olisivat sisältäneet kovan kysynnän aikana enemmän kapasiteettia, markkinaosuuden kasvattamien olisi voinut olla mahdollista. Edellä mainittujen asioiden perusteella voidaan olettaa, että **kysyntä- ja toimitusketjun saumaton yhteispeli on strateginen kilpailutekijä.**

SYNKRO-hankkeen alussa selvitettiin tapaustutkimusten ja kirjallisuus katsauksen avulla yritysten toimitusketjuihin panostamista 1990- ja 2000-luvulla. Tehtyjen havaintojen mukaan, yritykset ovat panostaneet suorituskyvyn parantamiseen toimitusketjuissaan, 1990-luvulta lähtien, integroimalla prosesseja ja tietojärjestelmiä. Integrointi on koskenut pääasiassa operatiivisen tason prosesseja ja tyypillisesti integroinnissa on keskitytty liittämään toimitusketjukumppaneiden olemassa olevat prosessit yhteen, mutta prosesseja ei ole kokonaisuutena kuitenkaan optimoitu. Voidaankin sanoa että prosessit oli kyllä integroitu mutta niitä ei ollut synkronisoitu. Tyypillisesti näissä toimitusketjuissa, teollisuusyritykset saivat harvoin kysyntätietoa oman asiakkaan jälkeisestä kysyntäketjusta. Jos kysyntätietoa saatiin, niin sitä ei kuitenkaan useimmiten pystytty kunnolla hyödyntämään, tiedon jalostamattomuuden takia. Teollisuuden mukaan tiedon jalostaminen oli kysyntäketjuissa harvinaista, koska jalostamisesta ei tavallisesti palkita (esim. siitä ei suoriteta rahallista korvausta tai anneta alennuksia materiaalihinnoissa asiakkaalle) toisin kuin mitä materiaalinalustamisen yhteydessä tehdään. Kysyntäketjulähtöisessä ajattelussa toimitusketjun ominaisuudet saattavat jäädä liian pienelle huomiolle, sillä toimitusketjussa voi olla yhtälailla epävarmuuksia kuin kysyntäketjussa. Tästä epävarmuudesta johtuen, muodostuu **tarve synkronoidulle kysyntä- ja toimitusketjustrategialle.**

SYNKRO-hankkeen alussa näyttikin siltä, että **monissa toimitusketjuissa on keskitytty kustannustehokkuuden parantamiseen, mutta uusien liiketoimintamahdollisuuksien ja markkinaosuuksien kasvattamisen tavoittelu on unohdettu.** Hankkeen tavoitteena oli etsiä suomalaiselle teollisuudelle keinoja uuden liiketoiminnan luomiseen ja suorituskyvyn parantamiseen synkronoimalla kysyntä- ja toimitusketjun strategisia, taktisia ja operatiivisia toimintoja. Synkronoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä erilaisten tapahtumien koordinoitua, jotta systeemi saadaan toimimaan kokonaisuuden kannalta mahdollisimman hyvin. Liikenteen sujuvuuden parantaminen liikennevalojen avulla, on hyvä käytännön esimerkki synkronoinnista. Liikennevalot on ohjelmoitu toimimaan yhteistyössä siten, että liikenne sujuisi kokonaisuutena mahdollisimman tehokkaasti. Liikenteen tehokkaaksi ohjaamiseksi tarvitaan tietoa. Esimerkiksi tietoa ajoväylien liikennevirroista ja ajoneuvojen saapumisesta liikennevalojen alueelle saadaan erilaisten antureiden avulla. Ideologisesti liikennevalojärjestelmää vastaava synkronointikonsepti voi toimia myös kysyntä- ja toimitusketjuissa. Esimerkiksi asiakkaan ja toimittajan tuotannot voivat olla synkronoitu toimimaan samalla suunnitelmalla ja suunnittelujänteellä. Lisäksi tuotantoja

voi olla synkronoitu siten, että molemmissa tuotannoissa valmistetaan saman kokoluokan tuotantoeriä. Epävarmassa maailmassa ei voi tavallisesti toimia pelkästään suunnitelmien mukaan eli toimitus- ja kysyntäketjuissa on oltava jatkuvasti hereillä vastatakseen muutos- ja poikkeamatilanteisiin. Myös kysyntä- ja toimitusketjuissa tarvitaan siis ns. antureita keräämään tietoa muutos- ja poikkeamatilanteista. Yksistään tiedon kerääminen ei kuitenkaan riitä, vaan lisäksi tarvitaan synkronoituja suunnitelmia, miten toimitaan muutostilanteissa. Esimerkiksi kysynnän muutokselle voi olla sovittuja toimintarajoja, joiden ylittäminen aiheuttaa suunnitelmaan muutoksia, joko väliaikaisesti tai mahdollisesti jopa pysyväisluontoisesti.

Edellä kuvatun kysynnän- ja tarjonnan yhteensovittamiseksi, SYNKRO-hankkeessa nousi vahvasti esille tarve pystyä jakamaan tuotteita erilaisiin ryhmiin ja luokkiin hallintamallien ja tiedonvaihdon tehostamiseksi. Lisäksi hankkeessa löydettiin perusteluja sille, miksi edellä kuvattua jaottelua/luokittelua pitää pystyä tekemään yhtäaikaisesti monen eri vaikuttavan tekijän suhteen. Tapaustutkimuksissa pystyttiin mm. perustelemaan monitasoisella jaottelulla se, miksei sopeutuva varastonohjausideologia sovellu tutkitun yrityksen tuotteisiin, vaikka tapaustutkimuksessa oli varastoitavana tuotteita kaikista ABC-luokista. Esimerkiksi tässä tapaustutkimuksessa havaittiin, että yhtä lailla tuotteen arvo, kuin toisaalta tuotteen tuotantokriittisyys voi olla sellainen tekijä, että tuotteen varastot tahdotaan ohjata jatkuvana valvontana, manuaalisin toimenpitein.

Luokittelun tavoitteena Synkro-hankkeessa, toimitusketjun hallintamallien ja tiedonvaihdon kehittämisessä, oli pyrkiä jakamaan kokonaisuongelma paloihin, joita voidaan ohjata itsenäisesti, jokaiseen ryhmään parhaaksi katsotun mallin mukaisesti. Ongelman jaottelun teoreettinen perustelu pohjautuu ns. ”system decomposition” teoriaan [Sim02], [Aug04], [Fre06].

Tutkittaessa synkronisoidun toimitusketjujen taustoja, hankkeessa havaittiin mm. että 1990-luvulla nousivat esille erityisesti päivittäis- ja kulutustavaroiden toimitusketjuissa kollaboraatioon ja kysynnän hallintaan perustuvat, asiakaslähtöiset filosofiat, kuten CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) ja ECR (Efficient Consumer Response) [Fra02]. Yhteistyö- ja kysyntäperusteisten filosofioiden kehittämisen pääajureita olivat lisääntynyt kilpailu, lyhentyneet tuotteiden elinkaaret, epävarma kysyntä ja monimutkaistuneet toimitusketjut [Fis97] [Fli03]. Toimitusketjukumppaneiden välistä yhteistyötä pidetään yhtenä hyvänä keinona parantaa toimitusketjun suorituskykyä sekä lisätä toimitusketjun liiketoimintaa [Lam99]. Syvässä yhteistyösuhteessa (kollaboraatio) kumppaneilla ovat yhteiset tavoitteet ja päätöksentekoprosessit, jotka tähtäävät molemminpuolisiin strategiaihin hyötyihin [Sta01]. [Sab02] mukaan historian aikana esitellyistä erilaisista toimitusketjustrategioista syvän yhteistyön soveltaminen käytäntöön on ollut kuitenkin heikointa. Kysyntäperusteisia filosofioita on käytetty kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamiseen, jotta voitaisiin lyhentää varaston kiertoaikoja, pienentää varastotasojä, vastata nopeammin asiakaskysyntään [Cas04] sekä vähentää varastotasojen heilahtelua toimitusketjussa [Lee97].

Edellä esitetyt konseptit ja filosofiat soveltuvat yleisluonteisuutensa takia lähes kaikkien toimitus- ja kysyntäketjujen analysointiin ja hallintaan. Konseptit eivät kuitenkaan näytä antavan yrityksille riittävästi työkaluja kysyntä- ja toimitusketjujen käytännön synkronointiin. Tutkijan osalta SYNKRO-hankkeessa oli tavoitteena luoda viitekehys

kysyntä- ja toimitusketjujen synkronoinnin, käytännön kehittämistä varten, jotta toimitusketjut voivat luoda uutta liiketoimintaa ja parantaa suorituskykyänsä.

Kuten HALLI-hankkeessa, niin myös SYNKRO-hankkeessa tutkimus kenttä oli fokusoitunut koko yrityksen tuote nimikkeistöön, pois lukien MRO-tuotteet. SYNKRO-hankkeessa tutkijan rooliin kuului tiedonvaihdon ja informaation jalostamisen mahdollisuuksien tarkastelu toimitusketjujen synkronisoinnissa. SYNKRO-hankkeessa pyrittiin tarkastelemaan yhtäläillä kommunikoinnin ja viestinvälityksen, sekä informaation jakamisen roolia synkronisoinnissa, kuin myös poikkeaman hallintaa ja ennakkotiedon jakamista yhtenä synkronisoinnisen osakeinona.

SYNKRO-hankkeen aikana teollisuuden suurimman kysynnän aika alkoi kääntyä loppupuolelle ja konepajateollisuus kohtasi uusia haasteita kannattavuuden ja toiminnan tehostamisen osa-alueilla. Yhtenä hankkeen painopistealueista olikin tutkia, kuinka logistiikka operaattori voisi tukea konepajateollisuuden toimijoita, toimijoiden kokiessa merkittäviä vaihteluita työkannassa ja kokonaiskysynnässä. Vaikka tutkimuksen fokus siirtyikin suorasta nimikeohjaamisesta yritysten välisen toiminnan synkronisointiin, niin tutkimuksen ydin säilyi edelleen logistisen ohjaamisen, tiedon välittämisen ja ratkaisumallien kehittämisen osa-alueilla, huomioiden teknologisten ja tietojärjestelmäpohjaisten ratkaisujen tuomia mahdollisuuksia. SYNKRO-tutkimushankkeen osalta, alla on esitetty pääkohdat itse tutkimushankkeesta, mm. hankkeen ajankohta, hankkeeseen aktiivisesti osallistuneiden yritysten ja tiedonantajien toimialat / roolit yritysmaailmassa, hankkeen keskeisten asioiden kuvaus, sekä tutkijan oma rooli ja hankkeista oppimat kokonaisuudet tutkimushankkeen ajalta. Hankkeen esittelyn ohessa tuodaan myös esille hankkeen väitöskirjalle antamat keskeisimmät opit ja löydökset.

SYNKRO-hankkeen ajankohta: 2008 – 2009

Tutkimushankkeeseen osallistuneet yritykset:

- Konepajateollisuuden alan päähankkijoita
 - Yhteensä 4 eri isohkoa pk-kokoluokan alan toimijaa, joista 3 päähankkijaa ja yksi alihankkija (mm. yksi suomen suurimpia koneistamoja, terveysalan analyysilaitteistojen toimittaja, konepajateollisuuden työkalutoimittaja sekä kylmälaitteiden teollisuuspuolen globaali toimija). Kaikki 3 päähankkijaa toimivat globaaleilla markkinoilla tarjoten tuotteitaan kaikille mantereille. Alihankkija on oman alansa suurimpia toimijoita Suomessa ja lisäksi alihankkijalla on toimintaa myös muualla Euroopassa. Tutkimushankkeen tapaustutkimuksina toimivat päähankkijoiden toimittajat olivat sellaisia toimijoita joiden pääasiakasryhmä olivat konepajateollisuuden toimijat.
- Konepajateollisuutta palvelevia logistiikkaoperaattoreita
 - Hankkeeseen osallistui, yllämainittujen päähankkija / alihankkija yritysten lisäksi logistiikkaoperointiin erikoistunut yritys. Logistiikkaoperaattorin rooli tutkimushankkeessa oli ottaa oman

osaamisalueensa puolesta kantaa päähankkijoiden ja alihankkijoiden väliseen synkronisointiin pyrkivien ja tutkimuksessa esille nostettujen viitekehysten ja toimintamallien osalta. Lisäksi operaattori toi näkökantansa siihen, kuinka hyvin hankkeessa kehitettävät menetelmät voisivat käytännössä toimia mm. heidän nykyisessä asiakaskunnassaan.

- ICT-palveluntarjoaja
 - Päähankkija ja alihankkija yritysten, sekä logistiikkaoperaattorin lisäksi hankkeeseen osallistui yksi ICT-alan palveluntarjoaja, jolla on merkittävää kokemusta pk-sektorin teollisuuden ERP- ja inbound / outbound- logistiikan järjestelmistä, sekä tuotannon ohjausjärjestelmistä. ICT-palveluntarjoajan rooli tutkimushankkeessa oli antaa oma näkemyksensä erilaisten toimintamallien käytännön sovellettavuuden ja toteutettavuuden välillä, sekä ottaa kantaa siihen missä määrin toimintamalleja voitaisiin käytännössä automatisoida, nykyisen pk-sektorin yritys maailman ICT-rakenteet huomioiden.
- Konepajateollisuuden toimijat: kokoonpanoyritykset, tavarantoimittajat, logistiikkaoperaattorit, ohjelmisto-palveluntarjoajat, tutkimuslaitokset, yms.
 - Edellä mainittujen päätiedonantajien lisäksi hankkeeseen osallistui pienemmässä tiedonantoroolissa suuri joukko yksittäisiä konepajateollisuuden piirissä toimivia organisaatioita, yrityksiä ja palveluntarjoajia. Kyseiset toimijat olivat joko suorassa asiakastoimittaja suhteessa hankkeissa mukana olleisiin pääyrittäjiin tai heidän nimettiin pääyrittäjien toimesta oman osa-alueensa merkittävimiksi osaajiksi. Lisäksi hankkeen aikana saatiin hankkeen osalta arvokasta tietoa toisilta tutkimuslaitoksilta, joita tavattiin tutkimuksen aikaisissa tutkijapalaverissa.

3.4.1 SYNKRO-tutkimushankkeen kuvaus

SYNKRO (Synkronoidulla kysyntä- ja toimitusketjustrategialla uutta liiketoimintaa teollisuudelle)-tutkimushanke suoritettiin kuuden tapauksen kvalitatiivisena tapaustutkimuksena. Jokaisessa toimitusketjutapauksessa analysoitiin teollisuuden lopputuotteita valmistavaa yritystä (päähankkijaa) sekä tapauskohtaisesti alihankkijaa / alihankkijoita ja myös mahdollisesti tapaukseen tiiviisti liittyvää logistiikkaoperaattoritoimintaa. Lisäksi osassa tapaustutkimuksia tarkastelussa oli mukana päähankkijan asiakaskuntaa ja/tai myyntiverkostoa, koska näillä huomattiin olevan merkittävä vaikutus toimitusketjun suorituskykyyn ja / tai synkronoinnin tilaan. Kaikille tutkituille tapauksille oli yhteistä se, että niihin liittyy konepajateollisuudelle ominaisia piirteitä (tuotteet, asiakaskunta, markkinoiden laajuus, toimintamallit yms.) Yhdessä tapaustutkimuksessa käytiin lävitse yhden suuren suomalaisen konepajateollisuuden pk-sektorin alihankkijan toimitusketjua ja synkronoinnin ja yhteistyön nykytilaa päähankkijoihin nähden. Tuotetasolla tutkimuskohteena olivat päähankkijan valmistamat ja myymät lopputuotteet, sekä alihankkijan tapauksessa alihankkijan asiakkaille toimittamat standardi ja räätälöidyt osat ja osakokoonpanot. Kaikille tutkituille päähankkija tapauksille oli yhteistä se, että niihin liittyy konepaja- ja elektroniikkateollisuuden osien ja osakokoonpanojen hankintaa, tuotantoa ja kokoonpanotyötä. Kuitenkin eri tapausten toimintaympäristöt, tuotteet ja toimintamallit

poikkesivat toisistaan, mikä toi tutkimukseen laajuutta ja syvyyttä, tarjoten tutkimuskokonaisuudelle yksittäisistä tapaustutkimuksista muodostuvan hyvän alan kokonaiskuvan. Erityisesti yhtenä tapaustutkimuksena mukana ollut alihankkija, toi tutkimukseen laajan näkemyksen käsitemaailmojen ja toiminnan nykytilan käsitteiden eroista pähankkijoilla ja alihankkijoilla.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää kysyntä- ja toimitusketjun synkronointiin viitekehys ja toimintamalleja, joiden avulla toimitusketju voi parantaa suorituskykyä ja ennen kaikkea luoda uutta liiketoimintaa uusien palveluiden ja lisääntyneiden markkinaosuuksien muodossa. Tutkimuksen lähtökohtana oli tutkimustapausten toimintaympäristön ja lähtötilanteen kysyntä-toimitusketjun analysointi sekä mahdollisten kehitystarpeiden / ongelmien tunnistaminen. Tapaustutkimuksien nykytilatutkimuksen havaintojen perusteella, tapauksia tarkasteltiin haasteellisimpien tapauskohtaisten synkronointiongelmiensa valossa ja tapaukset liitettiin osaksi tieteellistä keskustelua kytkemällä tapaukset synkronointihaasteidensa kautta [KAM08] synkronoinnin tyypillisiä ongelmia käsittelevään viitekehukseen.

Tutkimuksessa keskitytään globaalisti toimiviin kappaletavaraa tuottaviin Suomessa sijaitseviin teollisuusyrityksiin sekä niiden globaaleihin kysyntäketjuihin ja lokaaleihin toimitusketjuihin. Tutkimus keskittyy erityisesti vaikeasti ennustettaviin tuotteisiin, jolloin kysyntäketjun ymmärtäminen ja kysyntäketjusta saatavan tiedon ajoitus sekä tarkkuus ovat toimitusketjulle tärkeämpiä asioita kuin historiatietoon perustuva ennusteisiin pohjautuva suunnitelmallinen toiminta. Vastaavasti keskitytään myös toimitusketjun epävarmuuteen (esimerkiksi saatavuusongelmat), johon kysyntäketjun tulee sopeutua. Tutkimusdata kerättiin haastattelujen ja workshop-työskentelyn avulla. Kysyntä- ja toimitusketjun synkronointia varten tutkimuksessa pyrittiin rakentamaan viitekehys, jota käytetään nykytilan sekä tulevaisuuden synkronointimahdollisuuksien analysoimiseksi. Synkronoinnin kehittämisessä yhdeksi lähestymistavaksi valittiin logistiikkaoperaattorin sijoittumista pähankkijan ja alihankkijan väliin, jolloin osa prosesseista ulkoistettaisiin operaattorille. Tutkimuksessa tarkasteltiin logistiikkaoperaattorin operatiivisen roolin lisäksi taktisen ja strategisen tason rooliin lisäarvoa tarkastelluissa toimitusketjuissa. Logistiikkaoperaattorin mahdollisesti tarjoamien arvontuottomahdollisuuksien lisäksi tutkimustapauksille pyrittiin ideoimaan myös muita suorituskykyä parantavia tai lisäliiketoimintaa mahdollistavia kehittämisvisioita, joissa yhdistyisi sekä toimitusketju näkemys, että tiedon ja tuotteiden vaihdon synkronisuus.

SYNKRO-tutkimushanke eteni kolmessa päävaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa pyrittiin tunnistamaan tapaustutkimusten kysyntäketjut ja pyrittiin myös ymmärtämään näiden yleinen rakenne. Tunnistamiseen kuului mm. kysyntäketjun pääprosessien läpikäynti, sekä kysyntäketjujen ominaispiirteiden havainnointi esim. markkina-alue, kysynnän luonne, markkinoiden kypsyyt, yms. Näin pyrittiin paikallistamaan kysyntäketjujen tärkeät päätöksentekopisteet, sekä arvioimaan eri päätöksentekopisteistä saatavan tiedon laatua (mm. tarkkuus, oikea-aikaisuus ja muoto). Kysyntäketjujen ymmärtäminen on synkronisoimisen kannalta tärkeää, koska tuntemalla kysyntäketjun toimittajat voivat paitsi vastata paremmin kysyntään, niin mahdollisesti myös pyrkiä vaikuttamaan asiakkaan päätöksentekoon ja tavoitteisiin. Esimerkiksi toimitusketju voisi neuvotella lisää toimitusaikaa ja lisähintaa, jos se pystyy kysyntäketjuymmärryksen avulla vastaamaan asiakas tarpeisiin kilpailijoitaan paremmin.

Tutkimushankkeen toisessa vaiheessa havainnoitiin toimitusketjuja. Toimitusketjutarkastelussa huomioitiin kappaletavaraa tuottavien yritysten lisäksi näiden yritysten toimittajaverkostot, koska valmistavat teollisuusyritykset käyttävät runsaasti varsinkin räätälöitävien osien ja osakokoonpanojen hankintaan Suomessa toimivia alihankkijoita, jotka ovat usein pk-yrityksiä. Toimitusketju tarkasteluissa keskityttiin näihin alihankkijayrityksiin eli standardimateriaalien hankinta oli pääosiltaan rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Standardimateriaalejakin tarkasteltiin, jos tarjonnan luonne oli epävarmaa ja materiaalit olivat kriittisiä kysyntäketjulle.

SYNKRO-hankkeen kolmannessa vaiheessa, tutkittiin näiden kysyntä- ja toimitusketjujen synkronointia eli miten kysyntä- ja toimitusketjut saadaan toimimaan kokonaisuuden kannalta nykyistä tehokkaammin, hyödyntäen tieto- ja viestintätekniiikkaa, sekä muokkaamalla ja tehostamalla olemassa olevia prosesseja, kuin myös rakentamalla uusia toimintamalleja ja kehikoita, joilla toimitusketjukokonaisuus toimii paremmin yhteen. Käytännössä hankkeessa pyrittiin siis synkronoimaan löydetty kysyntä- ja toimitusketjut toisiinsa. Tästä aiheesta myös julkaistiin hankkeessa koontiraportti, jossa kuvataan suomalaisen konepajateollisuuden synkronoinnin nykytilaa vuonna 2009 [Hie09a]. Näin voidaankin sanoa että hankkeen ydintavoite oli löytää synkronointikeinoja, joilla voidaan parantaa toimitusketjun suorituskykyä ja luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia toimitusketjuille.

Alla on esitetty lista erilaisista Synkronointikeinoista, joihin hankkeessa perehdyttiin:

- Kysyntäketjuja vastaavien toimitusketju- ja tuotantokonseptien kehittäminen. Esimerkiksi Leagility-malli, jossa toimitusketjussa toimitaan tasaisen kysynnän alueella Lean-periaatteilla ja vaihtelevan kysynnän alueella Agility-periaatteilla.
- Toimitusketjuja varten sopivien kysyntäketjujen kehittäminen. Pyritään vaikuttamaan kysyntäketjuun, jotta kysyntä ilmenisi toimitusketjulle mahdollisimman suotuisalla tavalla.
- Luodaan kysyntä- ja toimitusketjun yhteen liittävä suunnitelma, jossa sovitaan mm. kysynnän ja tarjonnan muutoksiin vaikuttavista tekijöistä sekä toleransseista, jolloin muutokset aiheuttavat toimenpiteitä suunnitelmissa.
- Kapasiteetti- ja kysyntäennusteiden synkronointi.
- Riskien hallinta ja riskin ottaminen. Riskien hallinnalla ja jakamisella sekä tiedon jakamisella pyritään alentamaan riskinottokynnystä.
- Logistiikkaoperaattori. Logistiikkaoperaattori voi auttaa asiakkaan ja toimittajan välisen toiminnan synkronoinnissa. Esimerkiksi toimittajan valmistuseräkoon ollessa paljon suurempi kuin asiakkaan vaatima toimituserä koko logistiikkaoperaattori voi tasata materiaalivirtaa välissä.

3.4.2 Tutkijan rooli SYNKRO-tutkimushankkeessa

SYNKRO-tutkimushankkeessa väitöskirjatyöntekijän rooli oli tutkia ja pyrkiä kehittämään tieto- ja viestintäteknisiin toimintamalleihin perustuvia rakenteita, joilla nykyistä toimintaa voitaisiin nopeuttaa ja vähentää manuaalisen toiminnan tarvetta. Tutkimuksessa pyrittiin rakentamaan sellainen ICT-teknologiaan perustuva

synkronointia tukeva konsepti, jolla olisi sekä päähankkijoita, että alihankkijoita hyödyntävävaikutus konepajateollisuuden pk-kokoluokan yrityksille. Konseptin kautta pyrittiin löytämään uutta kosketuspintaa niin asiakaskysyntään, kuin myös yritysten omaan varastonhallintaan. Lisäksi haettiin uusia mahdollisuuksia yhdistää asiakaskysyntätietoa ja omaa varastonhallintaa oman tarvetiedon jalostamiseen paremmaksi kysyntätiedoksi omien alihankkijoiden suuntaan. Lisäksi pyrittiin huomioimaan mahdollisuus, jossa kyseinen toimintamalli olisi käytössä sellaisissa alihankkija-päähankkija yhteistyösuhteissa, joissa näiden toimijoiden välissä toimisi kolmantena osapuolena logistiikkaoperaattori. Näistä vastuualueista ja tutkimushankkeen tavoitteista muodostuivat mm. seuraavat väitöskirjatyötä edistäneet julkaisut [Sal09a], [Hap10a], [Sal09b], [Sal11a]. Tutkimushankkeeseen osallistuneet tutkijakollegat omassa ja tutkimusyhteistyö organisaatiossa (VTT) fokuoituivat hankkeessa mm. konepajateollisuuden synkronoinnin nykytilan kartoittamiseen, sekä tulevaisuuden näkymiin ja tarpeisiin, mistä syntyivät mm. seuraavat julkaisut [Hie09a], [Hie09b], [Sal11a].

3.4.3 Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot SYNKRO-hankkeesta

Tutkittaessa logistiikkaoperaattorin roolia alihankkijan ja päähankkijan välissä SYNKRO-hankkeen aikana tunnistettiin HALLI-hankkeessa alustavasti kartoitetut 6 erilaista roolia, joissa operaattori voidaan nähdä toimivan toimitusketjuissa. Alla on nimetty ja esitetty tiivistetysti löydetty 6 eri roolia:

1. Operatiivisten logistiikkakustannusten alentaja

- Tässä perinteissä operaattorin roolissa operaattorilta odotetaan säästöjä logistiikkakustannuksissa. Operaattorille ulkoistettavia prosesseja ovat tyypillisesti varastointi ja kuljetus. Kustannussäästöjä tavoitellaan funktiokohtaisesti eli ei kokonaiskustannusten alentamisen näkökulmasta.

2. Operatiivinen päätöksentekijä

- Tässä roolissa logistiikkaoperaattori osallistuu toimitusketjun päätöksentekoon. Päätökset perustuvat alihankkijoiden tai päähankkijoiden ohjausjärjestelmistä saatavaan tietoon

3. Lisäarvon tuottaja

- Logistiikkaoperaattorin toimiessa tässä roolissa päähankkijan ja alihankkijan välistä toimintamallia voidaan muuttaa jollakin tavalla operaattorin avulla. Logistiikkaoperaattori mahdollistaa siis muutoksen ja tuottaa siten toimitusketjuun lisäarvoa.

4. Toimitusketjun kehittäjä

- Tässä roolissa operaattori innovoi päähankkijan ja alihankkijan väliseen toimitusketjuun uusia toimintamalleja tai prosesseja, joilla voidaan parantaa toimitusketjun suorituskykyä kokonaisuudessaan. Lisäksi operaattori asettaa uusille toimintamalleille ja prosesseille tavoitteita ja mittareita sekä valvoo ja raportoi suorituskyvystä

5. Tuotannollinen toimija

- Tässä roolissa logistiikkaoperaattori ottaa toimitusketjussa vastuuta tuotannollisista toimenpiteistä. Operaattori voi tehdä esimerkiksi yksinkertaisia esikokoonpanoja päähankkijalle (edellä mainittua setitystä ei lueta tuotannolliseksi toiminnaksi, koska siinä ei kiinnitetä osia toisiinsa).

6. Liiketoiminnan lisääjä

- Tässä roolissa toimiessaan operaattori voi omilla toimenpiteillään lisätä päähankkijan valmistamien tuotteiden myyntiä. Esimerkiksi operaattori voi lisätä toimitusketjussa olevia strategisten varastojen tasoja ottamalla lisävarastot omaan taseeseensa. Kysyntähuippujen aikana operaattorin strategisten lisävarastojen avulla pystytään vastaamaan paremmin kysyntään ja siten tuottamaan toimitusketjulle lisämyyntiä.

Roolien tarkempi kuvaus on julkaistu ja esitetty [Sal09b] julkaisussa. 6 toimintaroolin mukaan operaattorin toimintaa luokiteltaessa, vaikuttaa siltä että (asiakkaan suuntaan tuotettavien palvelujen syvyys asiakkaan ja palveluntoimittajan välillä) Suomessa operaattorit toimivat pääosin ensimmäisessä kahdessa luokitteluroolissa. Toisaalta hankkeessa mukana olleiden ja hankkeen aikana haastateltujen pk-tason yritysten mukaan asiakkaita kiinnostaisi luokissa viisi ja kuusi toimivat palveluntarjoajat. Asiakas yritysten näkemyksen mukaan, heistä vaikuttaa kuitenkin siltä että tutkimuksen aikaisilla operaattorimarkkinoilla operaattoreilla ei välttämättä ollut vielä tarvittavaa kokemuspohjaa ja/tai työkaluja vastata täysimittaisesti tähän tarpeeseen.

Tässä väitöskirjatyössä on pyritty tuottamaan sellainen varastonhallintaan kohdistuva viitekehys, jota toteuttamalla operaattorit voisivat päästä asiakaskontakteissaan tarjoamaan asiakkailleen varastonohjauspalveluita, joiden avulla operaattorit pystyisivät jatkossa, nykyistä tehokkaammin, tarjoamaan myös tasojen kolme ja neljä palveluita asiakkailleensa (arvon lisääjä rooli). Tämä fokus on valittu siksi että kyseisen luokan toimintamallien mukaisesti, tutkimustulosten uskottiin olevan nopeinten käytäntöön vietävissä kohdistamalla kehitysfokus nykyisiin yleisimpiä palveluluokkia seuraavaan luokkaan, näin tutkimustulosten toivotaan hyödyntävän tutkimusyhteisön lisäksi myös käytännötoimijoita.

Alla on esitetty kolmeen eri kategoriaan jaettua taulukkoa (1: Ohjaaminen ja algoritmit, 2: Synkronisen toiminnan taloudelliset vaikutukset, 3: Informaation moniselitteisyys), joilla pyritään tuomaan tiivistetysti esille SYNKRO-hankkeen tärkeimmät annit tälle väitöskirjatyölle. Ohjaaminen ja algoritmit alueeseen keskittyvässä taulukossa (Taulukko 5) on koottu yhteen ne tutkimushankkeen annit, jotka ovat vaikuttaneet mm. sopeutuvan ohjaamisen toiminnallisiin ideologioihin, menetelmällisiin valintoihin ja valittujen menetelmien rajaamiseen (mm. monimutkaisten black box tyyppisten menetelmien rajaaminen pois ohjausmalliin sopeutuvien menetelmien joukosta). Toisessa taulukossa (Taulukko 6), joka keskittyy osa-alueeseen synkronisen toiminnan taloudelliset vaikutukset, on käsitelty hankkeen aikana tehtyjä ja tätä väitöskirjatyötä edistäneitä havaintoja, jotka kytkeytyvät ohjaamisen taloudellisiin ja toimitusketjussa toimivien organisaatioiden toimintaa yhtenäistäviin / synkronoiiviin toimenpiteisiin ja informaation läpinäkyvyyteen. Kolmas taulukko (Taulukko 7) käsittelee informaation moniselitteisyyttä eli sitä kuinka eri ihmiset ja organisaatiot saattavat oman taustansa ja

kokemuspohjansa takia tulkitta yhden ja saman tiedon eritavoin ja toimia toisin kuin mitä esimerkiksi informaation antanut yritys voisi olettaa. Taulukko ottaa kantaa mm. siihen kuinka SYNKRO-hankkeessa opitut asiat ovat jäsentäneet sopeutuvan ohjaamisen ideologiaa siten, että kaikki esitettävä informaatio tulisi pyrkiä tuomaan esille siten että se olisi yksikäsitteistä eikä lähtökohtaisesti sisältäisi monikäsitteisiä tulkintamahdollisuuksia.

Taulukko 5: Synkro-hankkeen aikana vahvistuneita käsityksiä sekä väitöskirjan työtä tukevia tutkimushavaintoja - ohjaaminen ja algoritmit

Teema	Tutkimushavainto	Anti tälle väitöstyölle
Ohjaaminen ja algoritmit	<p>Kysyntä- ja toimitusketjun C-luokan nimikkeiden ohjaamiseen alun alkaen suunnitelluilla menetelmillä on annettavaa myös A- ja B-luokissa [Hem07].</p> <p>VMI malleissa, asiakas on usein siirtänyt vastuun materiaalin saatavuudesta toimittajalle ja toimittaja toteuttaa ohjausta visuaaliseen tuotemäärätarkastukseen perustuen. Näin toimittajalla ei ole olemassa tietoa tulevasta, eikä historiatietoa menneestä. Mistä johtuen, toimittaja ei voi optimoida omaa toimintaansa.</p> <p>Teollisuuden logistiikkaukoistusten haaste näyttäisi olevan tiedon läpinäkyvyys [Hap10b] ja materiaalien saatavuuden varmistaminen poikkeamatilanteissa.</p> <p>Tutkimushankkeen tapaustutkimuksena toimivassa yrityksessä oli haasteena ennakoita tuotekohtaista kysyntää oikein nopeisiin toimituksiin tottuneen asiakaskunnan kysyntäpaineen alla. Ennakointi tuoteryhmätasolla onnistui hyvin, mutta tuoteryhmän sisällä asiakkaiden kysyntämuutokset havaittiin hyvin haasteellisiksi.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sopeutuvan ohjauksen ensimmäiset mallit suunniteltiin C-luokan ohjaamisen lähtökohdista varastojen ohjaamista tarkastelemalla, minkä jälkeen mallia laajennettiin A- ja B-luokkiin. Tehdyn tutkimushavainnon mukaan mallin rakentuminen ko. tavalla ei anna olettaa ettei malli soveltuisi kaikkien nimikeluokkien ohjaamiseen. 2. Yhdistämällä historiatiedon, sekä sopeutuvan ohjausmallin lähitulevaisuuden tarveennakkotiedon voidaan tavarantoimittajien VMI malleihin liittyvää komponenttien tuotannonohjaamista tehostaa. 3. Sopeutuvan ohjaamisen mallin tulisi olla sellainen, että sekä ostaja että tavarantoimittaja ymmärtävät miksi ohjausmalli toimii, kuten se toimii, jotta malli voi toimia synkronointiviitekehyksenä kysyntä- ja toimitusketjussa. 4. Sopeutuvan ohjausmallin olisi hyvä pystyä tarjoamaan kysynnän ennakointi yhtäläillä agregoidulla tuoteryhmätasolla, kuin myös nimiketasolla. 5. Sopeutuvan ohjaamisen mallin tulee tarjota mahdollisuus nopeaan parametruston muuttamiseen yleisellä tasolla, sovellettuna kerralla isoon nimikeryhmään. Näin voidaan vastata kvartaaleittain

	<p>Tietyissä tapauksissa alihankkijat joutuivat mm. toimimaan etukäteen epävarman informaation pohjalta ja tekemään mm. tuotannollisia toimenpiteitä ennen varsinaista tilausta [Sal11b].</p> <p>Sykliseen kysyntään (kausittainen, kvartaalinen tms.) reagoimisen suurimmaksi haasteeksi koettiin työajan riittämättömyys ohjaamisen ollessa osa päivittäistä operatiivista toimintaa.</p>	<p>vaihtelevaan kysyntään myös suuren nimikemäärän tapauksessa.</p> <p>6. Synkro-hankkeen aikana luotiin sopeutuvan ohjaamisen ensimmäinen konsepti, jossa ohjausmallin perus pyrkimyksenä oli paremmin markkinatilanteisiin vastaavat varastotasot, nopeammat muutosten seurantaprosessit, sekä ennakointi poikkeamanhallintakäytännöissä. Lisäksi kyseisessä toimintamallissa pyrittiin tavoitteeseen manuaalista mallia vähäisemmällä kokonaisresursseilla.</p>
--	---	--

Taulukko 6: Synkro-hankkeen aikana vahvistuneita käsityksiä sekä väitöskirjan työtä tukevia tutkimushavaintoja - Synkronisen toiminnan taloudelliset vaikutukset

Teema	Tutkimushavainto	Anti tälle väitöstyölle
Synkronisen toiminnan taloudelliset vaikutukset	<p>Synkronoinnin epäonnistuessa yrityksen ydinliiketoiminnan alueilla [Kam08] (Connecting across supply chain, Product development, Customer service, Financial and IT development ja Delivery processes) näkyvät käytännön seuraamukset useimmiten menetettynä myyntinä, huonona tuotannon kustannustehokkuutena ja markkinapotentiaalin heikkenemisenä.</p> <p>Tutkimushankkeessa havaittiin viitteitä siitä että synkronisesti toimivan yritysverkoston strategiaa ja toimintamallia on vaikea kopioida.</p> <p>Synkronoinnissa epäonnistumisen selittäväksi tekijäksi osoittautui mm. tiedonpuutteesta johtuva epävarmuus. Epävarmuus koski useimmiten nykyisiä ja / tai tulevien asioiden tiloja tai käsityksiä näistä tiloista, sekä toimijoiden erilaista näkemystä tulevasta.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sopeutuvalla ohjauksella tulisi olla positiivinen vaikutus alihankkijan ja päähankkijan synkronoinnissa, sekä sen tulisi tarjota mahdollisuus kytkeä ohjaamiseen tulevaa näkymää yrityksen myynnistä sekä markkinoinnista. 2. Tiedon puutteen selittävä tekijänä vaikuttaisi olevan tiedon vaillinaisuus ja ymmärtäminen ja myös tiedon tulkinnassa olevat erot. Tästä johtuen sopeutuvan ohjaamisen ideologian täytyy olla suhteellisen yksinkertainen ja itseään selittävä. 3. Sopeutuvan ohjaamisen tulisi lisätä toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja informaation jalostettavuutta. 4. Sopeutuvan ohjaamisen filosofiaan on hyvä liittyä lähtökohtainen malli siitä että

	<p>Toiminnan epävarmuutta merkittävästi vähentäväksi tekijäksi pystyttiin tapaustutkimuksissa nimeämään ns. kevyt ylivarastointi.</p> <p>Konepajateollisuudessa kysynnän ja tarjonnan kokonaisoptimointi ei ole vielä jokapäiväistä arkirutiinia, asiat hoituvat, mutta ne voisivat olla paremminkin ja tehokkaammin suoritettuja. Synkronointi ei ole systemaattista toimintaa [Hie09b], vaikka prosessitasolla synkronointi onkin tyydyttävää tasoa [Hap10a].</p>	<p>sopeutuva ohjaus ohjaa lähtökohtaisesti hieman suurempiin varastoihin kuin mihin tarkasti ennakkotietoon pohjautuva ohjaaminen johtaisi. Kevyellä ylivarastoinnilla nähdään olevan selkeä positiivinen vaikutus poikkeamatilanteiden kokonaismäärään, mikä johtaa suurempiin säästöihin, kuin mihin hyvin lähelle kriittistä rajaa suoritettavalla mitoituksella päästään.</p>
--	---	---

Taulukko 7: Synkro-hankkeen aikana vahvistuneita käsityksiä sekä väitöskirjan työtä tukevia tutkimushavaintoja - Informaation moniselitteisyys

Teema	Tutkimushavainto	Anti tälle väitöstyölle
Informaation moniselitteisyys	<p>Tapaustutkimuksissa havaittiin synkronoinnin epäonnistumista selittäväksi tekijäksi moniselitteisiin (tarkoitetaan sitä että sama informaatio tulkitaan eritavalla).</p> <p>Toimijoilla voi olla myös erilainen käsitys siitä kuinka tietoon tulisi vastata ja mitä toimenpiteitä tiedon pohjalta tulisi suorittaa.</p> <p>Toimijoilla näyttää myös olevan käsitys että heidän välinen kommunikaatio on hyvää ja avointa, mutta silti toimitusketjuissa yllätetään siitä että vastapelurin toimintaa ei ymmärretä tai toisen toimenpiteisiin ei osata varautua [Hap10b].</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tulkintaeroista johtuen, sopeutuvan ohjaamisen mallin visuaalisessa kuvaamisessa myös esitysmuotojen tulee olla yksinkertaisia ja helposti tulkittavia. Ei riitä että pelkkä ohjausmalli on riittävän yksinkertainen. 2. Tiedon tulkittavuutta olisi hyvä tukea erilaisilla luokittelumalleilla, tässä sopeutuvan ohjauksen osalta voidaan mm. soveltaa tuotteiden kysyntäkäyttäytymisen profiilien samankaltaisuutta. 3. Mahdollisista erilaisista tiedon tulkintamalleista johtuen, sopeutuvan ohjauksen tulee olla sellainen rakenteeltaan että päähankkija pystyy mallin avulla selittämään alihankkijalle, miksi hänen tuotekohtainen tarpeensa muuttuu tai muuttui lähiaikoina.

3.5 Tutkimushanke Johto – Alihankintaverkoston johtaminen, kysyntä & tarjontainformaatio toimitusketjuissa

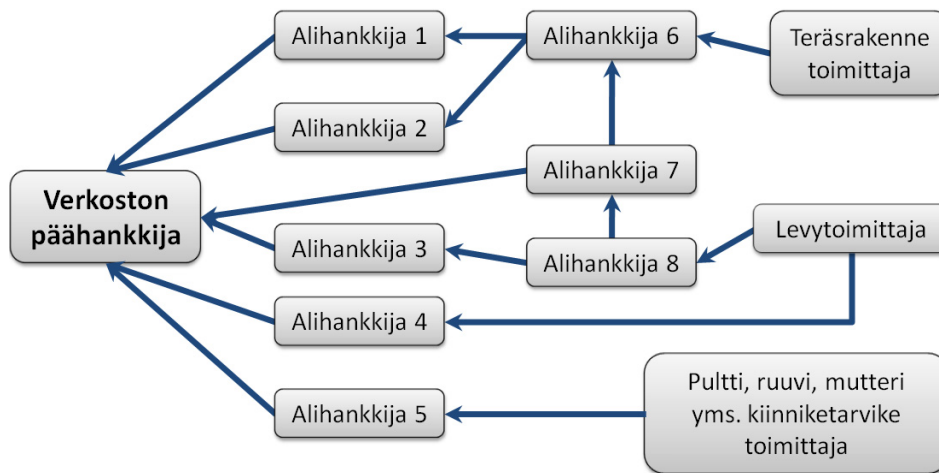
SYNKRO-tutkimushankkeen tulosten ja yritysmaailmasta tulleen verkostonjohtamistarpeen impulssin kautta tutkija siirtyi SYNKRO-hankkeesta JOHTO-hankkeeseen (Toimittajaverkoston innovatiivinen johtaminen ja ICT ratkaisut - tutkimushanke). JOHTO-hankkeessa on pyritty hyödyntämään SYNKRO-hankkeen oppeja sopeutuvan varastonohjaus ideologian eteenpäinviemiseksi, samalla pyrkien löytämään käytännön hyötyjä ja verkoston ohjaamisen etuja, joita kysyntään sopeuttamisella voitaisiin saavuttaa mm. pelkästään tyypilliseen keskiarvojen seurantaan perustuvaan tilauspisteohjaukseen nähden.

Teollisen tuotantotoiminnan verkostoitumisen ja hajaantumisen myötä nimikkeiden saannin, erityisesti oikea-aikaisen ja määräisen, on johtanut vähitellen tilanteeseen, jossa erilaisten ongelmien määrä (mm. nimike riitto, tuotteiden laatuongelmat, muutosten kommunikointi verkostossa, tiedon saanti ja tiedon omistajan löytäminen) on lisääntynyt. Alihankkijoiden kannalta taas tilanne voi olla ongelmallinen jo pelkästään siksi että heillä on yhtä aikaa useita eri päähankkijoita palveltavanaan, joilla kysyntätilanteet, laatuvaatimukset, kommunikointitavat, tuotannonohjausperiaatteet, logistiset järjestelmät, toimintarutiinit, johtamistavat, sopimuskäytännöt ja monet muut asiat voivat poiketa huomattavasti toisistaan, mikä aiheuttaa alihankkijalle huomattavia vaatimuksia sopeutumisen ja mukautumisen osalta.

Logistiikan osalta toiset päähankkijat tarvitsevat alihankkijaa varastoimaan tuotteita alihankkijan tiloissa. Joillekin päähankkijoille taasen toimitetaan tavaraa suoraan tuotantolinjalle, tunnin tarkkuudella. Lisäksi jotkut päähankkijat tahtovat yksittäisiä isoja eriä, harvoin toimitettuna, jolloin he varastoivat tuotteita itse. Alihankkijalle suuret erot käytännössä aiheuttavat haasteita kysynnän ennakkoinnin osa-alueella, missä ko. haaste ei ole välttämättä päähankkijalle ilmeinen. Ensinnäkin alihankkijan kohtaama useiden eri toimintamallien kokonaisuus ei välttämättä tule päähankkijalle edes mieleen, koska ko. päähankkija toimii kaikkien alihankkijoiden ja toimittajiensa suuntaan yhdellä ja samalla mallilla. Alihankkija taas toimii useiden päähankkijoiden kanssa, joten erilaisia toimintamalleja on helposti vähintään yhtä monta, kuin mitä palveltavia päähankkijoita on. Ennakointia vaikeuttavat myös mahdolliset virheet päähankkijoiden tarve-ennusteissa. Jos nimittäin jokainen päähankkija ennustaa itse ja jokainen ennustaa esimerkiksi tulevan tarpeensa 20 % alakanttiin, verrattuna toteutuvaan kysyntään, voi alihankkija kohdata priorisointiongelman siitä kenelle hän toimittaa ja kuinka paljon. Toisaalta jos jokainen päähankkija ennustaa reilusti ylitse todellisen tarpeensa, alihankkijan varastokapasiteetti ja raakamateriaaleihin sitoutuva varallisuus voi muodostua alihankkijalle ongelmaksi. Kyseinen ennakkoinnin yli-/aliarviointi on hyvin tyypillinen ongelma nykypäivän toimitusketjuissa, joissa vaaditaan nopeaa toimitusaikataulua ja joissa kysyntä vaihtelee kausittain ja nimikkeittäin välillä hyvinkin merkittävästi. Kun tätä samaa ongelmaa tarkastellaan ketjuuntuneessa toimitusketjurakenteessa, jossa tilaajien ennusteesta muodostetaan ketjussa seuraaville toimittajille kumuloitu ennuste, mikä johtaa helposti ennustevirheiden kumuloitumiseen ja hyvin merkittävään kysynnän vääristymään. Tieteellisessä kirjallisuudessa tätä ilmiötä kutsutaan ns. bullwhip-ilmiöksi, ruoska-efektiksi tai forrester-ilmiöksi, ko. ilmiön keksijän mukaisesti [For61]. Osittain yllämainitusta syistä sekä osittain hyvinkin räikeistä ennustevirheistä, joita pää-, sekä alihankkijat tekivät omissa prosesseissaan kysynnän kääntyessä merkittävästi laskuun vuonna 2009, osa tapaustutkimuksina

toimivista alihankkijayrityksistä on siirtynyt ennustamaan päähankkijoiden kumulatiivista tarvetta itsenäisesti, merkittävästi ottamatta huomioon päähankkijoiden heille toimittamia ennusteita.

Edellä mainittiin päähankkijoiden ennustevirheiden lisäksi myös alihankkijoiden tekemät ennusvirheet, omille toimittajilleen. Alihankkijat ennustivat ennen lama-aikaa useimmiten omille toimittajaportailleen osittain omaan toimintansa ja osittain odotetun päähankkijoiden toiminnan perusteella. Toimittajaverkoston haasteeksi muodostuikin, tässä tilanteessa, vertikaalisesti ja horisontaalisesti tapahtuvat ristikkäiset ja peräkkäiset toimitukset verkoston alihankkijoiden ja tavarantoimittajien välillä (Kuva 20). Tällaiset materiaali-virrat eivät näy välttämättä päähankkijalle millään tavalla, mutta ko. materiaalivirtojen ongelmat näkyvät vähintään päähankkijaan suorassa suhteessa olevien alihankkijoiden toimituksissa.



Kuva 20: Vertikaaliset ja horisontaaliset toimitukset peräkkäisesti ja ristikkäisesti verkostoituneissa alihankkija ja tavarantoimittaja verkostoissa

Tällaisista verkostomaisen toimintamuodon aiheuttamista poikkeamista pyritäänkin pääsemään nykyisessä konepajateollisuuden pk-maailmassa osittain eroon lisäämällä verkostokumppaneiden välistä kommunikointia. Pyritään siis siihen että kaikilla toiminnan osapuolilla olisi jatkuvasti sama käsitys toiminnan nykytilasta [Kam08]. Kustannustarkastelun osalta mm. transaktiokustannusteoriassa on lähestytty kustannuksia siitä lähtökohdasta, että transaktiokustannukset voivat lähestyä nollaa, mikäli osapuolien välinen informaatio on täysin symmetristä [Häk08]. Koska tiedon ja informaation epäsymmetrisyyttä voidaan helpoiten vähentää lisäämällä läpinäkyvyyttä ja reaaliaikaisen / lähes reaaliaikaisen tiedon välitystä lisäämällä kaikkien osapuolien välillä, on tässä väitöskirjatyössä pyritty kiinnittämään sopeutuvan ohjausmenetelmän osana tiedon esittämistä ja välitettävyyttä sellaisessa muodossa että se tukisi hyvin edellä kuvattua erilaisten käsitysten vähentämisyrittä.

JOHTO-hankkeen ajankohta: 2009 – 2011

Tutkimushankkeeseen osallistuvat yritykset:

- Konepajateollisuuden alan päähankkijoita ja alihankkijoita
 - Yhteensä 6 eri isohkoa pk-kokoluokan alan toimijaa, joista 3 päähankkijaa ja 3 alihankkijaa (joista kaikki toimivat konepajateollisuudessa joko kokoonpaneovina yrityksinä, valmistavina yrityksinä tai näitä palvelevina konepajateollisuuden toimittajina). Kaikki 3 päähankkijaa toimii globaaleilla markkinoilla tarjoten tuotteitaan kaikille mantereille. Alihankkijat ovat oman alansa isoja toimijoita Suomessa ja lisäksi alihankkijoilla on yhteyksiä myös muualle maailmaan, joko suorina kontakteina tai muiden päähankkijoiden toimitusten / sopimusten kautta. Tutkimushankkeen tapaustutkimuksina toimivat päähankkijoiden toimittajat olivat sellaisia toimijoita joiden asiakasryhminä olivat pääosin konepajateollisuuden, mutta myös muun teollisen alan toimintaa kuului asiakasryhmiin.

- Konepajateollisuutta palvelevia logistiikkaoperaattoreita
 - Hankkeeseen osallistui, yllämainittujen päähankkija / alihankkija yritysten lisäksi logistiikkaoperointiin erikoistunut yritys. Logistiikkaoperaattorin rooli tutkimushankkeessa oli ottaa oman osaamisalueensa puolesta kantaa päähankkijoiden ja alihankkijoiden väliseen tiedonvaihtoon, operaattorin rooliin toimijoiden välissä, sekä operaattorin mahdolliseen rooliin tulevaisuudessa. Lisäksi operaattori toi näkökantansa siihen, kuinka hyvin hankkeessa kehitettävät menetelmät voisivat käytännössä toimia mm. heidän nykyisessä asiakaskunnassaan ja mahdollisesti jatkossa kuinka ko. malleilla voitaisiin laajentaa nykyistä asiakaskuntaa.

- ICT-palveluntarjoaja
 - Päähankkija ja alihankkija yritysten, sekä logistiikkaoperaattorin lisäksi hankkeeseen osallistui yksi ICT-alan palveluntarjoaja, jolla on merkittävää kokemusta pk-sektorin teollisuuden ERP- ja inbound / outbound- logistiikan järjestelmästä, sekä tuotannon ohjausjärjestelmästä. ICT-palveluntarjoajan rooli tutkimushankkeessa oli antaa oma näkemyksensä erilaisten johtamismallien ja niitä tukevien ratkaisuiden sovellettavuudesta käytäntöön ottaen huomioon nykyisen pk-sektorin yritys maailman ICT-rakenteet.

- Konepajateollisuuden toimijat: kokoonpanoyritykset, tavarantoimittajat, logistiikkaoperaattorit, ohjelmisto-palveluntarjoajat, tutkimuslaitokset, yms.
 - Edellä mainittujen päätiedonantajien lisäksi hankkeeseen osallistui tiedonantoroolissa joukko yksittäisiä tutkimuksen teollisuusalanpiirissä toimivia organisaatioita, palveluntarjoajia ja yrityksiä. Kyseiset toimijat olivat joko suorassa asiakas-toimittaja suhteessa hankkeissa mukana olleisiin tapaustutkimus yrityksiin tai heidän nimettiin yritysten toimesta oman toimialueensa merkittävimiksi osajiksi. Lisäksi hankkeen aikana saatiin hankkeen osalta arvokasta tietoa toisilta tutkimuslaitoksilta, joita tavattiin tutkimuksen aikaisissa tutkijapalaverissa.

3.5.1 JOHTO-tutkimushankkeen kuvaus

Johto-tutkimushanke suoritettiin konstruktiiivisella tutkimusotteella. Kyseinen tutkimusote valittiin tutkimushankkeeseen, koska lähtökohdiltaan tutkimushankkeessa pyrittiin erityisesti pureutumaan johtamiseen liittyvien ongelmiin ja näiden ratkaisemiseen, mihin ko. tutkimusote soveltuikin hyvin. Konstruktiiivisessa tutkimuksessa pyritään ongelmaratkaisulähtöiseen tutkimustyyliin, jossa yhdistyvät ongelman päämäärähakuinen työstäminen ja ratkaisun empiirinen testaaminen sekä ratkaisun soveltamisalueen tarkastelu [Olk94].

Johto-tutkimushankkeessa pyrittiin mm. selvittämään informaatio- ja materiaalivirran mittareiden integroitavuutta, jotta voidaan selvittää syy-seuraus-suhteita näiden virtojen välillä. Käytännössä pyritään siis ymmärtämään sitä miten informaatiiovirran laatu vaikuttaa materiaalivirran laatuun. Mm. ennustetarkkuutta voidaan pitää informaatiiovirran mittarina ja toimitusvarmuutta on materiaalivirran mittarina.

Lisäksi hankkeessa tutkittiin tapaustutkimuslähtöisesti varastonohjausproblematiikkaa, jossa yrityksellä oli ollut lähihistoriassa kokemuksia varastopuutoksista, jälkepäin tulkiten, väärin asetetuista varastoparametreista johtuen. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, kuinka parametrystoa voitaisiin asettaa jatkossa paremmin vaihtelevan kysynnän huomioiden. Ongelman perusproblematiikka muodostui siitä että yksinkertainen ratkaisu ko. haasteeseen olisi varastotasojen merkittävä korottaminen koko varaston osalta, mikä ei käytännössä varastoon sitoutuvan varallisuuden ja suuremman varastointimäärän vaatiman tilatarpeen takia olisi mahdollista. Toisaalta jos jälkikäteen nostetaan sellaisten tuotteiden osalta varastojen varmuustasoja joissa lähiaikoina on koettu varastopuutostilanteita, voi tuloksena olla se että puutoksia ilmenee samassa määrin kuin ennen, koska kysyntämuutokset siirtyvät markkinatilannemuutosten takia nimikeryhmästä toiseen. Tutkimuksellisesti haasteeseen pyrittiin vastaamaan hakemalla kysynnästä ennakoitavissa olevia piirteitä, mallintamalla näitä piirteitä ja pyrkimällä mallin kautta kohdistamaan varastoparametristomuutoksia oikeisiin nimikeryhmiin. Näin Johto-hankkeessa jatkettiin sitä pohjatyötä käytännön empiirisen kenttätutkimuksen kautta eteenpäin, mikä oli Synkro-hankkeen aikana aloitettu.

3.5.2 Tutkijan rooli JOHTO-tutkimushankkeessa

JOHTO-tutkimushankkeessa väitöskirjatyöntekijä tutki yritysten välistä tiedonvaihtoa, sekä pyrki löytämään toimintamalleja ja menetelmiä tukemaan yritysten sisäistä että verkostomaista johtamista informaatiolähtöisesti. Hankkeessa jatkettiin SYNKRO-hankkeen aikana luodun sopeutuvan varastonohjaamisen konseptin kehittämistä, osana päähankkijan varastonohjaamisen tehostamista [Hap11]. Väitöskirjatyöntekijä pyrki myös selvittämään kuinka sopeutuvan konseptista saatavaa lähitulevaisuuden tarvetietoa voidaan hyödyntää verkoston ohjaamisen ja johtamisen konsepteissa. Sopeutuvan ohjaamisen ja informaation jakamisen kokonaisuudella pyritään löytämään uusia tapoja välittää asiakaskysyntä / tarvetietoa nykyistä nopeammin koko verkoston lävitse. Näin ei pyritä tehostamaan pelkästään omaa varastonhallintaa, vaan samalla pyritään auttamaan toimittajia heidän varastonohjaamisen haasteissa ja vähentämään yllätyksiä toimitusketjuissa [Hap10b]. Tutkimuksessa mukana olleet tutkijakollegat keskittyivät hankkeessa toiminnan synkronoimisen tehostamisen mekanismeihin ja malleihin, mistä syntyi mm. seuraava julkaisu [Sal11b].

3.5.3 Väitöskirjatyötä edistäneet havainnot JOHTO-hankkeesta

Tässä väitöskirjatyössä on pyritty tuottamaan sellainen varastonhallinnan osa-alueen viitekehys, jota toteuttamalla pk-sektorin toimija pystyisi allokoimaan varastonohjaukseen varaamaansa henkilötyöresurssia tuotantokriittisiin nimikkeisiin, ei niin tuotantokriittisten nimikkeiden ohjauksen automatisoinnin kautta. Nykyisen kaltaisessa, nopeassa tahdissa muuttuvassa maailmassa, staattiseen ohjaamiseen perustuvilla malleilla ei pystytä vastaamaan maailman muutoksiin riittävän nopealla tahdilla. Tarvitaan dynaamisempaa, ajassa kiinni olevaa ohjausmallia, joka huomioi sekä markkinatilannemuutoksia, että markkinoiden yleistä toiminnan rytmiä. Osoittamalla sopeutuvan ohjauksen käytännön etuja, potentiaalisia hyötyjä, sekä myös mahdollisia ohjaukseen liittyviä haasteita, huomioiden sopeutuvan ohjauksen kokonaisuuden tarjoamat mahdollisuudet tutkimustulosten nähdään olevan nopeasti käytäntöön vietävissä olevia, näin tutkimustulosten toivotaan hyödyntävän tutkimusyhteisön lisäksi myös käytännötoimijoita.

Alla on esitetty kahteen eri taulukoon jaettua, kolmessa eri kategoria-alueessa (ensimmäinen taulukko: ”Informaation jako ja ohjaaminen”, sekä ”Ohjaamisen taloudelliset vaikutukset” alueet ja toinen taulukko ”Tieto- ja viestintäteknologia” alue), JOHTO-hankkeen tärkeimmät annit tälle väitöskirjatyölle tiiviinä pakettina. Informaation jakoon ja ohjaamisen taloudellisiin vaikutuksiin keskittyvässä taulukossa (Taulukko 8), tuodaan esille niitä hankkeen havaintoja, jotka ovat vaikuttaneet mm. sopeutuvan ohjaamismallin valittuihin graafisiin esitystapoihin ja näitä tukeviin menetelmiin, sekä ideologian kehittymiseen niin, että vaikka lähtökohtainen pyrkimys menetelmällä onkin pyrkiä estämään toimintaan muodostuvia poikkeamia ja työtä häiritseviä varastopuutoksia, niin silti ohjaamisen taloudellisiakaan vaikutuksia ei ole unohdettu. Toisessa taulukossa (Taulukko 9), käsitellään JOHTO-hankkeen väitöskirjatyölle tuomaa tietoa- ja viestintäteknologian näkökulmasta. Kyseinen taulukko keskittyy mm. siihen, kuinka tekniikan tulisi jatkossa mahdollistaa ohjaaminen ajasta ja paikasta riippumattomasti ja tarjota mahdollisuuksia palata historiatietoon tehtyjen toimenpiteiden vaikutusten ja seuraamusten tarkastelemiseksi, jotta muutosten vaikutusten suuruusluokkia ja seurannaisvaikutuksia voidaan jälkikäteen tarkastella.

Taulukko 8: JOHTO-hankkeen aikana vahvistuneita käsityksiä sekä väitöskirjan työtä tukevia tutkimushavaintoja - Informaation jako ja ohjaamisen taloudelliset vaikutukset

Teema	Tutkimushavainto	Anti tälle väitöstyölle
Informaation jako ja ohjaaminen	Tiedottamalla toiminnan muutoksista riittävän aikaisessa vaiheessa, toimitusketjun eri toimijat pystyvät muokkaamaan omaa toimintaansa, niin että muutokset eivät haittaa verkoston tuottavuutta.	1. Sopeutuvan ohjaamisen mallin esitystavan tulee olla sellainen että sillä voidaan viestittää toimittajille selkeästi etukäteen tulevasta tarpeesta samalla kuin voidaan tiedottaa kuinka totuttuun tilaamiskäytäntöön tulee lähitulevaisuudessa poikkeama ja millainen tämä poikkeama on.
Ohjaamisen taloudelliset vaikutukset	Sopeutetuilla varastotasoilla voidaan saavuttaa osoitettavissa olevia säästöjä varaston keskimääräisen	1. Tapaustutkimuksella on pystytty selkeästi osoittamaan kuinka kysynnän ennakoinnilla voidaan suorittaa merkittäviä muutoksia varastotasoihin,

	<p>arvon seuratessa todellista tarvetta verrattuna keskimääräisiin arvoihin perustuviin malleihin. Tapaustutkimuksessa keskimääräinen varastotaso saatiin laskettua vähän vajaasta 2M€ hieman yli miljoonaan euroon. Minkä jälkeen varastotaso nostettiin takaisin ylös kysyntäsesonkia varten</p>	<p>aiheuttamatta kuitenkaan toimintaan suuria poikkeamia.</p> <p>2. Varastotasojen sopeutuksella havaittiin myös merkittävä saavutettavissa oleva etu ostolaskujen ajoittumisen osalta, laskujen ajoituksessa uudessa mallissa paremmin niihin toiminnan aikakausiin, jolloin aktiivista toimintaa ja siten myös laskutettavaa työtä oli enemmän.</p> <p>3. Varastojen ennakoivalla sopeutuksella pystyttiin viestittämänä toimittajille merkittävästi etukäteen tulevasta kysynnästä, jolloin ostava organisaatio sai varattua itselleen hyvissä ajoin valmistajan tuotantokapasiteettia ja näin taattua hyvän saatavuuden.</p>
--	--	--

Taulukko 9: JOHTO-hankkeen aikana vahvistuneita käsityksiä sekä väitöskirjan työtä tukevia tutkimushavaintoja - Tieto- ja viestintäteknologia

Teema	Tutkimushavainto	Anti tälle väitöstyölle
Tieto- ja viestintäteknologia	<p>Hankkeen aikana mm. seuraavia asioita havaittiin tyypillisiksi tarpeiksi pk-tason teollisen verkoston ohjaamisessa ja johtamisessa: ajasta ja paikasta riippumattomuus, järjestelmän vaste on nopea, järjestelmä on helppokäyttöinen, manuaalisten työvaiheiden määrä on vähäinen, kysyntä muutoksista pidetään kirjaa.</p> <p>ICT-järjestelmien käytöstä tahdotaan etua</p>	<p>1. Järjestelmän täytyy olla nopeasti omaksuttava sekä helppokäyttöinen, että käyttäjät eivät hylkää järjestelmän käyttöä ja palaa vanhoihin toimintamalleihin</p> <p>2. Järjestelmästä täytyy saada helposti tietoa muutoksista, jotta toimintaa voidaan kehittää. Tuntemalla muutosten syyt, pystytään jatkossa laatimaan yhteisiä hankinta / toimitussuunnitelmia toimittajaverkon kanssa, yhdistämällä tunnetut selittävät tekijät lähitulevaisuuden kysyntäennakkotietoon</p> <p>3. Ohjausmallin pitäisi olla sellainen että sen vaikutuksista voidaan luoda nyrkkisääntöjä kuinka ohjausliike tyypillisesti vaikuttaa käytäntöön. Esimerkiksi 10 % ohjausliike = havaittu 6 % muutos, 20 % ohjausliike = havaittu muutos 15 %, 30 % ohjausliike = havaittu 28 % muutos jne.</p> <p>4. Sopeutuvan ohjaamisen toimintamallin tulisi olla sellainen että sen mukaan</p>

	<p>systemaattiseen tiedonkeräämiseen, jotta yrityksessä voidaan vähentää henkilövaihdosten vaikutuksia johtamistoiminnassa ja päivittäisessä operatiivisessa toiminnassa.</p>	<p>tehtyjen kysynnän ennakkotieto mallien parametrit ja parametrien seurauksena saatujen kysyntäkäyrät saadaan talteen myöhempää tarvetta varten. Esimerkiksi henkilöstökoulutusta varten. Lisäksi tehtyjä ennakkomalleja ja toteumaa keskenään vertaamalla voidaan yhdessä toimittajien kanssa käydä lävitse ennakkotiedon ja toteuman välisiä virheitä ja näin yhteisymmärryksessä vähentää virheitä jatkossa.</p>
--	---	--

3.6 Tutkimuskysymyksien ja tutkimustarpeen rakentuminen käytännön rajoitteiden, haasteiden, sekä tarpeiden pohjalta

Kirjallisuuskatsauksessa [Bas09] etsivät tuotteiden ja palveluiden modularisoinnin osa-alueelta, erityisesti logistiikkapalveluiden osalta tyypillisimmät modulaarisuuteen liittyvät teemat. Kirjoittajien mukaan palveluiden modularisointi on suhteellisen uusi ja vähän tutkittu teema, minkä takia he laajensivat kirjallisuuskatsauksensa koskemaan palveluiden lisäksi mm. tuotteita, tuotantoa ja organisaatioita ja toimitusketjuja. Kirjallisuuskatsauksensa tuloksena [Bas09] esittelee kuinka modulaarisuus voidaan ymmärtää palveluiden piirissä, mutta samalla kirjoittajat täsmentävät että tutkimus metodin (kirjallisuus katsaus) valinnan takia aihealue vaatii jatkotutkimusta. Erityisesti he painottavat sitä, että aihealue vaatii palveluntarjoajien, esimerkiksi logistiikka operaattoreiden, haastatteluja, jotta voidaan käytännössä ymmärtää paremmin sitä kuinka palveluiden modulaarista viitekehystä voidaan käyttää nykypäivän ja tulevaisuuden palveluissa.

Tässä väitöskirjassa on pyritty vastaamaan juuri edellä mainittuun lisätutkimusta tarvitsevaan tutkimusongelma-alueeseen siitä kuinka varaston ohjaus voitaisiin sopeutuvalla ohjausmenetelmän ideologialla modularisoida logistiikkapalveluksi ja mitä käytännössä modularisointi voi tarkoittaa logistiikkaoperaattorin ja heidän asiakkaidensa yhteistyön laadun ja määrän osalta nykypäivänä ja tulevaisuudessa. Tässä väitöskirjassa on esitetty yksi tapa toteuttaa asiakkaalle lisäarvoa tuottava varastohallinnanosa-alueeseen kuuluva lisäarvopalvelu, johon voidaan modulaarisesti liittää myös muita operaattorin palvelukonsepteja.

[Bas09] mukaan palveluiden modulaarisuuden osa-alue on edelleen melko vähän tutkittua tieteen puolella [Pek08], eikä myöskään käytännön toiminnassa ole vielä edetty toteutuksissa merkittävän pitkälle. [Bas09] mukaan etenkin palveluiden tarjoajat voivat jatkossa hyötyä tämän tieteen alueen tutkimuksessa, esimerkiksi palvelukirjon laadun parantamisen ja määrän lisäämisen muodossa tulevaisuudessa. Vastaavasti myös tässä väitöskirjassa pyritään tieteellisen kontribuution lisäksi siihen että työssä esitettävä

viitekehys ja kysyntään sopeutetun varastoparametriston säädön toimintamalli voitaisiin hyödyntää myös käytännön toiminnassa.

Käytännön haastatteluissa päädyttiin yhteisymmärrykseen yhtälailta logistiikkaoperaattoreiden, kuin myös heidän asiakkaidensa kanssa siitä, että käytännössä tarvittaisiin tietojärjestelmä, jonka toiminta perustuu selkeästi kuvattuun logiikkaan ja ajatusmalliltaan asiakkaille avattuun ideologiaan. Tällä pyritään saamaan aikaiseksi uutta luottamusta asiakkaiden ja toimittajien välille. Pyritään tilanteeseen, jossa sekä asiakas että toimittaja ymmärtävät yhtälailta ja samalla tasolla miksi järjestelmää sovelletaan vain tiettyihin tuotteisiin, miksi eri tuotteiden osalta sovelletaan täysin erilaisia menetelmiä ja mitä seuraamuksia tuotteiden manuaalisella siirtämisellä hallintaluokasta toiseen saattaa olla.

Pelkät suulliset vakuutukset ja lupaukset eivät riitä nyky maailmassa asiakkaille, tarvitaan kiistatonta näyttöä siitä että toiminta on luotettavaa ja toisaalta faktoja siitä että luvatussa toiminnassa on pysytty ja tullaan jatkossakin pysymään. Lisäksi asiakkaalle pitää pystyä näyttämään, esimerkiksi historiatiedon pohjalta, toiminnan laatu. Siirtymällä automaattiseen inventointiin, voitaisiin mahdollistaa uudelle tasolle siirtyvä poikkeamien hallinta ja raportointi, minkä seurauksena asiakkaiden kanssa on helppoa neuvotella käytäntöjen muutoksista ja esimerkiksi siitä, että palvelunlaatua kasvatetaan jatkossa tietyillä muutoksilla, jotka perustuvat asiakkaan oman tarpeen muutokseen, ei pelkkään toimittajan palvelun laatuun, jolloin pystytään myös neuvottelemaan yhteisymmärryksessä hinnoittelusta.

3.7 Koonti hankkeiden tärkeimmistä anneista tälle väitöskirjatyölle

Tässä kappaleessa tuodaan kootusti esille, väitöskirjatyön aikaisten hankkeiden tärkeimmät ja merkittävimmät havainnot, jotka ovat määritelleet työssä luodun menetelmän kehittymisen ja muotoutumisen osana tutkimusprosessin yleistä menetelmäkehitystä. Samalla tässä esitellään hankkeiden tärkeimpiä havaintoja ja käytännön toimijoilta välittyneitä tarpeita, jotka ovat myös omalta osaltaan muokanneet työssä luotua menetelmää, kohti sen lopullista muotoaan. Edellä kuvattujen havaintojen tarkastelu on jaettu kolmen pääteeman alle:

1. Menetelmän tarpeet ja rajaukset (Taulukko 10)
2. Kokonaisuuden hallitseminen (Taulukko 11)
3. Soveltuvuuden ymmärtäminen (Taulukko 12)

Näiden teemojen sisällä käydään lävitse teemaan liittyvät tehdyt tärkeimmät tutkimushavainnot, esitetään tutkimushankkeet joissa kyseinen havainto on tehty, sekä havaintoon liittyvät vaikutukset tässä väitöskirjatyössä esitettävälle menetelmälle. Teeman yksi (menetelmän tarpeet ja rajaukset) alla käsitellään mm. sitä mikä rooli lyhyellä ja pitkän aikajänteen historiatiedolla on kokonaisuudessa ja toisaalta otetaan kantaa mm. siihen kuinka mallin yksinkertaisuus ja ymmärrettävyys on hyvin tärkeä asia mallin käytäntöön päättymisen kannalta, pk-sektori ympäristössä. Teeman kaksi (kokonaisuuden hallitseminen) alla on käsitelty mm. menetelmään liittyviä toimitusketjukokonaisuuksien (mm. riittävän toiminta-ajan takaaminen toimittajalle) huomioimisen osa-alueita. Kolmannen teema-alueen alla (soveltuvuuden

ymmärtäminen) käsitellään menetelmän ja sen kautta esitettävien asioiden ymmärrettävyyteen ja sopivan sovellettavuusalueen rajaavia tekijöitä.

Taulukko 10: Tutkimushankkeista opittua - menetelmän tarpeet ja rajaukset

Havainto	Hanke	Menetelmällinen johtopäätös
Lyhyen- sekä pitkän aikajänteen historiatiedolla on oma roolinsa kysyntäprofiili luotaessa	Kapasiteetin hallinta & SYNKRO & JOHTO	Riippuen tapauksesta pitkän aikajänteen historiatietoa voidaan hyödyntää lyhyen aikajänteen mallin muutosten ennakoinnissa tai kääntäen. Joka tapauksessa molemmilla historiatiedon muodoilla on oma roolinsa kysyntää ennakoitaessa. Mikro- ja makrotason tiedon yhdistäminen on tässä avaintekijä. Lisäksi kysyntää mallinnettaessa aikaikkunoiden pituuksien määrittäminen onnistuneesti, vaikuttaa merkittävästi mallintamisen onnistumiseen.
Mallista riippumatta mallin tuloksia pitää pystyä vertaamaan käytännön toteutumiin ja erityisesti poikkeamat täytyy pystyä selittämään	Kapasiteetin hallinta & SYNKRO & JOHTO	Malli jonka tuottamien tulosten poikkeamaa ei pystytä selittämään on ongelmallinen käytännön toiminnassa, koska mallin käyttöön kohdistuu epäluottamusta, mallin selittämättömän ”satunnaisuuden” takia. Toisin sanoen syy-seuraus suhteet pitäisi pystyä yksikäsitteisesti selittämään ja informaatiovirran laatua pitäisi pystyä peilaamaan toteutuvaan materiaaliavirran laatuun.
Mallin yksinkertaisuus / monimutkaisuus ei ole mallin hyvyyden / laadun mittari	Kapasiteetin hallinta & SYNKRO	Erityisesti käytännön toimijoille, tulokset puhuvat puhtaasti puolestansa, mallin rakenne on toissijainen asia, mutta lähtökohtaisesti mitä yksinkertaisempi, sen parempi käytön kannalta.
Informaation valmis saatavuus parantaa todennäköisyyttä menetelmän päätyemisestä käytännössä sovellettavien toimintamallien joukkoon.	HALLI & JOHTO	pk-sektorilla järjestelmien integroiminen nähdään tyypillisenä uusien toimintamallien käyttöönoton esteenä tai ainakin rajoittajana. Kaikkien uusien toimintamallien olisi hyvä olla sellaisia että: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ne pystyvät toimimaan suoraan saatavilla olevan informaation pohjalta 2. Ne tuottavat uutta selkeää määrällistä (numeerista) informaatiota, jota voidaan käyttää muiden menetelmien syötteenä <p>Integrointi järjestelmien välillä on erityisesti pk-sektorin toimittajien ongelma, heidän käytössään</p>

		olevien hyvin rajallisten resurssien takia ja toisaalta siksi että monesti yksi alihankkija toimittaa hyvin usealla päähankkijalle tuotteita, jolloin yksittäinen toimintamallien ja järjestelmien integrointi ei olisi kuin vasta alku integraatiohaasteessa.
Menetelmän toiminnallisen rajaamisen lisäksi, on hyvä pystyä rajaamaan menetelmän tavoitteellisuus	SYNKRO	Sopeutuvan ohjaamisen osalta väitöskirjatyössä on hyvin selvästi pyritty sellaisten ratkaisumallien luomiseen, joilla tähdätään, menetelmää sovellettaessa, kustannusteknisen tilanteen parantamiseen. Uusien liiketoimintamahdollisuuksien ja markkinaosuuden kasvattamisen osalta, nämä asiat ovat mahdollisia mallin sivutuotteita, mutta eivät päätavoite.
Helppokäyttöisyys ja ajasta & paikasta riippumattomuus	TEMO & SYNKRO & JOHTO	Menetelmän tulisi olla sellainen että sitä pystytään hyödyntämään (esim. Internetin ylitse) ajasta ja paikasta riippumatta. Näin voidaan reagoida suoraan ja välittömästi saatavilla olevaan uuteen tietoon ja samalla pystytään antamaan verkostolle maksimaalinen reagointi aika.

Taulukko 11: Tutkimushankkeista opittua - kokonaisuuden hallitseminen

Havainto	Hanke	Menetelmällinen johtopäätös
Asiakas ei lähtökohtaisesti ymmärrä liikavarastointia (silloin kun siitä aiheutuu suoraa kustannusta asiakkaalle) ja etenkin he eivät ymmärrä puutetilanteita.	Kapasiteetin hallinta & SYNKRO	Menetelmällisten ratkaisujen täytyy olla sellaisia, että niiden toiminta voidaan selittää helposti asiakkaalle / toimittajalle ja antaa asiakkaan valita haluttu riskitaso niin että asiakas todella ymmärtää valintansa mahdolliset seuraamukset.
Liiallinen kysynnän summaaminen voi johtaa väärin oletuksiin kysynnän luonteesta	Kapasiteetin hallinta & JOHTO	Hajota ja hallitse toimii menetelmällisesti tässä hyvin. Puretaan kysyntä ensiksi osiin, käsitellään ja suodatetaan osat ammattiosaamista hyödyntäen ja muodostetaan suodatuksen jälkeisestä tuloksesta kokonaiskysyntä malli. Voidaan myös rakentaa mallia niin että etsitään suodatuksen kautta selittäviä nimikkeitä joiden muutoskäyttäytyminen peilautuu suoraan muihin nimikkeisiin, jotka ovat tavalla tai toisella sitoutuneet tarkasteltavan nimikkeen kysyntään.
Mallin hyötyjen osalta	TEMO	Mm. ennustettavuuden selitettävyys,

tulee kartoittaa myös sellaiset hyödyt joita saadaan mallin hyödyntämisen ”sivutuotteena”		nimikkeiden uudelleen allokointi hyllyköissä ja varastoissa ennakoitaessa merkittäviä kysyntämuutoksia, toimittajaverkoston ennakkotiedottaminen ja varautumismahdollisuuden tarjoaminen, edullisten (C-luokan) nimikkeiden varastonkierron tasaaminen jne.
Kokonaisuuksien hallitseminen ja ympäröivien tekijöiden huomioonottaminen	TEMO	Vaikka palvelumalli perustuisi yhden tietyn nimikeluokan hallintaa, tulee palveluntarjoajan / mallin soveltajan olla tietoinen kokonaisuuksista ja seurannaisvaikutuksista. Esim. erittäin merkittävät muutokset C-luokan nimikkeiden varastointimäärissä voivat vähentää käytössä olevaa tilaa tai toimintaan sidottavissa olevaa varallisuutta A- ja B-luokissa
Oikean optimointikohdan tärkeys. Vaikka malli tähtäisi nimikkeiden oikea-aikaiseen tilaamiseen ja varaston sopeuttamiseen kysyntään nähden tulee muun toiminnan kulut ottaa kokonaisuudessa huomioon	TEMO	Mm. kahden tilauspisteen malli, jossa nimikkeitä toimittajalta tilattaessa, käydään lävitse myös kaikki sellaiset tuotteet joiden nykyinen varastosaldo korreloi vahvasti lähiaikoina tulossa olevaan tilaustarpeeseen => minimoidaan toimitus ja toimintakustannuksia ja yhdistetään myös nämä nimikkeet osaksi tilausta (huomioiden kuitenkin yrityksen likviditeettitilanteen tuomat rajoitukset).
Reagoiminen ja toiminta-ajan antaminen.	JOHTO	Antamalla ennakkotietoa tulevista muutoksista riittävän aikaisessa vaiheessa, toimitusketjun eri toimijat pystyvät muokkaamaan ja reagoimaan omalla toiminnallaan tulevaan tarve muutokseen.

Taulukko 12: Tutkimushankkeista opittua - soveltavuuden ymmärtäminen

Havainto	Hanke	Menetelmällinen johtopäätös
Mallien ja käytännön ratkaisujen täytyy olla suhteessa saavutettavaan kustannushyötyyn ja soveltamiskustannuksiin	TEMO & SYNKRO	Esim. C-luokan ohjaamisen ja kaupintavarastojen tehostaminen näyttäisi olevan tehokkainta hoitaa manuaalisilla menetelmillä, toimintaan mukautuvalla hyllytysrakenteella, kvartaali- / vuosittaiskulutusta tarkkaillen ja pyrkien vähentämään fyysistä työmäärää ja lisäämällä varastointia (kulutukseen perustuen). Toisaalta suoritettaessa suuria parametrillisiä muutoksi, tiedetään jo

		muutostilanteessa että toimitusketjulle aiheutuu tilannemuutoksesta muutoskustannuksia, joten saavutettujen hyötyjen tulee korreloitua hyvin tähän muutokseen nähden.
Menetelmien ja toimintamallien rajojen varhainen tunnistaminen. Voidaan karkeasti yleistää että ei ole olemassa mallia joka toimisi tehokkaasti ja luotettavissa kaikkialla, kaikissa toimiympäristöissä ja kaikissa tapauksissa	HALLI	Nimikkeiden hyvin erilaisten kysyntäluoteiden johdosta, tässä väitöskirjatyössä on selkeästi rajauduttu tutkimaan teollisuuden sellaisia kysyntänimikkeitä, jotka ovat osa yrityksen aktiivisen tuotannon tarvetta. Mm. MRO-luokan nimikkeet on tämän takia rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.
Ennen menetelmien käytännön soveltamista nykytoimintaa pitäisi pystyä mittaamaan ja selvittämään onko menetelmä oikea toimintamalli kyseisessä sovellusympäristössä.	HALLI & SYNKRO	Menetelmän toimintarajat ja joustavuus täytyy tuntea hyvin ennen käytännön soveltamista. Olisi hyvä pystyä määrittämään toiminta / selvitysmalli, jolla voidaan tehdä alustava kartoitus siitä onko suunniteltu käyttökohde menetelmälle sovelias vai ei.
Menetelmän nopea testattavuus kokeile/hylkää päätöksen tekemiseksi on käytäntöön sovellettavuuden osalta tärkeää	SYNKRO	pk-sektorin toiminnan hektisyyden ja vähäisen käytössä olevan ajan takia, menetelmien käytäntöön pääsemistä tukee suurissa määrin menetelmän nopea testattavuus, sekä omassa ympäristössä ja datalla käytäntöön peilattavuus.
Sopeutuvan ohjaamisen hyödyntäminen B-nimikeryhmän ulkopuolella	SYNKRO & JOHTO	Vaikka menetelmä olisikin suunnattu esim. B-ryhmän nimikkeille, olisi menetelmän toiminnallisuudesta hyvä olla tietoinen myös nimikeryhmien ulkopuolella, erityisesti siksi, että on enemmän kuin todennäköistä että satunnaisesti myös A- ja C-ryhmän nimikkeitä luokituu B-ryhmän nimikkeeksi, ja näin ne joutuvat B-ryhmän ohjausmallien piiriin.
Toimintaa ohjaavien ja tehostavien menetelmien tulisi pyrkiä mahdollisimman selkeään visualisointiin ja tiedon läpinäkyvyyden lisäämiseen.	SYNKRO & JOHTO	Sopeutuvan ohjauksen menetelmän osalta menetelmän visuaalisuus ja visuaalisen esittämisen tärkeys toimi yhtenä kulmakivenä mallia rakennettaessa. Niin ohjaaminen kuin myös mallin tulokset täytyy pystyä esittämään visuaalisesti.

4 Sopeutuva ohjausmalli, mallin empiirinen testaaminen ja testin tulokset

Tässä kappaleessa on kuvattu sopeutuvan ohjausmallin kehittämisen lähtökohdat, sekä tutkimushankkeiden aikaisen kehitystyön tuloksena luodun sopeutuvan ohjausmallin kokonaiskuvaus. Osana ohjausmallin ideologian kuvausta, esitetään kuvauksessa lyhyesti myös aiemmin esiteltyjen tutkimushankkeiden ideologiaan tuomia vivahteita ja näihin liittyviä taustoja. Tässä kappaleessa esitetään siis mallin kokonaisrakenne, mallin osa-alueisiin tehdyt valinnat, sekä käydään välitse mallin empiirinen testaus ja siitä saadut tulokset ja tuloksista tehdyt johtopäätökset.

4.1 Sopeutuvan ohjaamisen malli

Tässä kappaleessa kuvataan tutkimustyönä aikana luotu sopeutuvan ohjaamisen malli ideologioineen, sekä valintaperusteet tehdyille valinnoille.

Mallin rakentamisen lähtökohdat

Tässä väitöskirjatyössä pyrittiin vastaamaan konepajateollisuuden kokemaan kysynnän epävakaisuuden ongelmaan. Tarkasteltava epävakaisuuden osa-alue sisältää konepajateollisuuden kokemat kysyntämuutokset / vuosittaiset syklivaihtelut, joihin reagoiminen manuaalisesti tehtävinä parametriston muutoksina on erittäin haastava käytännön ongelma. Erityisesti siksi, että useasti parametristomuutoksia joudutaan tekemään mm. kokemuspohjaisen tietoon pohjautuen, mikä voi merkitä sitä, ettei parametristoja pystytä asettamana neutraalisti. Toisin sanoen kokemuspohjaista säätöprosessia voi haitata inhimillinen taipumus yli- / alireagointiin [Pot01], erityisesti jatkuvaa muutostietovirtaa tulkittaessa

Koko tämän väitöskirjatyön ajan, on pyritty kehittämään sellaista ideologiaa, jolla pystyttäisiin vastaamaan tutkimuksen alla olleen teollisuudenalan kohtaaman epävakaan ja / tai vaihtelevan kysynnän hallintamethodiikka problematiikkaan. Pyrittiin luomaan kokonaisuus, jonka avulla tuotantolaitoksen lähtevän logistiikan ja / tai tuotannon komponenttivarastojen varastopuskurit voidaan sovittaa vuosittaisiin kysyntävaihteluihin / markkinasykleihin, vaarantamatta kuitenkaan samalla tuotannon jatkuvuutta tai komponenttien saatavuutta.

Kokemuspohjaisen tiedon perusteella puskureita ja varastotasoja säädettyä tyyppilliseksi käytännönhaasteeksi muodostuu käytettävissä oleva työaika, joka yrityksen henkilöstöllä on käytettävissä varastotasojen ja tilaus- / tuotantoerien säätämiseen. Toinen haaste piilee ihmisille luonteenomaisessa yli- ja alireagoimisessa [Pot01] mm. varmuuden maksimoimisen ja / tai esimerkiksi varastoon sitoutuvan omaisuuden

minimoimisen osa-alueilla. Ihmiselle on luonteenomaista käyttää päätöksenteossa omaa kokemusta ja näkemystä osana päätöksentekoprosessia, mikä voi johtaa siihen että ihminen ei pysty tekemään päätöksiä neutraalisti, eräällä tapaa algoritmisen kylmästi.

Tiivistetysti tässä väitöskirjatyössä ja erityisesti tässä kappaleessa esitettävässä sopeutuvan ohjaamisen menetelmän ideologiassa on vaihtelevan kysynnän ja kysyntään sopivasti mitoitettun parametruston haasteeseen pyritty vastaamaan ratkaisulla, jossa yhdistyvät tiedon analysointi, jäsentäminen, visuaalisen esittäminen ja algoritmiset päätöksenteon tukimekanismit.

4.2 Kokonaismallin kuvaus

Sopeutuvan ohjaamisen ideologiaa kehitettäessä, kehitystyön pohjaoletuksena pidettiin teollisuuden kausittaisvaihteluiden hidasta muuttumista ja siten ns. perussyklin / -trendin olemassa oloa ja säilymistä. Toisin sanoen, työssä on oletettu suhteellisten määrämuutosten hidas muuttuminen, vaikka käytännön määrälliset kysynnat vaihtelevat eri vuosien ja kuukausien väleillä olisivatkin suurehkoja. Sopeutuvan ohjaamisen ideologian luomiseksi, tarvittiin menetelmät ja toimintamallit, jolla voidaan muodostaa kysyntäsyklin kuvaus ja sen matemaattisesti muokattavissa oleva malli, sekä toimintatavat hyödyntää tätä tietoa epävakaa kysynnän lähitulevaisuuden kysyntämäärien ennakoimiseksi. Menetelmäkehityksen tavoitteena oli varastotasojen ja tilausmäärien nykyistä pk-teollisuuden tyypillisiä käytäntöjä (esim. EOQ- ja DOS-pohjaiset, tilauspisteisiin ja toimituseriin pohjautuvat mallit) parempi soveltaminen muuttuvaan kysyntään, kuitenkin vaarantamatta tuotannon jatkuvuutta, sekä minimoimalla turhaa varastopuskurointia. Tyypillisten toimintamallien osalta, tutkijan näkemys ns. yleisistä käytännöistä on muodostunut vuosien 2005 – 2010 välillä, useiden konepajateollisuuden yritysten, sekä niitä konsultoivien ja palvelevien logistiikka- ja IT-sektorin yritysten yrityshaastattelujen kautta.

Tutkimuksen pohjana toimi tapaustutkimus komponenttivarastojen muutoksen dataa käsittelevä tutkimustapaus logistiikkaoperaattorin ja sen asiakkaan välillä. Tässä tapauksessa operaattori vastasi asiakkaan sisään tulevan komponenttivaraston komponenttien vastaanottamisesta, hyllyttämisestä ja tuotantoon keräilystä ja toimittamisesta. Kyseinen asiakas edustaa tutkimuksessa tuotantolaitosta, jonka tuotannon varastoon kohdistama kysyntädata, vuosilta 2007–2008 toimi tutkimuksessa data-analyysien lähtökohtana.

Kyseisen tapaustutkimuksen kautta muodostettiin perusideologia sopeutuvan varastonohjaamisen menetelmästä. Tässä vaiheessa tutkimusta ohjaamisen kokonaisuudesta hahmottui ensimmäiset mahdollisuudet mallintaa kysynnän syklejä kumulatiivisiin kysyntäsummiin perustuen. Tässä yhteydessä kumulatiivisella summalla tarkoitetaan ennalta valitun aikaikkunan sisällä havaitun kysynnän summaamista yhdeksi, ko. ajanjakson, kokonaiskysyntää kuvaavaksi luvuksi. Toisaalta saman tutkimuksen aikana havaittiin kysynnän algoritmisen mallintamisen erityiset haasteet. Esimerkiksi kysyntätrendin mallintaminen matemaattisten funktiosovitusien avulla, missä sovituksen tuloksena saadun funktion muokkaaminen parametrustomuutosten avulla siten että muokausprosessi ja tarvittavat muutokset säilyvät yksinkertaisina ja itseään selittävinä havaittiin erittäin haastavaksi. Tämä havainto johti siihen, että mallin kehitystä suunnattiin funktionaaliseen kysyntämallintamiseen numeerisen ja kysyntää graafisesti kuvaavan mallintamisen suuntaan (katso taulukko (Taulukko 13), sekä

taulukkoa seuraava sanallinen kuvaus sopeutuvan ohjauksen mallin lopullisesta muodosta).

Funktionaalisen mallintamisen ja sovittamisen laskennallisten haasteiden lisäksi, toimintamallissa havaittiin tyypilliseksi haasteeksi ohjausmallin yleisen ymmärrettävyyden ja parametrisoimisen kokonaisuuden selitettävyyden ja tehokkaan käytettävyyden kokonaisuuden säilyttäminen. Tämä havainto on hyvin linjassa [Aru08] näkemyksestä siitä että yritysrajojen yli tapahtuva toimitusketjun koordinointi on yksi vaikeimmista toimitusketjun johtamisen aloitteista, koska yleensä yritykset eivät ole tietoisia toimitusketjun dynamiikasta tai ne ovat kykenemättömiä implementoimaan koordinoitua toimintaa käytännön tasolle vastaamaan tähän dynamiikkaan. Koska sopeutuvan ohjaamisen yhtenä erityisen tärkeänä osa-alueena nähtiin mallin nopea käyttöön otettavuus, havainnollisuus, sekä mallin toimintaideologian ymmärrettävyys, mallin kehittämisessä pitäydettiin alun matemaattisten funktiosovitusien jälkeen täysimääräisesti numeerisessa kysyntäsyklin tarkastelumallissa, jonka samalla toivotaan vastaavan myös [Aru08] mainitsemaan käytännön implementoinnin haastavuuteen, vaikka toisaalta pidättäytymällä yksinkertaisissa menetelmissä saatetaan menettää hieman ennustetarkkuuden osa-alueella. Esimerkiksi [Cro11] mukaan ei voida enää yksikäsitteisesti sanoa että yksinkertaiset menetelmät olisivat keskimäärin parempia, kuin monimutkaiset menetelmät, mutta toisaalta he myös toteavat että NN3 kilpailun perusteella ei voida myöskään todeta sitä että monimutkaiset menetelmät olisivat selkeästi yksinkertaisia menetelmiä parempi. Koska kokonaisuuden kannalta oli tärkeää huolehtia menetelmien muistakin piirteistä (mm. nopea käyttöön otettavuus ja ymmärrettävyys), kuin pelkästä ennustetarkkuudesta, päätettiin menetelmän profiilinmuodostusprosessissa pitäytyä yksinkertaisissa menetelmissä. Näin sopeutuskäyrän osalta, sopeutuksen perusrakenteeksi valittavan numeerinen sovitusmalli ja täten siis aiempaa kysyntäsykliä kuvaavan käyrän osalta vältyttiin mm. tilanteilta joissa peruskysyntärakennetta edustava käyrä olisi omanut negatiivisen kysynnän jaksoja, mitä funktionaalissa sovittamisessa tapahtui yllättävän usein. Pitäytymällä yllä kuvatun kaltaisissa rakenteissa, mallilla pyrittiin saavuttamaan myös [Cle99] kuvaamaa mallin joustavuutta, mallin yksinkertaisen uudelleenparametrisoinnin ja säätämisen kautta. [Cle99] mukaan mallin joustavuus on eräs hyvän mallin peruselementtejä. Samanaikaisesti pyrittiin välttämään [Cro11] kuvaamaa ongelmaa siitä, kuinka mallista voi tulla helposti yliparametrisoitu. [Cro11] mukaan, kun malliin lisätään paljon syötteitä, joilla malli sopii yhä vain paremmin syötteenä käytettyyn historiatietoon, käy usein niin että mallin keskimääräinen ennustetarkkuus rupeaa heikkenemään. Toisaalta [Cro11] ehdottaa että yliparametrisoinnin välttämiseksi lisäinformaatiota voitaisiin tuoda malliin esimerkiksi siten, että syötteitä tai syöteinformaatiota kategorisoidaan eri ryhmiin ja hyödynnetään ryhmäkohtaista tietoa mallin tehostamisessa, sen sijaan että malliin syötettäisiin kaikki informaatio yhtenä isona datajoukkona. Sopeutuvan ohjaamisen mallissa, tähän ryhmittelyyn on pyritty vastaamana siten, että ohjattavat nimekkeet on jaettu eri kategorioihin, joiden avulla on pyritään päättämään siitä ovatko kyseiset nimikkeet tuotantokriittisyyden ja arvonsa puolesta sopeutuvan ohjausmallin mukaisesti ohjattaviksi, vai olisiko kyseisten nimikkeiden osalta parempi hyödyntää esimerkiksi VMI-tyyppistä ohjausideologiaa.

Kaikki yllä kuvattu sopeuttamiseen liittyvä oppiminen ja erilaisten menetelmien ja toimintamallien läpikäyminen tapahtui tutkimuksessa ennen viimeiseen tapaustutkimusyritykseen ja sen toimintaympäristöön perehtymistä. Näin empiirisessä kenttätestaamisessa päästiin soveltamaan suoraan niitä menetelmiä ja ideologioita,

yhtenä kokonaisuutena, joita oli kehitetty, kokeiltu ja edelleen kehitettyä edeltävien tutkimushankkeiden aikana. Toisin sanoen, numeerisiin menetelmiin siirryttäessä siirryttiin samalla tutkimaan viimeistä tapaustutkimusyrittystä, joka toimi myöhemmin myös mallin empiirisen testaamisen tapaustutkimusyrittysenä. Tässä tutkimuskohteessa perehdyttiin syklistä ja kausittain vaihtelevaa kysyntää kohtaavan yrityksen tarvetiedon käsittelyyn, sekä numeeriseen ja graafiseen lähitulevaisuuden tarvetiedon esittämiseen osana tulevan kysyntäennakkotiedon muodostamisprosessia. Tarkastelun kohteena toimi yrityksen tuottamien lopputuotteiden raakamateriaalin tarve, tuotantoprosessin alkuvaiheessa. Nämä nimikkeet valittiin tarkasteluun, koska niiden nähtiin kuvastavan hyvin yleisiä kokonaiskysynnän muutoksen rakennetta ko. tapaustutkimusyrittysessä. Lisäksi näiden nimikkeiden osalta tiedettiin jo tutkimuksen alussa, että ko. nimikkeiden käyttö kirjataan hyvin tunnetulla prosessilla yrityksen järjestelmiin, joten nimikekohtaisen kysyntätiedon voitiin olettaa olevan hyvälaatuista ja vähän virheitä sisältävää. Tarkastelun kohteena oleva kysyntätieto muodostui kolmesta täydestä vuodesta, vuosista 2008 - 2010.

Alla on esitetty viimeisen tapaustutkimusyrittysen tutkimusprosessin aikana luotu lopullinen sopeutuvan ohjauksen mallin viitekehysten kuvaus, jossa painottuvat mallin lisäksi myös, toimialaosaaminen sekä yleisen toimitusketjunjohtamisen taitovaatimukset. Prosessin alussa painotus on enemmän toimialakohtaista tuntemusta vaativa (esimerkiksi lähtödatan suodattaminen ja virhemerkintöjen erottaminen normaaleista kysyntäpoikkeamista) ja prosessin edetessä painotus siirtyy enemmän yleisen logistisen prosessin ja ohjausmallien kokonaisymmärtämisen puolelle. Taulukossa (Taulukko 13) on avattu sopeutuvan ohjaamisen toimintamallin vaiheiden sanallinen selvitys.

Taulukko 13: Sopeutuvan ohjaamisen ideologian perusprosessin kuvaus

Nro	Prosessin vaihe	Suoritusvaiheen sanallinen kuvaus
1.	Tiedon Kerääminen	Kerätään vaadittu minimiaika kysyntätietoa, jotta parametristoa voidaan muodostaa algoritmisesti (yleisesti ottaen nähtiin tarpeelliseksi hieman yli 12 kuukauden otos, jotta koko vuoden sykli voidaan hahmottaa ja lisäksi mielellään noin 3-4 kuukautta lisädataa, jotta syklikäyrä voidaan sovittaa nykyisen lähihistorian markkinatilanne / kysyntä muutoksiin).
2.	Tiedon suodattaminen, siistiminen ja valmistelu analyysiä varten	Tässä vaiheessa historiatiedosta poistetaan virheelliset kirjaukset ja muut merkinnät, jotka ovat aiheutuneet esim. täysin poikkeavasta toimintatavasta tms. Käytännön esimerkkinä asiakkaan toive liittyy normaaliin tilaukseen kaksinkertainen erä varaosia asiakkaan 24/7 prosessitoiminnan takaamiseksi (näky kulutusdatassa piikkimäisenä kysyntänä, mikä ei kuvaa todellista varastointitarvetta, koska nämä poikkeamat hoidetaan erillisenä asiakaskohtaisena tilauksena)
3.	Analysoitavien nimekkeiden läpikäyminen ja kaksitasoisen ABC-analyysin	Tutkimushankkeen aikana havaittiin, että tyypillinen yksitasoinen ABC-analyysi, jossa jako eri luokkiin tehdään pelkkien talouslukemien pohjalta, ei ole riittävä erottelemaan tuotteita, jotka olisi ominaisuuksiensa puolesta hyvä ottaa automaattisen parametrisoinnin piiriin,

suorittaminen	tuotteista, joille olisi parempi soveltaa muita varastohallintamenetelmiä, kuten VMI (esim. C- ja D - luokat) tai oston johdon tekemät päätökset (esim. A-luokka). Tarve kaksitasoiselle ABC-analyysille on selvitetty tarkemmin kappaleessa neljä.
4. Tuotehistorian analysoiminen ja varastointiparametrien asettaminen	1. Rakennetaan pitkän aikajänteen historiatiedon pohjalta tuotteen kausivaihtelua kuvaava kysyntäkäyrä 2. Säädetään käyrää lyhyen aikajänteen historiatiedon pohjalta vastaamaan nykyistä markkinatilannetta
5. Tuotekohtainen kysyntäprofiilin analyysi ja varastointipolitiikan asettaminen	1. Jaetaan tuotteet kysyntätiedon pohjalta eri kategorioihin (esim. satunnaista, piikikästä, näennäisen tasaista jne. kysyntää kohtaavat tuotteet). 2. Muodostetaan eri luokille halutun varastohjauspolitiikan mukaisesti parametrit analyysin luokittelua, luokan ohjauspolitiikka ja suoritettua kysynnän ennakkotietoanalyysiä hyödyntäen.
6. Tarkkailu, päivitys, ylläpito ja uudelleen parametrisointi	Seurataan muutoksia, suoritetaan parametruston hienosäätöä, generoidaan mallia hyödyntäen eri muutoksen skenaarioita ja säädetään parametrustoa skenaariomalleihin perustuen.

Alla olevissa alikappaleissa on kuvattu, yllä olevassa taulukossa (Taulukko 13) tiivistetysti esitetyn, sopeutuvan ohjaamisen filosofian kokonaiskuvauksen prosessin eri vaiheiden yksityiskohtainen sisällön kuvaus.

4.2.1 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 1 - Tiedon kerääminen

Ideologisesti sopeutetun varastoparametruston säätäminen perustuu kahteen erilaiseen tapaan hyödyntää tuotekohtaista kulutuksen / kysynnän historiatietoa. Ensimmäisessä vaiheessa tarvitaan vähintään yhden kokonaisen vuoden mittainen jakso kulutushistoriatietoa, jotta pystytään muodostamaan koko kysyntäjaksota kuvaava kausivaihteluita esittävä kulutuskysynnän käyrä. Tässä yksi vuosi on lähtökohtainen oletus sille, että tutkimusympäristönä toimineessa konepajateollisuudessa toiminnan perussykli toistuu vuositasolla. Jossain toisissa toimiympäristöissä toistuminen voi tapahtua esimerkiksi kvartaalitasolla, jolloin yhden kvartaalin (3kk) mittainen jakso voi olla riittävä aikajänne tiedon keräämiselle. Toisaalta jos tiedon kerääminen aloitetaan tyhjästä, eikä syklin rakenteesta tai edes sen olemassa olosta ole esim. käytännön havaintoihin pohjautuvaa taustatietoa olemassa, voi tiedon keräämisvaihe muodostua pitkäksi prosessiksi, jotta selvityksen alla olevasta tuotteesta / tuoteryhmästä pystytään sanomaan onko sen kysyntä syklistä vai esim. lähes täysin satunnaista. Teollisuuden ollessa kyseessä, useimmissa tapauksissa näyttäisi yleistilanne olevan sellainen että myynnin ja oston osalta tarvetiedon historiatieto on lähtökohtaisesti hyvin saatavilla olevaa informaatiota.

Kuten edellä (kappaleessa 4.2) on kuvattu, historiatiedosta haettavan sopeutuksen pohjaprofiilina toimivan kysyntäkäyrän muodostusprosessi voitaisiin pyrkiä suorittamaan mm. matemaattisten funktiosovitusavusteiden avulla. Matemaattisten sovitusten tapauksessa prosessi voitaisiin pyrkiä myös automatisoimaan, esimerkiksi hyödyntämällä erilaisia virheparametrien minimointi käytäntöjä. Näihin menetelmiin ja

niiden soveltamiseen käytännön esimerkkidatalla (mm. konepajateollisuuden valmistajan sekä ko. yritystä palvelle logistiikkaoperaattorin yhteiseen tapaustutkimukseen perustuen) perehdyttiin SYNKRO-projektin aikana (pääosin vuonna 2009). Tehdyt tutkimuksen perusteella automaattinen sovittaminen on kyllä teoriassa mahdollista, mutta sen vaatimien resurssien löytyminen pk-sektorin piiristä (mm. rahallisten ja työajallisten) näytti hyvin epätodennäköiseltä. Tämän takia mallia on pyritty rakentamaan siten että se ei sisältäisi perusmuodossaan oletusta siitä, että tiedon jatkojalostaminen tapahtuisi automatisoituja prosesseja hyödyntämällä. Tällä valinnalla on pyritty siihen, että sopeutuvan ohjaamisen mallia ja sen soveltuvuutta eri käytännön ympäristöihin pystyttäisiin tutkimaan nopeilla, esimerkiksi yksittäisiin nimikkeisiin kohdistuvilla kenttätesteillä, ilman tarvetta kokonaisvaltaisen menetelmän ja ICT järjestelmien muokkausprosesseja.

Lyhyesti tiivistettynä tiedon keräysvaiheessa kerätään kysyntäinformaatiota ja tallennetaan se jatkokäyttöä varten. Informaatiota kerätessä haetaan jo alustavaa kysyntää kuvaava käyrämuotoa, jota tullaan myöhemmin hyödyntämään osana varastoparametrien sopeutusprosessia. Tässä vaiheessa kerätystä kysynnän historiatiedosta saatavaa kysyntäprofiilia ei käytetä sellaisenaan, vaan kysyntäprofiilin rakennetta ja sijoittumista aikajanelle sopeutetaan kysyntätiedon lähihistoriatiedon (tässä raportissa lähihistorialla tarkoitetaan noin 2-4 kuukauden informaatiojaksoa) perusteella. Sopeutuksella tarkoitetaan sitä, että tässä tiedonkeräysvaiheessa haettua kysyntää kuvaava käyrämuotoa mukautetaan (mm. siirroilla ja skaalauksilla) ja sidotaan nykypäivän markkinatilannetta vastaaviin todellisiin kysyntälukemiin.

Näin, tässä informaation keräysvaiheessa saatua pitkän ja lyhyen aikajänteen historiatietoa, tullaan jatkossa sitomaan yhteen osana tulevaa sopeutusprosessia. Konepajateollisuuden tapauksessa, lähtöoletuksen ollessa se, että historiatietoa tarvitaan yhden kysyntäsyklin keräämiseksi noin vuoden mittainen aikajakso, ja lähihistoriatietoa noin 2 - 4 kuukauden jakso, vaatii menetelmän hyödyntäminen käytännössä vähintään noin 14 kuukauden historiatiedon, kysynnän sopeutuskäyrän muodostamiseksi. Jos kysyntätietoa joudutaan summaamaan useiden viikkojen aikajaksolta, kysyntäprofiilin muodon yleisrakenteen hakemiseksi, pidentyy tarvittavan historiatiedon määrävaatimus likimain suoraan suhteessa summaamisessa vaadittavien viikkojen määrän verran. Esimerkiksi jos kysyntädata on luonteeltaan sellaista, että kysyntää täytyy tarkastella 6 viikon kysynnän summajaksojen kautta, kysynnän yleisen profiilin havainnollistamiseksi, tarvitaan historiatietoa käytännössä noin 15.5 kuukauden ajanjaksolta. Kun tämä, riittävä määrä historiatietoa on saatu kerättyä, voidaan siirtyä menetelmän seuraavaan vaiheeseen, jossa tieto valmistellaan tulevia prosesseja varten.

4.2.2 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 2 - Tiedon suodattaminen, siistiminen ja valmistelu analyysiä varten

Koska menetelmässä hyödynnetään historiatietoa, jonka laatu vaikuttaa suoraan menetelmän tulosten laatuun, ennen kuin varsinainen tiedon jalostusprojekti voidaan aloittaa, on suotavaa käydä saatavilla oleva tieto lävitse mahdollisten väärin kirjausten, virheellisten saldotietojen, tietoa vääristävien varastokirjausten yms. virheellisten merkintöjen varalta. Erityisesti jos sopeutusprosessi automatisoidaan, täytyy varmistua siitä että lähtötieto, jonka pohjalta automaattisia prosesseja tullaan suorittamaan, edustaa mahdollisimman hyvin todellista nimike- / nimikeryhmäkohtaista kysyntähistoriatietoa.

Tyypillisesti suodatus prosessi aloitetaan siten että, aluksi kerätystä tiedosta suodatetaan selvästi virheelliset merkinnät pois. Tällaisia merkintöjä voivat olla esimerkiksi tiedon keräys- / tallennusvaiheessa tapahtuneiden inhimillisten erehdysten ja virheiden aiheuttamat väärät merkinnät historiatiedossa. Tämä vaihe voidaan useimmiten suorittaa vähintäänkin osittain automatisoituna (esimerkiksi makro-ohjelmien avulla) hyödyntämällä kokemuspohjaiseen tietoon pohjautuvia maksimi- / minimiarvo oletamia ja tiedon sisältöä jo tiedon syöttövaiheessa tarkkailevia menetelmiä. Suodattimien tapauksessa tarkastussäännöt voivat olla esim. seuraavan kaltaisia: ”ehdota tarkastamista jos tuotteen kertaotto ylittää määrän X”. Suodatustyötä voidaan jatkaa automatisoiduilla työkaluilla, jotka etsivät tiedosta merkintöjä, jotka vaikuttavat virheelliseltä ja vaativat siten ihmisten tekemää tarkistustyötä. Tästä esimerkkinä voisi olla analyysityökalu, joka etsii tuotekohtaisesta datasta yksittäisiä kulutustapahtumia, joiden määrä ylittää jonkin ennalta asetetun analysointisäännösten rajat ja esittää haun tulokset suodatustyötä tekeväälle käyttäjälle. Käytännön esimerkki analysointisäännöstä voisi olla ”tuotteen yksittäinen kulutusmäärä ylittää 25 % tuotteen kulutuksen historiatiedon vuosisumman keskiarvosta”. Itse suodattaminen ja datan siistiminen ovat tieteenoloja, jotka on jätetty tämän tutkimuksen fokuksen ulkopuolelle, tutkimuksen keskittyessä tiedon edelleen jalostamiseen ja jalostetun tiedon hyödyntämiseen osana yrityksen ohjaus- ja päätöksentekoprosesseja.

Suodatuksen ja siistintäprosessien lopuksi, analyyseissä jatkossa käytettävä data valmistellaan muokkaamalla se mm. analyysiprosessille sopivaan syötemuotoon. Joissain tapauksissa tieto on jo sellaisenaan käyttövalmista seuraavia vaiheita varten, mutta useimmiten tiedolle pitää tehdä esimerkiksi yksittäisten tietokantamerkintöjen summaamista päivä-, viikko- ja kuukausitasoilla, sekä tiedon talletusmuotoja muuttamalla jne. Tiedon jatkokäsittelymenetelmistä riippuen voi olla tarpeellista luoda mm. käsittelyprosessia nopeuttavia rinnakkaistietokantoja ja indeksointi rakenteita jne.

Kun tieto on lopulta saatu suodatettua ja valmisteltua on aika siirtyä prosessin seuraavaan vaiheeseen, jossa tieto analysoidaan ja luokitellaan jatkokäsittelyä varten. Alla on esitetty esimerkki tällaisesta tiedosta taulukkomaisessa (Taulukko 14) muodossa tapaustutkimusyrityksestä kerättyinä. Kyseinen esimerkki data on nimikekohtainen, virhemerkinnöistä siistittyä historiatietoa 15 kk ajanjaksolta, ajalta syyskuu 2008 – joulukuu 2009.

Taulukko 14: Kysyntämäärät esimerkkinä toimivalle tuotteelle

Indeksi	-79	-78	-77	-76	-75	-74	-73	-72	-71	-70	-69	-68	-67	-66	-65	-64	-63	-62	-61	-60
Vuosi	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
kk	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	11
vk nro	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Tarve	34	74	754	415	148	1204	55	0	0	0	0	1050	730	1052	61	83	309	324	253	39
Indeksi	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40
Vuosi	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
kk	11	11	11	12	12	12	12	12	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
vk nro	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tarve	54	89	39	12	15	0	0	0	0	0	505	0	45	6	348	12	1106	205	56	84
Indeksi	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20
Vuosi	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
kk	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8
vk nro	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Tarve	802	604	213	1070	221	920	12	359	274	938	12	614	794	0	571	415	0	0	0	0
Indeksi	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
Vuosi	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
kk	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
vk nro	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Tarve	12	439	255	1003	10	9	611	596	531	158	629	172	543	6	212	69	388	50	3	0

Alkuperäinen informaatio on alustavasti tarkasteltu viikkotason informaatiota, joka jalostettiin 8 viikon summiksi, haettaessa yleisen kysyntäprofiilin muotoa. Tarkasteluun valittiin 8 viikon ajanjakso, käytännön empiria testaamisen kautta. Kyseisen nimikkeen tapauksessa, tarkasteluun päädyttiin valitsemaan 8 viikon summajakso, käytännön numeerisen analysoinnin kautta, jossa eri viikkosummien profiileja viikkomäärillä 1 – 10 viikkoa verrattiin toisiinsa. Profiilin selkeä muoto alkoi hahmottua noin 5 - 6 viikon summajakson mitassa. Koska kyseisessä tapauksessa tahdottiin olla varma, että yksittäisten viikkojen välinen heilahtelu ei enää vaikuta merkittävästi profiilin yleismuotoon valittiin tarkastelupituudeksi lopulta 8 viikkoa. Tarkastelujakson pituuden nostaminen tätä pidemmäksi ei jaksojen välisessä vertailussa tuottanut enää juurikaan selkeämpää profiilia ja lisäksi kysynnän ennakkotiedon muodostaminen koettiin, käytännön toimijoiden näkökulmasta, sitä paremmaksi, mitä lyhyemmällä ajanjaksolla profiili pystyttäisiin muodostamaan. 8 viikon summien laskeminen toteutettiin alla olevan kaavan (Kaava 3) mukaisesti siten että tiettyä viikkoindeksiä kohden laskettiin yhteen kyseisen viikon tarpeeseen 7 edeltävän viikon tarve. Esimerkin summakaava, jossa isolla I kirjaimella merkitään 8 viikon summaa ja pienellä i kirjaimella yksittäisen viikon summaa, osoittaa laskennan indeksille -25, perustuen alkuperäiseen näytedataan indeksistä -32 indeksin -25.

Kaava 3: Esimerkki laskennasta 8 viikon summalle

$$I_{k=-25} = \sum_{n=k-7}^{-25} i_n$$

Näistä 8 viikon mittaisista summajaksoista pyritään poistamaan ns. kohina eli haettavana tavoitteena olevan kausivaihtelun käyrän ympärillä tapahtuva pienimuotoinen vaihtelu, minkä yksittäisten viikkojen välinen kysynnänheilahtelu

aiheuttaa muokkaamattomiin 8 viikon summiin. Tähän viikkosummien vaihtelun pehmentämiseen (eng. smoothing) valittiin esimerkkiin sellainen menetelmä, jonka parametrien vaikutusten havainnollistaminen ja toisaalta niiden muokkaaminen on tarvittaessa mahdollisimman itseään selittävä. Tällä pyritään edesauttamaan menetelmän käytäntöön soveltamista. Koska tässä kyseisessä tapauksessa, käytännön toimijoille oli muodostunut käsitys että lähtödatassa esiintyy välillä ajanjaksoja joissa kysyntä purskeistuu viikkotasolla kahden viikon pareihin (joka toinen viikko suuri kysyntä, joka toinen viikko matalakysyntä), valittiin pehennys parametrit siten että ne muodostavat vastaavasti kahden viikon pareja. Taulukossa (Kuva 21) esitetyn pehennyksen tulos on muodostettu siten, että laskettavaa indeksiä lähinnä olevia viikkopareja on painotettu laskennassa eniten, painoituksen määrän vähentyessä sitä mukaan, mitä kauemmaksi historiatietoa kohden mennään.

Indeksi	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20
Vuosi	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
vk nro	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Tarve 8 vk summa	4202	3674	4008	3807	3351	3924	3004	3563	3618	3344	2406	2394	1780
8 vk pehennetty	3769	3838	3862	3899	3709	3779	3596	3517	3576	3480	3219	2936	2611

Kuva 21: Esimerkki 8 viikon summista, sekä pehennetyistä 8 viikon summista

Parametrien suhteet toisiinsa nähden muistuttavat hyvin paljon eksponentiaalisen pehmentämisen (eng. exponential smoothing) parametrinasetantamallia, mutta tässä parametrit on kiinnitetty käsin, matemaattisen suhteen / kaavan sijasta, jotta muokattavuus olisi mahdollisimman yksinkertaista ja vapaasti asetettavissa olevaa. Pehennyksen painotuskertoimet on valittu esimerkissä seuraavasti:

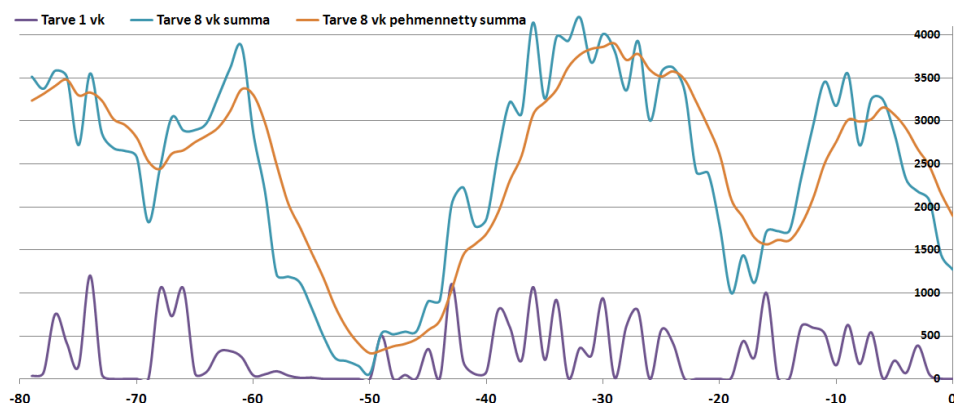
1. Tuoreimmat kaksi havaintoa, painoarvo kummallakin 25 %
2. Seuraavat kaksi havaintoa historiaan, painoarvo kummallakin 15 %
3. Seuraavat kaksi havaintoa historiaan, painoarvo kummallakin 5 %
4. Seuraavat kaksi havaintoa historiaan, painoarvo kummallakin 5 %

Annetuilla parametreilla pehennetyyn summan kaava (Kaava 4) muodostuu seuraavasti (kaavassa kirjain P kuvaa pehennettyä 8 viikon summan arvoa).

Kaava 4: Esimerkki tavasta laskea pehennetty 8 viikon summa

$$P_{k=-25} = \frac{25}{100} * (I_k + I_{k-1}) + \frac{15}{100} * (I_{k-2} + I_{k-3}) + \frac{5}{100} * \sum_{n=k-7}^{k-4} I_n$$

Lopuksi 8 viikon summista (pehennetyt & pehmentämättömät) yhdessä alkuperäisen viikon tarvetiedon kanssa muodostettiin graafinen kuvaus (Kuva 22) josta viikoittaisen kysyntäheilahtelun hyvin vaikea ennustettavuus on selkeästi havaittavissa, yhtäläillä kuin myös pehennetyyn 8 viikon summien paljastama kysynnän profiilin muotoakin, tarkastelun kohteena olevalla ajanjaksolla. Samaista graafista esitysmuotoa voidaan hyödyntää myös datan virhemerkintöjen ja poikkeamien havainnoimiseksi, havainnoimalla odottamattomia muutoksia yksittäisissä viikkokysynnöissä, sekä pidemmän aikajänteen muutosta kuvaavassa profiilikäyrässä.



Kuva 22: Esimerkkidatan profiiliesitys

4.2.3 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 3 - Analysoitavien nimekkeiden läpikäyminen ja kaksitasoisen ABC-analyysin suorittaminen

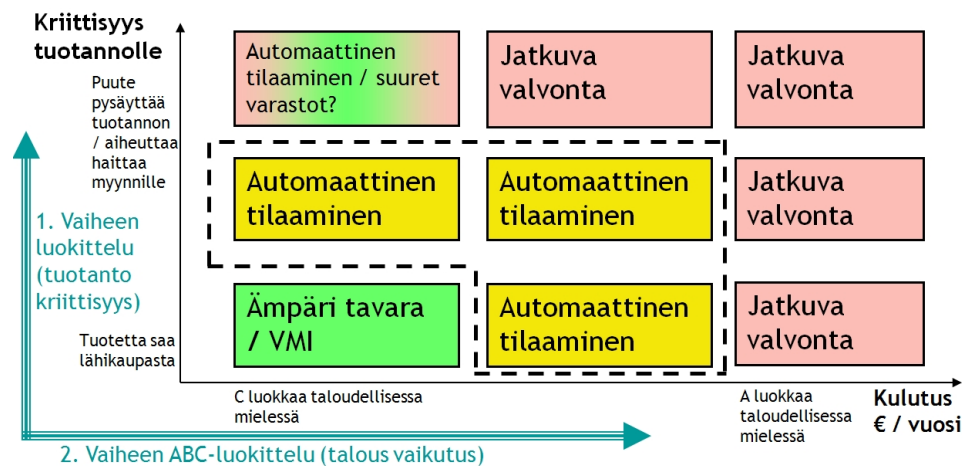
Alun perin, sopeutuvan varastoparametriston säädön ideologiaa kehitettäessä, taustalla oli ajatus, jonka mukaan tuotteiden jakaminen ABC(D)-luokittelun mukaisesti eri luokkiin antaisi mahdollisuuden viedä parametrisointia eteenpäin soveltamalla luokkakohtaisia parametristomuutoksia suoraan nimiketasolle saakka.

Käytännön tutkimustyön, yrityshaastattelujen ja kenttä- / tuotantoprosesseihin perehtymisen kautta havaittiin kuitenkin, että yksitasoinen luokittelu ei ole riittävä tapa jakaa tuotteita eri ryhmiin [Sal11a], edes silloin kun ryhmän sisäisesti varmuusvarasto kertomia yms. parametreja säädettäisiin tuotekohtaisien analyysien perusteella. Syyksi tälle riittämättömyydelle havaittiin se, että vaikka tuotteet luokittuisivatkin ABC-analyysin tuloksena esimerkiksi B-luokkaan, joka on katsottu kaikkein sopivimmaksi luokaksi sopeutuvalle parametrisoinnille (A-luokan tuotteet ovat useimmiten sellaisia, että ne vaativat joka tapauksessa ihmisten suorittamaa varastosaldojen valvontaa ja C-luokka taas sellainen, että tuotteiden hankkiminen VMI:nä [Elv07] ja / tai isoja eriä ostamalla, kuljetuskustannuksia minimoiden, on tehokkaampaa, kuin varastosaldojen sovitusta kulutukseen), halutaan tuotteiden tilaus- / varastointipäätökset silti hallita käsin / kentällä visuaalisin havainnoin. Päälimmäiseksi syyksi tälle tarpeelle hallita A- ja B-luokan (joissain tapauksissa jopa kaikkia tuotteita) manuaalisesti, perusteltiin tuotteiden kriittisyys tuotannolle. Tästä seuraa se, että vaikka tuote luokittuisikin C-luokkaan kulutuksen / arvon tms. taloudellisen luvun perusteella, ei se tarkoita sitä ettei tuote voisi puuttuessaan aiheuttaa erittäin merkittäviä taloudellisia seuraamuksia esimerkiksi tuotantoseisokin takia.

Lisäksi havaittiin se, että luokittelussa olisi tarpeellista olla mahdollisuus erillisille luokille joihin osa nimikkeistä voidaan siirtää, ennen algoritmisen luokittelun tekemistä. Tämä tarve erilliselle luokalle havaittiin useassa käytännön yritystapauksessa, kun lähes jokaisessa yrityksessä pystyttiin nimeämään ainakin muutama sellainen nimike, joihin ns. perussäännöt eivät toimi. Erityisesti MRO-luokan nimikkeet koettiin sellaisiksi, joihin, teollisuusalan normaalit kysyntäprofiilit ja kysynnän vaihtelut eivät useinkaan heijastuneet suoraan. Toinen käytännön esimerkki tällaisista tuotteista ovat hyvin pitkän ja vaihtelevan hankinta-ajan tuotteet, joiden osalta ostajan täytyy seurata tarkasti olemassa olevia varastoja, sekä maailmanmarkkinahinnan vaihtelua, jotta hankinnoissa

otetaan sekä varastojen fyysinen määrä että tuotteen hankintahinnan suuret vaihtelut ja tarpeen kausittaisyykliset vaihtelut sopivana kombinaationa huomioon.

Sopeutuvan varastoparametriston säädön perusideologian ollessa tuotannon jatkuvuuden takaaminen, liikavarastoinnin välttämisestä huolimatta, niin edellä kuvatus kaltaisten nimikkeiden mahdollinen sopeuttaminen katsottiin tuotannon jatkuvuuden kannalta hyvin riskialttiiksi. Koska edellä kuvattua tilannetta, varaston riiton loppumista, pyritään tässä ohjausideologiassa välttämään, tuotteiden ABC-luokittelun ideologiaa jalostettiin edelleen varastojen optimoinnin suorittamiseksi siten, että optimointi kohdistuisi oikein, niin taloudellisessa, kuin myös tuotteiden tuotantokriittisyydenkin mielessä. Ongelman ratkaisemiseksi luokittelumallia kehitettiin sellaiseksi, että se ottaa molemmat muuttujat huomioon (sekä taloudellisen, että kriittisyystekijän) ja samalla luokittelumallin yleiskäyttöisyyttä lisättiin osana sopeutuvan parametriston säädön käytettävyysanalyysin osana. Kuva 23 on alla esitetty sopeutuvan varastohallinnan prosessia tukevan kaksitasoisen ABC-analyysin graafinen kuvaus.



Kuva 23: 2 tasoisen ABC-analyysin graafinen esitys

Kuvan mukaisesti prosessi suoritetaan kaksivaiheisena luokitteluprosessina. Luokittelun ensimmäisessä vaiheessa tuotteet jaetaan tuotannon kriittisyyden kannalta kolmeen eri luokkaan (tässä luokkien määräksi on valittu 3, mutta tarpeen mukaan luokkamäärää voidaan mukauttaa tapauskohtaisesti, aivan kuten standardissa ABC-analyysissä luokkien määrää voidaan vastaavasti kasvattaa tarvetta vastaavaksi).

Tuotteen tuotanto / saatavuus kriittisyyttä määriteltäessä luokittelijan ammattitaito ja toimialosaaminen ovat äärimmäisen tärkeitä tekijöitä prosessissa onnistumisen kannalta. Joissain tapauksissa kriittisyystieto voidaan tosin johtaa suoraan muusta liiketoiminta- / tuotantotiedosta. Esimerkkinä eräs tutkimustapaus, jossa valmistaja oli luokitellut lopputuotteet 3 eri kategoriaan. Kyseinen päähankkija luokitteli tuotteet seuraavasti:

1. Heti markkinoiden saatavilla olevat tuotteet (toimitusaika alle 2 vuorokautta)
2. Lyhyen toimitusajan tuotteet (alle 2 viikkoa)
3. Pitkän toimitusajan tuotteisiin (yli 2 viikkoa)

Toimitusaika luokittelun lisäksi kyseisellä toimijalla on olemassa täydellinen tuotekohtainen tuoterakennetieto. Tässä tapauksessa pystytään tuoterakennetiedon ja markkinoiden toimitusaikakriittisyyden kautta johtamaan selkeä jaottelu siitä mitkä nimikkeet ovat kokoonpanon kriittisyyksissä missäkin luokassa. Täydellinen tuoterakennetieto yhdessä lopputuotetason luokittelun kanssa, mahdollistaa nopean luokittelun (joka olisi teoriassa mahdollista myös pitkälti automatisoida), erityisesti jos luokittelua verrataan tavanomaisempaan tasoon, jossa luokittelija joutuisi käymään joka ikisen nimikkeen nimikekohtaisesti lävitse. Toisin sanoen tässä kyseisessä tapauksessa komponentin tuotantokriittisyys pystyttäisiin periyttämään suoraan markkinakriittisyydestä lähtien, edeten kohti komponenttitasoa, hyödyntäen jo olemassa olevaa tarkkaa tuoterakennetietoa.

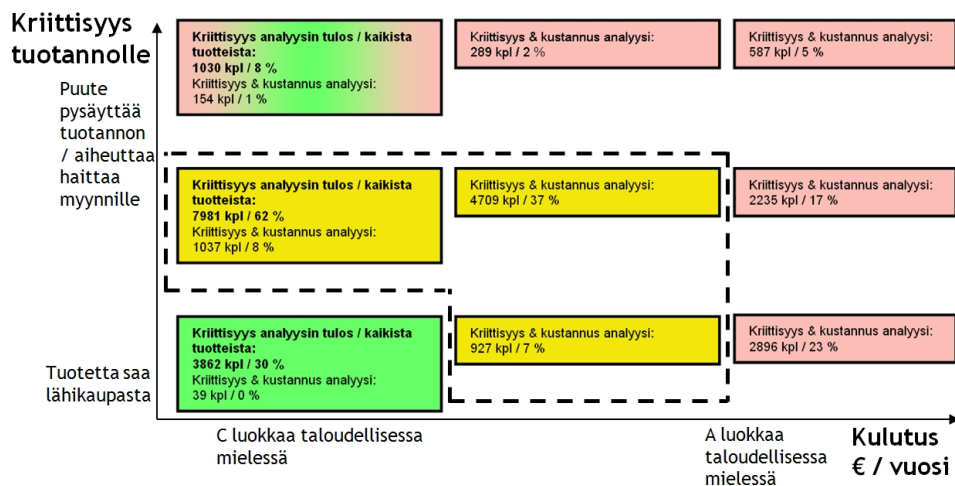
Luokitteluprosessin ensimmäinen vaihe tuottaa luokittelun, jonka perusteella voidaan päätellä onko sopeutuvan varastonhallinnan ideologia sopiva käsiteltävään tapaukseen. Tulkinta suoritetaan tarkastelemalla B-luokan tuotteiden määrää (tuotteen kriittisyyksissä). Esimerkiksi jos suurin osa tarkasteltavia tuotteita luokituu tuotantokriittisiksi tuotteiksi, on analysoitava tarkasti kannattaako varastonhallintaan soveltaa sopeutuvaa parametrisointia vai olisiko ko. tapaukseen sopivampaa soveltaa muita varastonhallintamenetelmiä. Toisaalta jos iso osa tuotteita luokituu tuotantokriittisyyden kannalta vähä kriittisiin ja erittäin kriittisiin, jättäen ei niin kriittisten, mutta kuitenkin jonkinasteista jatkuvaa seuranta / varastointia vaativien tuotteiden määrän pieneksi, on edelleen harkittava olisivatko perinteiset manuaalisen mallin ja suuren varastoinnin / VMI-palvelumallin mukaiset ratkaisut soveliaampia käsiteltävään tapaukseen kuin tässä esiteltävä muuttuvaan kysyntään sopeutettava parametrin ohjausmalli.

Jos ensimmäisen luokittelun tuloksena tuotteita luokituu riittävän vähäisissä määrin kriittisten tuotteiden ryhmään, kannattaa prosessia jatkaa sopeutuvan varastonohjauksen suuntaan. Tällöin seuraavana vaiheena suoritetaan ABC-analyysin toinen vaihe. Tässä toisessa vaiheessa aiemmin eri kriittisyys luokkiin luokitellut tuotteen luokitellaan luokkakohtaisesti (Kuva 23 mukaisesti) perinteisen ABC-analyysin mukaisesti taloudellisten mittareiden mukaisesti eri luokkiin. Kuvassa (Kuva 24) on esitetty esimerkinomaisesti miltä analyysin tulos voisi lopulta näyttää.

Näin saaduille yhdeksälle eri luokalle valitaan seuraavaksi sopivaksi katsottavat varaston-ohjauspolitiikat. SYNKRO-projektin aikana tehtyjen kenttähavaintojen ja yrityshaastattelujen perusteella tässä esitettävässä mallissa esitetään lähtökohdaksi kuvan (Kuva 23) mukaista jakoa. Tämän kyseisen jaon mukaisesti, erittäin tuotantokriittiset tuotteet, sekä A-luokan kalliit tuotteet ohjataan jatkuvien ohjausmallien ja ihmisten valvontaa sisältävien politiikkojen mukaisesti. Sellaiset tuotteet, joiden ei katsota olevan ollenkaan tuotannolle kriittisiä, ja toisaalta jotka ovat kustannusmielessä vähäarvoisia (C-luokan tuotteita), esitetään varastoitavaksi suurissa määrin tai siirrettäväksi VMI-palvelumallin tai vaihtoehtoiseksi kaupintavarasto toimintamallien piiriin.

Jäljelle jäävät tuotteet ovat tässä esitetyssä sopeutuvan varaston-ohjauksen mallissa sellaisia, joiden katsotaan sopivan automaattisen / puoliautomaattisen ohjaamisen piiriin. Kun kaksitasoinen analyysi ja siihen liittyvä luokkajaottelu on saatu aikaiseksi politiikkapäätösten kanssa, voidaan siirtyä prosessin seuraavaan vaiheeseen.

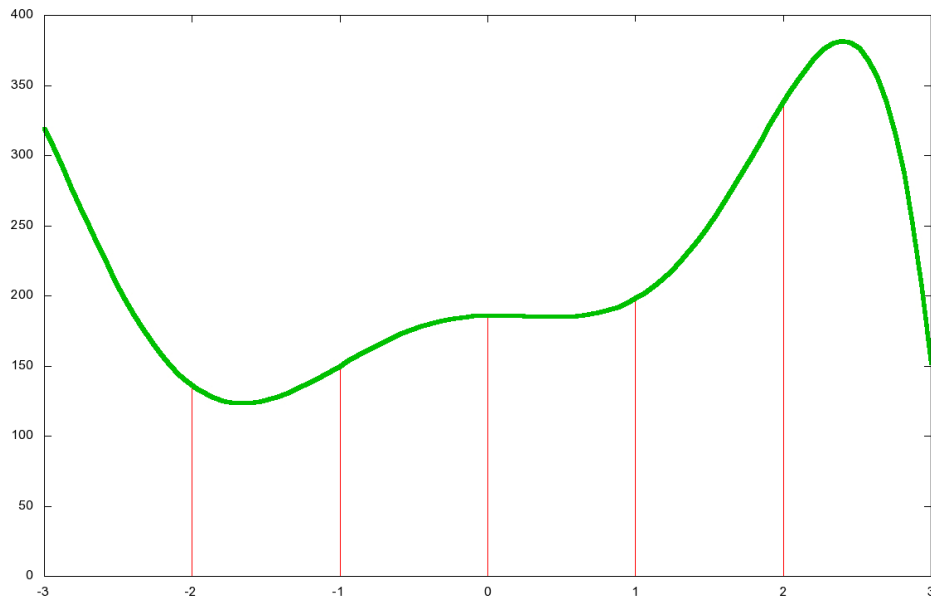
Luokiteltavia nimikkeitä yhteensä: 12873
 Sopivuus luokittelun perusteella: 6673 kpl / 51,8 %



Kuva 24: Esimerkki näymästä ensimmäisen kaksitasoisen luokittelun tuloksena

4.2.4 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 4 - Tuotehistorian analysoiminen ja varastointiparametrien asettaminen

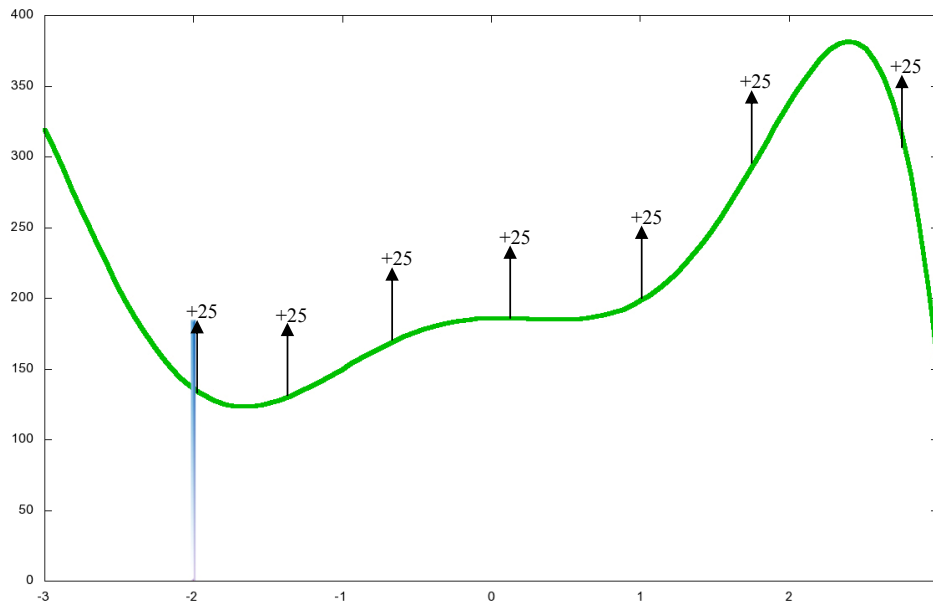
Prosessin analysointivaiheessa aloitetaan käymällä tuotteet lävitse ja muodostetaan tuotteelle sen pitkän aikajänteen historiatiedon pohjalta tuotteen vuosittaista kulutusprofiilia vastaava kysyntäprofiili. Tämä vaihe voidaan toteuttaa hyvin monella eri tavalla. Yksi vaihtoehto olisi esimerkiksi suorittaa jokaiselle tuotteelle automaattinen analyysi ja käyräsovitus, jonka tuloksena saadaan matemaattinen funktio, jonka profiili voidaan esittää indeksien funktiona sopeutusta suorittavalle käyttäjälle (Kuva 25). Tämä matemaattinen funktio kuvaisi siis kulutushistorian pohjalta johdettua ja matemaattisesti funktiolla mallinnettua kysynnän yleistä profiilia. Toisaalta tuotteille voitaisiin laatia, esimerkiksi käyttäjän toimesta, kulutusta vastaava kysyntäkäyrä. Tämä voisi tapahtua vaikkapa käyrän piirtotyökaluilla, joilla käyttäjälle esitettävän historiatiedon graafeihin sovitettua kysyntää kuvaavaa käyrää muokataan vapaasti käyttäjän toimesta.



Kuva 25: Kumulatiiviset kahden kuukauden kysyntäsummat ja summiin sovitettu kysyntäfunktio

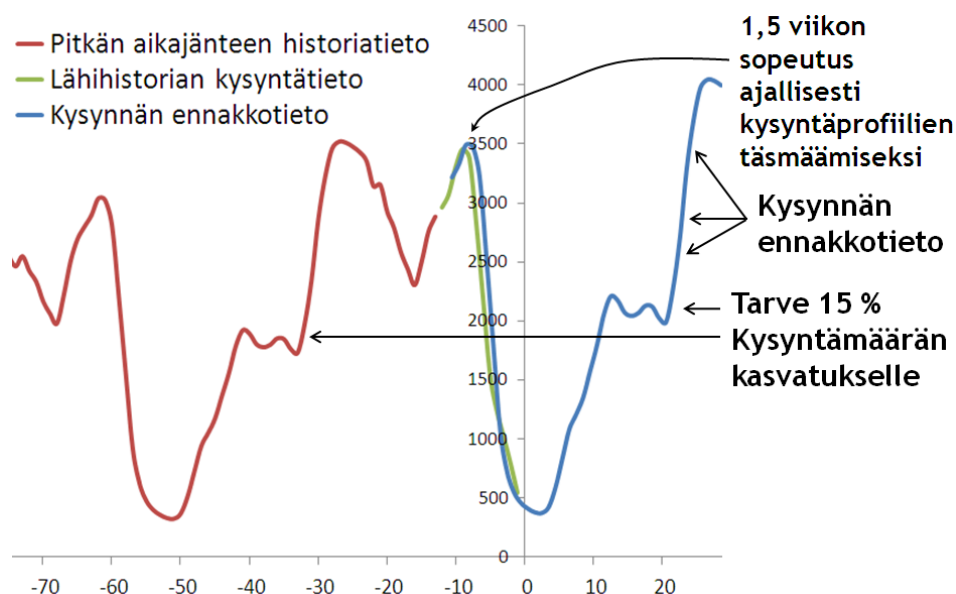
Riippumatta siitä, kuinka tämä pitkän ajan historiatietoon tehtävä sovitus käytännössä toteutetaan, edellä kuvatun prosessivaiheen tavoitteena on tuottaa tuotteen kulutusrytmiä kuvaava funktio tai malli (esimerkki numeerisesti muodostetusta mallista on esitetty aiemmin kuvassa (Kuva 22), missä yhteydessä on esitetty myös malli siitä kuinka numeerinen muodostaminen voidaan suorittaa esimerkin 8 viikon viikkosummaa hyödyntämällä). Kyseistä profiilia ei tulla jatkossa käyttämään sellaisenaan tuotteen tulevaa kysyntää ennakoitaessa, vaan edellä saatua profiilia sopeutetaan lyhyen aikajänteen historiatiedon avulla.

Ideologisesti tuotekohtaisesti hyödynnetään sekä pitkän aikajänteen historiatietoa, että lyhyen aikajänteen historiatietoa rinnakkain tulevan kysynnän ennakoimiseksi. Itse prosessi etenee pitkän historiatiedon kysyntäkuvaajan tuottamisen jälkeen siten, että lyhyen ajan historiatiedon avulla, tätä aiemmin saatua kysyntäkuvaajaa, sopeutetaan lähihistorian kuvaamaan nykyiseen markkinatilanteeseen. Alla (Kuva 26) on esitetty graafisesti, esimerkinomaisesti, kuinka saatua profiilia muokattaisiin vastaamaan + 25 % kysynnän kasvua verrattuna sopeutusjakson kysyntään.



Kuva 26: Kysyntäfunktion sovittaminen vallitsevaan kysyntätilanteeseen lähihistoriatiedon pohjalta

Kuvassa (Kuva 27) on esitetty sopeutusprosessi sellaisessa tapauksessa, jossa perus kysyntäprofiili on luotu numeerisesti. Tässä tapauksessa profiilia täytyy siirtää ajallisesti sen lisäksi että profiilin kysyntämäärää täytyy skaalata ylöspäin. Tässä kyseisessä esimerkissä, kysyntäprofiili sovitetaan lyhyen aikajänteen historiatietoon (+ 15 % kysynnän kasvuun), mikä mahdollistaa lähihistorian markkinamuutoksia kuvaavan tiedon hyödyntämisen osana tulevan kysynnän ennakoimista. Samalla on havaittu että kuluvan vuoden kysyntäjakso esiintyy noin 1.5 viikkoa edellistä vuotta myöhemmin, joten profiilia on siirretty ko. ajanjakson verran mallissa oikealle. Näin voidaan yhtä aikaa hyödyntää pitkän aikajänteen historiatiedon kautta saatavaa kysynnän syklisyyden profiilitietoa, kuin myös lyhyen aikajänteen nykymarkkinatilanteen kysynnän muutostietoa, että kysynnän ajallista sijoittumista. Näin pyritään ennakoimaan tulevia kysynnän nousu ja laskujaksoja, joihin pelkästään lyhyen aikajänteen historiatietoon nojaamalla ei pystytä varautumaan vastaavalla tasolla.



Kuva 27: Pitkän aikajänteen historiatiedon yhdistäminen lyhyen aikajänteen tietoon kysynnän ennakkotietoa luotaessa

Tämän mallintamisprosessin tuloksena saadun tuotekohtaisen tulevan kysyntämallin avulla voitaisiin jo aloittaa tuotekohtaisten varaston tilauspisteen, täydennyserän ja mahdollisesti myös varaston tarkastusrytmien laskeminen. Tarvittaessa voidaan laskea jo valmiiksi ns. alustavat varastontäydennysparametrit, pelkän sovitustiedon pohjalta. Kuitenkin tavoiteltaessa kustannustehokasta, mutta silti riittävää varastotasoa, pitää tuotekohtaiset varastoparametrit pystyä sovittamaan tuotteen yleiseen kysynnän profiliin analysoitujen kysyntämäärien lisäksi.

Automaattista varastoparametrien asettamisen ideologiaa tutkittaessa tutkimusryhmä havaitsi jo TEMO-hankkeen (vuosina 2006–2007) aikana, että vaikka tuotteen kuuluvat yhteen yksittäiseen ABC-analyysin luokkaan (TEMO-hankkeessa tarkastelun kohteena olivat pääosin C-luokan edulliset tuotteet) voi tuotekohtainen kysyntämalli olla luonteeltaan hyvin erilainen. Toiset tuotteet kohtaavat hyvin tasaista kysyntää, toiset taas hyvin satunnaisluontoista kysyntää, kun joidenkin tuotteiden kohdalla kysyntä on pitkiä aikoja hyvin vähäinen sisältäen yksittäisiä hyvin suuria kysyntäpiikkejä.

Johtuen näistä suurista kysyntäprofiilien eroista, ei sopeutuvan varastonhallinnan ideologiaa luotaessa voitu luottaa siihen, että yksi varastoparametrien laskentamalli pystyisi mitenkään hallitsemaan näitä kaikkia, luonteeltaan hyvin erilaisia kysyntätyyppejä, jokaisessa sovelluskohteessa. Tämä moninaisen kysyntäprofiilien ongelma tahdottiin ratkaista siten, että yleinen sopeutuvan varastonohjauksen kantava idea tuotannon keskeytymättömyydestä voitaisiin ylläpitää. Ongelman ratkaisuksi haettiin erilaisia teoreettisia luokittelua ja profiloimismalleja (mm. [Wil84], [Boy06], [Eav04], [Syn05b], [Gho02]), sekä haastateltiin käytännön logistiikkaoperaattoreita ja kenttähenkilöstöä erilaisten käytännön ratkaisumallien kartoittamiseksi. Kartoituksen pohjalta rakennettiin seuraavassa kohdassa esitetty nelikenttämalli, jonka avulla pyritään tarjoamaan riittävät työkalut lopullisen tuotekohtaisen hallintapolitiikan ja varmuusvarastotarpeen määrittämiseksi.

4.2.5 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 5 - Tuotekohtainen kysyntäprofiilin analyysi ja varastointipolitiikan asettaminen

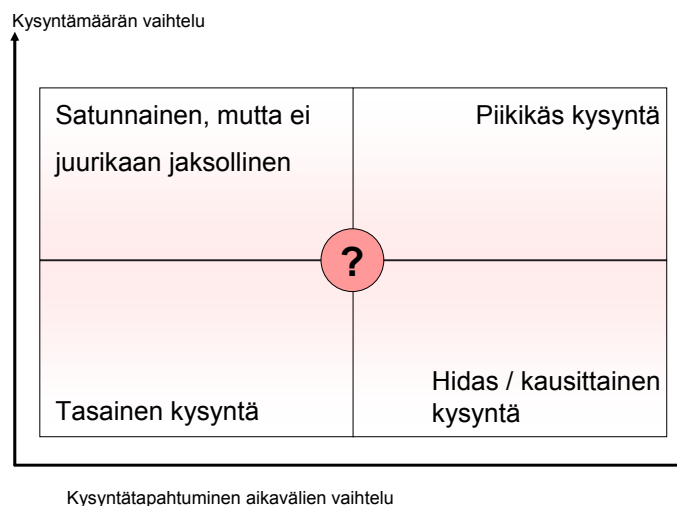
Kuten edellisissä kappaleissa on kuvattu, liittyy tuotteen kysyntää yleisen kysyntäprofiilin lisäksi usein myös lyhyellä aikajänteellä tapahtuvaa kysynnän piikittymistä, kasaantumista, heilahtelua yms. nopeasti tapahtuvia muutoksia. Tämä lyhyemmällä aikajänteellä tapahtuva kysynnän heilahtelu kuvaa käytännössä kysynnän perusluonnetta eli rakennetta. Kuten kappaleessa (2.2 Erilaiset epätasaisen kysynnän kysyntämallit ja tuotekohtainen luokittelu) on kuvattu, kysynnän rakenne tai profiili voidaan jakaa hyvin moneen eri luokkaan ja malliin riippuen täysin siitä millaisia profilointi parametreja prosessiin valitaan ja miten tarkasti luokittelu tahdotaan suorittaa.

Tähän sopeutuvan varastoparametruston asettamisen problematiikkaan valittiin analysointi parametreiksi kysynnän luonteen kuvaajiksi muuttujat:

1. Kysyntätapahtumien saapumisaikojen vaihtelu
2. Yksittäisten kysyntätapahtumien määrän vaihtelu.

Kyseisten parametrien valinta perustuu siihen että ne ovat molemmat hyvin käytännössä ymmärrettyjä ja ne ovat molemmat helposti mitattavissa olevia parametreja. Näiden kahden parametrin avulla pystytään tuottamaan neljä toisistaan hyvin erottuvaa kysyntärakenneluokkaa, mikä mahdollistaa erilaisten varastohallinnanpolitiikkojen ja / tai parametrien kiinnittämisen ryhmäkohtaisesti. Alla (Kuva 28) on esitetty näiden kahden parametrin aikaansaama nelikenttämalli, joka sisältää seuraavat kysyntärakenneluokat:

1. Satunnainen kysyntä
2. Piikikäs kysyntä
3. Tasainen kysyntä
4. Varastonkiertonopeudeltaan hitaasti kiertävät tuotteet / hyvin kausittaista kysyntää kohtaavat tuotteet



Kuva 28: Kysynnän eri profiilien luokittelu

Ideologisesti parametruston asettaminen etenee aiemmin suoritettusta kaksivaiheisesta ABC-luokittelusta kysyntämallin rakentamisen kautta varastoparametrien laskemiseen ja lopulta laskettujen parametrien sovittamiseen ja / tai laskentamallin sovittamiseen haluttuun varastohallintapolitiikkaan tai parametrustonasetantamalliin, joka taasen on sidottu tässä käsiteltävään tuotteen kysyntäprofiiliin.

Otetaan esimerkiksi tuote, jonka kysyntä profiili on luonteeltaan hyvin tasainen. Tasaisen kysyntäprofiilin tapauksessa tuotteelle voitaisiin soveltaa esimerkiksi hyvin optimoidun varastoparametruston politiikkaa (tilaaminen melko vähäisen varastopuskurin tasolla (huomioiden tarvittavan varmuusvaran toimitusviiveiden takia) ja pitäen varastotasot yleensäkin ottaen alhaalla). Toisaalta jos profiili on luonteeltaan hyvin satunnainen, pitää tuotteeseen soveltaa esimerkiksi keskivertotuotetta suurempia varmuusvarastorajoja (tuotteen riittävyuden takaavaa varastointipolitiikkaa). Käytännössä tämä tarkoittaisi aikaisempaa tilaamista (korkeammaksi asetettua tilauspistettä) ja mahdollisesti myös suurempaa toimituserää ja / tai useammin suoritettavaa varastosaldon tarkastamista. Vastaavasti profiloimalla mukaisesti tuotteeseen sidottu kysyntäprofiiliin ja valitun varastointipolitiikan mukaisesti jokaiselle kysyntärakenneluokalle ja tuotteelle lasketaan omat tuotekohtaiset varastointipolitiikan mukaiset varastointiparametrien arvot.

Näin tuotteille on lopulta saatu määritettyä tuotekohtaiset parametrit, jolloin voidaan siirtyä toteuttamaan varastohallintaa käytännötasolla, parametrien mukaisesti. Tässä vaiheessa prosessia siirrytään tarkkailemaan varastotasoja ja päivitetään parametreja tarpeen vaatiessa, eli toisin sanoen siirrytään ylläpitovaiheeseen.

4.2.6 Sopeutuva ohjaaminen, vaihe 6 - Tarkkailu, päivitys, ylläpito ja uudelleen parametrusointi

Tämä on sopeutuvan varastohallintaprosessin viimeinen ja samalla prosessia ylläpitävä vaihe. Tämän vaiheen aikana tuotteen varastokäyttäytymistä seurataan jatkuvasti mm. muutosvaikutusten ja poikkeaminen seuraamiseksi. Tuotekohtaisia parametreja muutetaan tarpeen mukaan ja tuotteisiin liittyviä luokittelua ja parametrustomäärittämiä seurataan varasto-ohjauksen toimivuuden ja tehokkuuden analysoimiseksi.

Tähän vaiheeseen kuuluu hyvin kirjava joukko erilaisia tapoja ja työkaluja, joilla käytännön työ voidaan toteuttaa. Analysointiin voidaan yhtä hyvin käyttää yksinkertaisia tulosteita, Excel-makroja, yksittäisiä tietokanta-analyysi ohjelmia / työkaluja kuin pitkälle vietyjä optimointiohjelmistojakin. Esimerkiksi käytännön empiriatestissä tapaustutkimusyritys seurasi hyvin tarkasti varastonarvon kehittymistä suhteessa tehtyihin parametrien muutoksiin, pystyäkseen ennakoimaan varastoon sitoutuneen pääoman muutoksia seuraavien parametrustomuutosten yhteydessä. Työkalusta riippumatta, tavoite on aina sama, ylläpitää ja päivittää järjestelmän toimintaa ja parametrustoa siten että varaston toiminta tehostuu ja tuotannon jatkuvuus pystytään takaamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Lisäksi suorittamalla analyysijä siitä miksi jokin tietty ennakkotieto ja sitä seurannut toteuma poikkesivat merkittävästi toisistaan enemmän kuin mihin on keskimäärin totuttu, voidaan pyrkiä kasvattamaan verkoston yleistä vaihtelua kuvaavien tekijöiden ymmärrystä. Näin voidaan vastata [Coo97] näkemykseen siitä, että kilpailukyvyn luomiseksi tai ylläpitämiseksi toimitusketjuja tulisi kuitenkin pyrkiä johtamaan kokonaisuutena, sillä optimoimalla yksittäisten yritysten toimintaa päädytään toimitusketjun kannalta osaoptimaaliseen toimintaan. Kun ymmärretään toimitusketjun poikkeamien

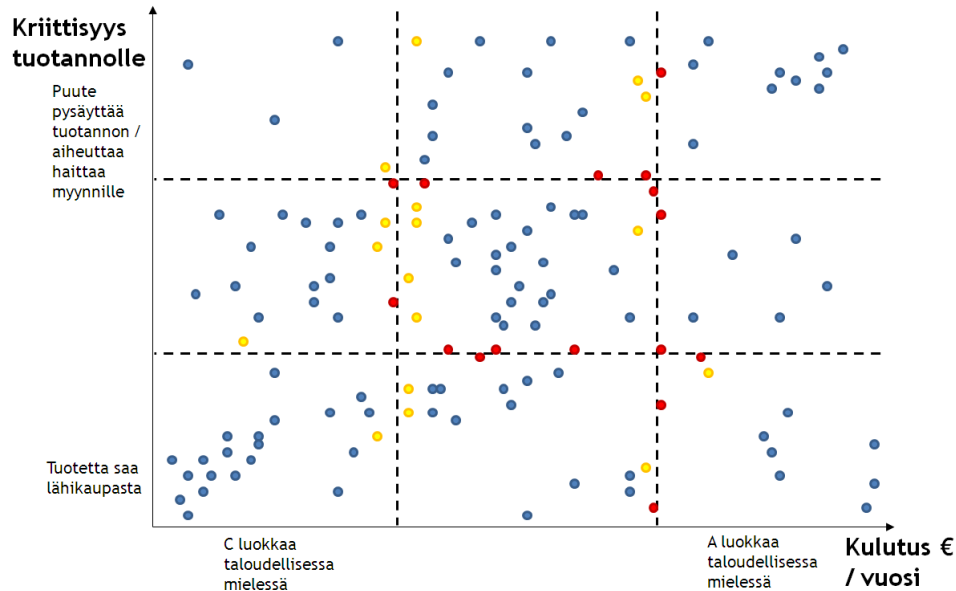
mahdollisia seuraamuksia ja osataan selittää niitä, voidaan toimitusketjussa paremmin luottaa toimitusketjukumppanilta saataviin ennakkotietoihin. Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkejä siitä, millaisia analyysejä ja toimenpiteitä parametrien seuraamisessa ja päivitystyössä voitaisiin käytännötyössä soveltaa.

Otetaan ensimmäiseksi esimerkiksi tarkkailu. Edellä on esitetty kuinka Ohjausmallissa voi olla tärkeää pystyä luokittelemaan tuote kysyntämallinsa (syklišyys ja sesonkikäyttäytyminen) lisäksi kysyntärakenteen (satunnaisuuden määrä ja määrälliset muutokset) mukaan. Kysynnän rakenteen määrittämiseen tässä mallissa käytettiin tuotteen historiatiedosta laskettavia parametrien arvoja, joiden perusteella tuote luokiteltiin johonkin yksittäiseen lohkoon käytetyssä nelikenttämallissa. Teoriassahan tällainen luokittelu, politiikan asettaminen ja sen jälkeinen parametrien laskeminen on hyvin suoraviivainen ja yksinkertainen prosessi. Kuitenkin käytännössä, tässä kohden, todellista varastonhallintatyötä toteutettaessa kohdataan jokapäiväinen ongelma siitä, mitä tehdä niille nimikkeille, jotka luokituvat lähelle kahden tai useamman lohkon lohkorajoja. Toisaalta, mitä tehdä sellaiselle tuotteelle, joka luokituu aluksi yhteen luokkaan, seuraavalla luokittelukierroksella johonkin toiseen luokkaan ja niin edelleen? Pahimmillaan tällainen tuote saatetaan luokitella rajatapauksena väärän varastonohjauspolitiikan piiriin (toisin sanoen analyysi ja / tai luokitteluvirhe tuotteen kysyntärakenteenprofiloinnissa). Kuinka tällaista virhettä ja siitä mahdollisesti jatkossa aiheutuvia ongelmia voitaisiin käytännössä välttää tai millaisilla analyyseillä / ylläpitotyökaluilla tällaisten virheiden määrää voitaisiin minimoida?

Eri analysointimahdollisuuksia läpikäyessä tultiin johtopäätökseen että varastonhallintaa kannattaa näiltä osin tarkkailla taustalla tapahtuvan jatkuvan profiloinnin avulla. Jatkuvan profiloinnin mallissa järjestelmä laskee tuotteelle tuotekohtaisen luokittelun mukaisen profiilin yhä uudestaan ja uudestaan uuden historiatiedon pohjalta (esimerkiksi kerran päivässä/viikoittain/tms.) tallentaen tuotekohtaisen luokittelun tuloksen tietokantaansa ja seuraa taustalla uudelleen analyysin tulosta. Tarkkailemalla profiililuokittelun tuotekohtaista muutosta voidaan analyysiä viedä pidemmälle. Sellaiset tuotteet jotka profiloituvat kerta toisensa jälkeen aina samaan luokkaan voidaan nähdä ns. turvallisiksi tuotteiksi varastonhallinnan menestyksekkään politiikan soveltamisen kannalta. Kun taas sellaiset tuotteet, joissa profiili vaihtelee vaativat manuaalisen analyysin ja mahdollisesti manuaalisena työnä tehtävän parametruston asettamisen, jotta tuote ei aiheuta jatkossa poikkeamia varastonhallintaan ja/tai tuotantoon.

Aivan samanlaista luokittelun ”säilyvyys-analyysiä” voidaan tehdä esimerkiksi myös tuotteiden ABC-luokitteluille tuotteen tuotantokriittisyyden uudelleenanalysoimiseksi tai tuotteen kustannustekijöiden uudelleenarvioimiseksi. ABC-analyysien jatkuvan uudelleenprofilointiseurannan lisäksi ABC-luokittelun osalta voidaan tehdä hyvin monenlaisia ylläpidollisia luokittelutöitä. Näistä eräänä esimerkkinä tuotakoon esille mahdollinen tarve muokata alustavasti automaattisesti tehdyn ABC-luokittelun tulosta manuaalisesti lähelle luokkarajoja sijoittuvien tuotteiden osalta. Tässä esimerkkinä voisi olla kaksivaiheisen ABC-analyysin ensimmäisessä vaiheessa tehtävässä kriittisyysanalyysissä saadun luokittelutuloksien muokkaaminen. Alla kuvassa (Kuva 29) on esitetty eräs mahdollinen näkymä jonka avulla varastonhallintaa suorittava henkilö voisi suoriutuva ylläkuvatusta uudelleen järjestelystä. Kuvan esimerkissä järjestelmä tarjoaa luokitteluun näkymän, jossa joka ikinen luokiteltu nimike näkyy omana värikoodattuna pallonaan, mikä mahdollistaa nopean havainnoinnin siitä kuinka

paljon ja minkä luokkien rajalla esiintyy tuotenimikkeitä, joiden osalta luokittelu on luonteeltaan rajatapaus. Tässä esimerkissä hyvin epävarmat tapaukset esitetään punaisella ja hieman kauempana rajoista olevat nimikkeet keltaisella, sekä luokittelultaan ns. varmaksi katsotut nimikkeet sinisellä.



Kuva 29: Graafinen esitys tuotteen kaksitasoisesta luokittelusta potentiaalisten ongelmatuotteiden kartoittamiseksi

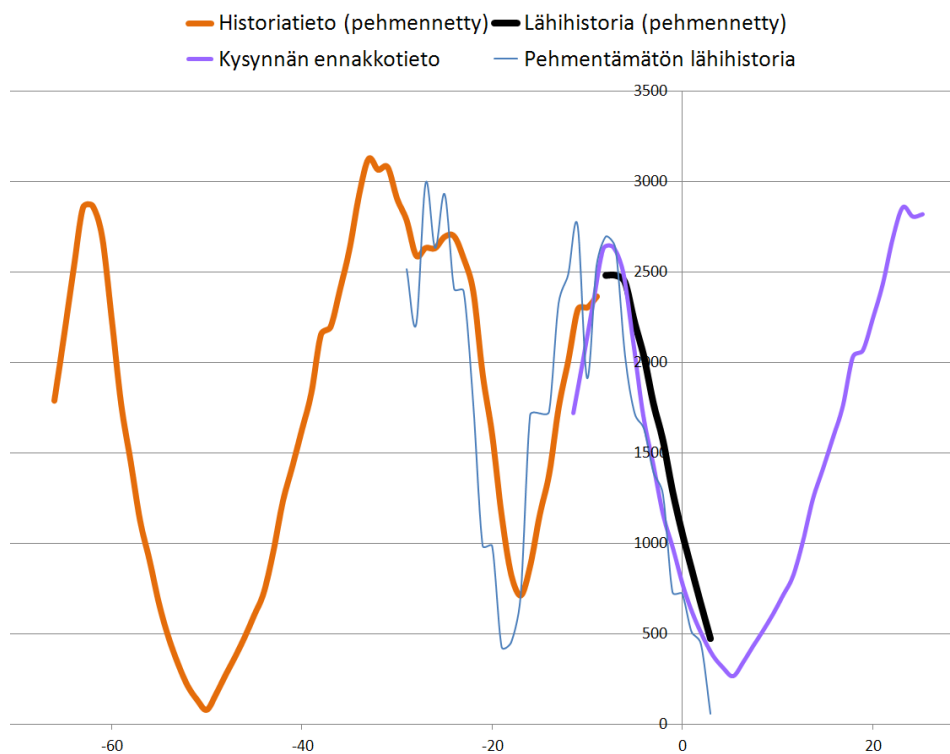
Luokittelumallin uudelleen jaottelun ideana on, että käyttäjä voisi valita minkä tahansa analysoidun luokan ylä- tai alarajan ja saada tältä raja-alueelta eteenpäin listan kaikista niistä tuotteista, jotka ovat luokituneet kyseisen luokkarajan ja viereisen luokan hyvin läheiselle alueelle. Näin pyrittäisiin mahdollistamaan käyttäjälle nopea näkymä potentiaalisiin ongelmatuotteisiin (ohjausmielessä) sekä samalla pyritään tarjoamaan intuitiivinen käyttöliittymä, jolla tuotteiden siirto luokasta toiseen tai kokonaan pois sopeutuvan ohjaamisen piiristä voidaan suorittaa yksinkertaisesti ja yksiselitteisesti.

Luokittelun ja automaattisen ohjaamisen osa-alueeseen liittyy myös seuraava esimerkki, jossa järjestelmä pyrkii automaattisesti luomaan kysynnän lähitulevaisuuden kysyntäprofiilin kaikille niille tuotteille, jotka käyttäjä on aiemmin luokitellut seuraavan tietyn profiilin yleismallia. Tässä esimerkkinä esimerkiksi yksittäisen lopputuotteen kysyntäprofiilin rakentaminen, missä ko. tuotteen täydellinen tuoterakenne on olemassa. Kaikki ne nimikkeet jotka liittyvät vain ja ainoastaan tähän tuoterakenteeseen voidaan katsoa olevan kysyntänsä osalta profiloitavissa ko. nimikkeen profiilin kautta. Käytännössä on kuitenkin havaittu että mm. numeeristen arvojen käsittelyyn liittyvästä epätarkkuudesta sekä prosentuaalisiksi suhteutettujen lukujen kerrannaisvaikutuksista johtuen on mahdollista että jollain nimikkeillä ylläkuvatusti ”periytyllä” profiililla saattaa olla mallinnettuja ajanjaksoja, jolloin kysyntä olisi laskennallisesti negatiivinen. Tällaista negatiivista kysyntää voidaan pitää järjestelmässä ns. virhesignaalina. Toisaalta negatiivinen kysyntä voidaan nähdä mallintamisvirheenä, mutta toisaalta ko. signaalia voidaan hyödyntää myös alkuperäisen lopputuotteen profiloinnin mahdollisena epäonnistumisen signaalina. Näin kysyntöjen kytkemisellä voidaan saada

aikaan kokonaisuudessaan tilanne jossa malli sisältää itse itsensä ”tarkastelevia” rakenteita.

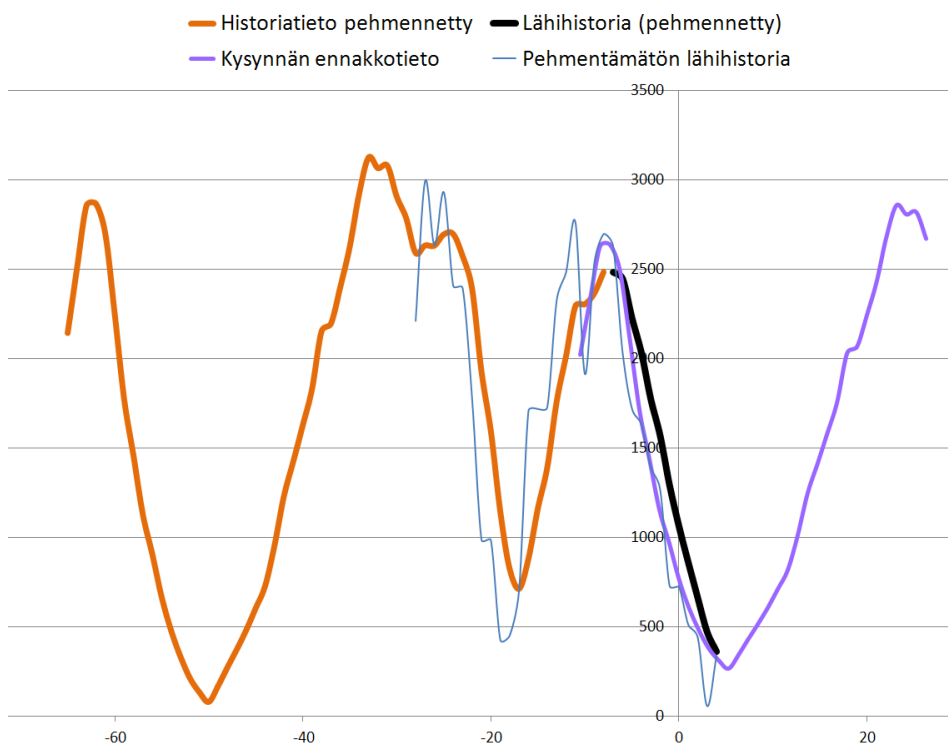
Edellä kuvattujen ylläpidollisten erikoistapausten lisäksi ylläpitoon liittyy hyvin paljon tyypillisiä suurin / pienin analyysijä, keskiarvojen seuraamista, suurten muutosten jatkuvaa seuranta, erikoisten / käytännössä mahdottomien arvojen seuraamista jne. Tässä kuvattavassa yleisessä mallissa on mahdotonta tuoda esille kaikkia erikoistapauksia, joita varmasti kohdattaisiin monessa eri muodossa käytännön toteutuksissa, mutta tästäkin huolimatta esitetyssä mallissa on yritetty pyrkiä mahdollisimman suureen yleistettävyyteen.

Tutkimuksen kenttähavaintojen pohjalta voidaan tiivistää, että asioiden graafinen esittäminen on käytännön ohjaustyön kannalta yksi tärkeimpiä yleislinjoja nopean poikkeamien havaitsemisen ja parametristomuutosten seurausten havainnoinnissa. Alla olevissa kuvissa on pyritty havainnollistamaan tätä graafisen esittämisen etua nopean reagoinnin osalta. Kuvassa (Kuva 30) on esitettyä kysynnän ennakkotiedon muodostamista viikolla viisi. Kuvassa vaaka-akselilla oleva numeerinen indeksointi kuvaa viikkoa, Indeksien arvon 0 kuvatessa vuodenvaihdetta 2009 – 2010. Kuvaajassa on esitetty kysynnän ennakkotiedon tekijälle kysynnän historiatieto (josta suurimmat yksittäisvaihtelut on pehmennetty pois kysynnän yleisprofiilin havainnoimiseksi). Kuvaajassa mustalla esitetty lähihistoria antaa ennakkotiedon muodostusprosessiin referenssin kuluvan vuoden kysyntämääristä suhteessa sopeutuksen kohteena olevaan profiiliin. Lisäksi kysynnän ennakkotietoa muodostavalle henkilölle on esitetty pehmentämätön lähihistoriatieto kysynnän heilahtelujen ennakoimiseksi. Tästä tiedosta on muodostettu kysynnän ennakkotieto (kuvassa esitetty violetina).



Kuva 30: Kysynnän ennakkotiedon muodostaminen graafisen tulkinnan pohjalta

Seuraavassa kuvassa (Kuva 31) on siirrytty ajassa yhdellä viikolla eteenpäin, jolloin samainen henkilö on muodostamassa seuraavaa kysynnän ennakkotietoa, saatuaan käytettäväkseen edellisen viikon toteutuneet numerot. Tässä kohden ennakkotiedon muodostaja voi havaita kuvassa mahdollisen tulevan puutetilanneriskin pehmentämätöntä historiatietoa tarkastelemalla. Jos kysyntä lähtee kasvamaan, kuten pehmentämätön historiatieto antaisi olettaa (suunta viimeisimmän viikon tietojen mukaan merkittävästi ylöspäin), voi aiemmin muodostetun kysynnän ennakkotiedon sisältämä kysynnän hiljaisen jakson leveys osoittautua yliarvioidun leveäksi. Kuvatunkaltaiset nopeasti graafisesta esityksestä tulkittavissa olevat vihjeet mahdollisista tulossa olevista poikkeamatilanteista voivat tarjota kysyntää ennakoivalle henkilölle riittävän aikajänteen toimia, jotta hän pystyy korjaamaan tilausparametristoa välttääkseen graafisen tulkinnan indikoimaa mahdollista riitto-ongelmaa lähitulevaisuudessa.



Kuva 31: Tulevien poikkeamien ennakointi graafisen kysynnän ennakkotiedon muodostusprosessin ohessa

Visuaaliset esitysmuodot voivat myös auttaa menetelmää käyttävää yritystä toimittajien suuntaan tapahtuvan kysynnän muutosten viestintätilanteissa. Kysyntäprofiilin muutoksia selittämällä, voidaan pyrkiä saamaan toimittajana toimivia yrityksiä ymmärtämään mitkä ovat tärkeimpiä muutosten syy-seuraussuhteet, millä tehostetaan asioiden ymmärtämistä ja läpikäymistä. Visuaaliset / graafiset informaation esitykset auttavat kaikkia osapuolia ymmärtämään asian paremmin sekä edistävät osapuolten välistä kommunikointia [MAC10]. Erilaisia visualisoinnin mahdollisuuksia ja menetelmiä läpikäytessä mm. visualisointi malli, jossa tarkasteltiin graafisesti tuotteiden kysyntämäärien liukuvien summien vaihtelua, osoittautui hyvin mielenkiintoiseksi analyysitavaksi antamaan lähtökohdan sille mitkä tuoteryhmät noudattavat toisiaan seuraavia kysyntämalleja ja mitkä ovat toisistaan näennäisesti erillisiä kysyntämuutostensa osalta. Tarkastelu suoritettiin prosentuaaliseksi muutostiedoksi skaalattuna, joten graafeista analysoitiin vain suhteellisia muutoksia, ei nimikkeiden määrällistä kysyntää.

Vaikka tarkasteltava toimiala SYNKRO-hankkeen päätutkimustapauksissa olikin konepajateollisuuden alueelta, ei tässä esitetty sopeutetun varastoparametriston säädön ideologia rajaa itseään minkään yksittäiseen toimialan ratkaisumalliksi. Käytännössä yllä esitetty ratkaisumalli ei itsessään ole rajattu mihinkään tiettyyn toimialaan tai alueeseen, mutta analyysin kohteena olevat tuotteet voivat olla luonteeltaan sellaisia ettei niihin ole yksinkertaisesti järkevää soveltaa tällaista osittain tai täysin automatisoitua kysyntään sopeutettua varastointiparametriston asettamisen ideologiaa. Hyvänä esimerkkinä käytännön yritys / tuoteympäristöstä, jossa tuotteiden tuotantokriittisyys voi aiheuttaa sen, ettei sopeutuvan varastoparametrisoinnin

ideologian käytäntöön soveltaminen ole tuotannon katkattomuuden kannalta perusteltua, on tapaustutkimus terveydenhuoltoalan teollisten laitteiden valmistavan yrityksen piiristä. Tässä tutkimustapauksessa yritys tuottaa asiakkailleen projektiluontoisesti tuotteita, jotka taloudellisessa mielessä luokitteisivat soveltuvalle alueelle, mutta tuotantokriittisyyden takia eivät sovellu tähän toimintamalliin, ja siten eivät myöskään kunnolla automaattisen varastoparametriston ideologiaan.

4.3 Mallin käytännön testaaminen

Tässä kappaleessa kuvataan sopeutuvan ohjaamisen mallin käytännön testausta vuosien 2010 ja 2011 aikana. Kappaleessa kuvataan myös tapaustutkimusyrityksenä toimineen yrityksen toiminnan kehittyminen, empiria testausta edeltäneeltä ja testin aikaiselta ajanjaksolta. Tällä kuvauksella pyritään tuomaan esiin empiria testaamiseen liittyvät taustat ja lähtötekijät, sekä taustan mahdolliset vaikutukset empiiriseen testiin. Lisäksi kappaleessa kuvataan tapaustutkimusyrityksen markkinakysynnän yleisluonne ja markkinoiden perusrakenne.

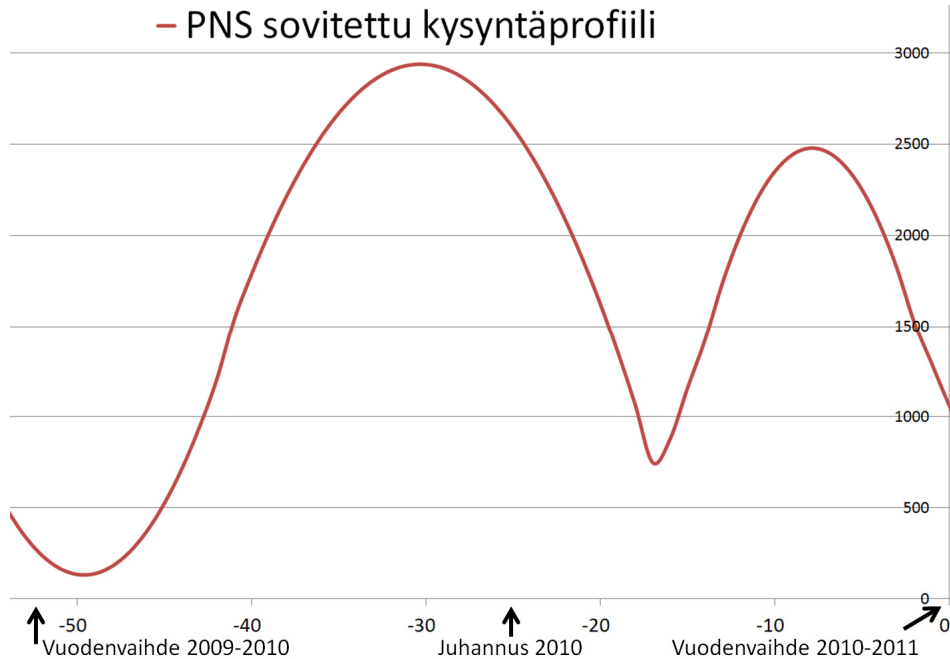
4.3.1 Tapaustutkimusyrityksen ja yrityksen lähihistorian kuvaus

Tapaustutkimus esimerkkinä toimii kokoonpaneva yritys, joka kohtaa kausittain vaihtelevaa kysyntää. Kyseinen yritys tuottaa ja myy lopputuotteita globaalisti yritysmarkkinoille, missä kaikki asiakkuudet solmitaan yritysten kanssa. Lopputuotteisiin käytettävien nimikkeiden hankinta-ajat vaihtelevat muutamista tunneista useisiin viikkoihin, mikä luo toimintaan omat haasteensa. Tyypillinen nimikkeiden toimitusaika toimittajalta tapaustutkimusyritykselle on muutamasta päivästä muutama viikkoon. Osa nimikkeistä on teollisia standardinimikkeitä ja osa taas täysin kyseistä yritystä varten tuotettuja alihankintanimikkeitä. Tyypillinen lopputuotteiden vuosituotanto on muutama sata yksikköä ja tuotteen keskimääräinen läpäisy aika kahdesta kolmeen viikkoa. Tuotteen rakenteesta johtuen joitain nimikkeitä joudutaan kuitenkin hankkimaan jo merkittävästi lopputuotteen kokoonpanevan tuotantolinjan tarvetta aiemmin, minkä johdosta lähitulevaisuuden kysynnän ennakoiminen ja varastomäärien sopeutus kysyntään on yritykselle hyvin tärkeää. Lisäksi osa hankittavista nimikkeistä on täysin sitoutunut asiakaskohtaiseen projektitilaamiseen, jolloin näiden tuotteiden osalta tilaaminen täytyy suorittaa jokaisen projektin kohdalla erikseen. Nimikkeiden hankintaketän jako on tarkasteltu myöhemmin tässä kappaleessa mm. kuvassa (Kuva 34), joka jakaa hankittavat nimikkeet kaksitasoisen ABC-analyysin mukaisesti ABC-ryhmiin, niin hinnan, kuin myös nimikkeiden tuotantokriittisyydenkin osalta.

4.3.2 Kysynnän rakenne ja markkinoiden luonne tapaustutkimuksessa

Yrityksen kohtaama markkinakysyntä on luonteeltaan sellaista että ko. yrityksen kysynnässä esiintyy keskimäärin kaksi kysynnän huippujaksoa ja kaksi kysynnän suvantovaihdetta yhtä vuoden mittaista tarkastelujaksoa kohden. Käytännössä kyseiset ajanjaksot vaihtelevat pituudeltaan ja kysyntämääriltään vuosittain, joten suora ulkomuistiin perustuva tuotannon ohjaaminen, vuodenaikojen suhteen, ei ole tehokasta eikä luotettavaa. Toisaalta kyseisten suvanto ja huippukysyntävaihteluiden osalta tunnetaan perussyklit, minkä mukaisesti kysyntä on usein huipussaan loppukeväästä / kesällä, sekä alkutalven aikana, vastaavasti näiden ajanjaksojen väliin asetuu kysynnän suvantovaiheet. Tätä kysynnän heilahtelun perusrakennetta esitetään kuvassa (Kuva 32),

jossa pystyakselilla esitetään kysynnän määrää erään hyvin peruskysynnän vaihtelua kuvaavan nimikkeen osalta siten että pystyakselilla on esitetty nimikkeen pehmennetty kysynnän liukuva summa ja vaaka-akselilla yksi yksikkö kuvaa yhtä viikkoa. Kysynnän pehmentämisellä pyritään tuomaan esiin kysynnän yleisluontoista kausivaihtelua, poistamalla yksittäisten kysyntä piikkien aiheuttamaa kysynnän ”sahaamista” ja heilahtelu, mitä yksittäiseen nimikkeeseen voi ajoittain kohdistua.



Kuva 32: Tapaustutkimusyrityksen kohtaaman kysynnän kausittainen vaihtelu

Tapaustutkimusyritys on toiminut yli 60 vuotta omalla liiketoimintasektorillaan, toimittaan tuotteita, jotka kasataan ja kokoonpannaan yrityksen omissa tiloissa, mistä ne myös viimeistellään, testataan ja mistä ne myös toimitetaan loppuasiakkaille. Kyseinen sektori on perinteisesti jakautunut selkeästi kahteen eri osa-alueeseen: lopputuotteen alustan toimittajiin, sekä alustan ympärille rakennettavien kokonaisuuksien toteuttajiin (sisältäen sisärakenteen rakentamisen). Markkinoilla on tosin joitain toimijoita jotka eivät aivan selkeästi luokituta kumpaankaan kategoriaan vaan näissä tapauksissa toiminta perustuu alustan yksittäiskomponenttien projektikohtaiseen hankintaan, minkä päälle toimija rakentaa lopputuotteen lopullisen runkorakenteen ja sisärakenteet ja ulkoverhoilun. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana, markkinoiden viisi suurinta alustoihin keskittyntä toimittajaa ovat lisänneet merkittävästi yhteistyön määrää lopputuotteen alustaa ympäröivien rakenteiden valmistavien yritysten kanssa. Samainen kehitys on tapahtunut myös tapaustutkimus yrityksessä, jonka yhteistyö, sille alustoja toimittavan yrityksen kanssa, on syventynyt hyvin merkittävästi 2000-luvun alkupuolesta lähtien. Tästä johtuen, tapaustutkimusyrityksen tuottamat lopputuotteet, edustavat alustan toimittavan yrityksen tuotemerkillä markkinoitavien lopputuotteiden kokonaismäärästä noin viiden kymmenen prosentin osuutta.

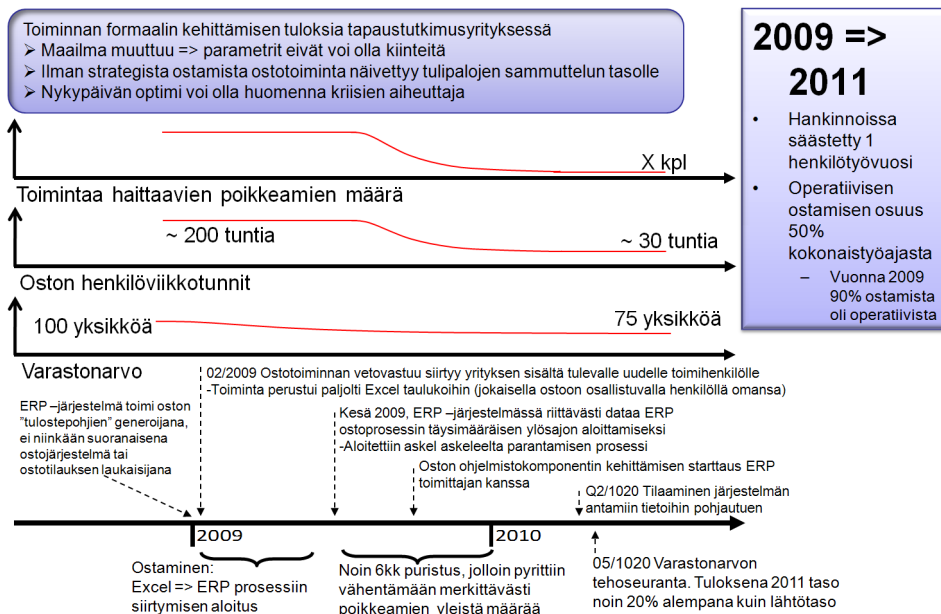
Tapaustutkimusyrityksen markkinoiden perusrakenne voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Ryhmään yksi kuuluvat julkiseen sektoriin liittyvät asiakkaat, joiden

hankinnat riippuvat julkisen sektorin budjeteista, päätösprosesseista, yhteiskuntarakenteiden muutoksista yms. Ryhmään kaksi kuuluvat kaikki yksityisen sektorin asiakkaat, joiden hankintarepertuaari on jossain määrin julkista sektoria laajempi ja monesti myös lisälaitte- ja erikoistuotetarpeet ovat julkista sektoria monimutkaisempia ja laajempia. Näiden kahden asiakaskunnan välinen jako ostomäärällisesti ei ole yksikäsitteisesti (pitkällä aikajänteellä) määritettävissä, koska painotus vaihtuu puolelta toiselle aika-ajoin. Painotus on kuitenkin ollut aiemmin enemmän julkisen sektorin puolella ja tällä hetkellä ollaan tilanteessa, jossa yksityissektori kuormittaa yritystä enemmän. Historiallisesti jako on ollut karkeasti 40 – 60 % vaihdellen painotuksen osalta laidasta laitaan.

4.3.3 Tapaustutkimusyrityksen hankintamallin kehittyminen

Alkuvuoteen 2007 saakka, yrityksen tietojärjestelmäratkaisuna toimi järjestelmä, jonka perustoiminnallisuus täytti yrityksen päivittäisen tarpeen, mutta tietojärjestelmän hyödyntäminen ostotoimintaa ja tuotannonohjausta tukevana työkaluna oli vähäistä. Tällöin ostotoimintaan osallistuvien henkilöiden työajasta kului noin 95 % operatiivisen ostamiseen, mikä välillä vaikutti jopa tilausten seurantaan negatiivisesti, kun itse operatiivinen ostotoiminta vaati lähes täydellisesti ostajien käytössä olevan päivittäisen resurssin.

Vuoden 2007 jälkeen, tapaustutkimusyritys on kehittänyt ostotoimintaansa viimeisten vuosien aikana yhä enemmän toimittajaverkoston hallinnan ja kustannusten hallinnan näkökulmista kehitystoimintaa johtaen. Aina vuoteen 2009 saakka, yrityksen operatiivinen ostotoiminta perustui paljolti ostotoiminnasta vastaavien henkilöiden henkilökohtaisesti luomiin taulukkomalleihin, yksinkertaisiin sovelluksiin ja kaavapohjaisiin Excel malleihin, sekä pienimuotoiseen automatisointiin nojaaviin ratkaisuihin. Vielä tuolloin, yrityksessä tietojärjestelmiä hyödynnettiin lähinnä toimintaa kevyesti tukevana lisätietolähteinä, sekä toiminnasta muodostuvien tietojen kirjauspaikkana. Toimittajaverkoston hallinnan ja hankinta-toimintojen osalta, kyseisenä ajanjaksona tärkein rooli yrityksessä oli tuotekehityksestä vastaavalla osastolla. Vuosien 2009 – 2011 välisenä aikana toiminnan ohjausta ja tietojärjestelmien hyödyntämistä on kehitetty merkittävästi. Alla olevan kuvan (Kuva 33) mukaisesti vuoden 2009 alkupuolella yritys laittoi paljon panosta ERP järjestelmän käyttömäärän lisäämisen ja vuoden 2009 loppupuolella työpanosta kohdistettiin jatkuvan parantamisen prosessiin, poikkeamien vähentämiseen ja toiminnan formalisoimiseen. Kuvan mukaisesti saman ajanjakson aikana toimintaa haittaavien poikkeamien määrää saatiin vähennettyä merkittävästi, samalla kun ostotoimintaa sitoutuvan operatiivisen ostamisen määrää vähennettiin vakio ostoprosessien siirtyessä enemmän ERP-painotteiseksi, aikaisemman manuaalisen ostamisen piiristä. Suoritettu toiminnan kehittäminen näkyi myös varastoon sitoutuneen pääoman määrässä, prosessien parantuessa. Tästä eteenpäin ERP-järjestelmän tehtävänä on ollut hoitaa ostoehdotusten tekemistä ja automaattisen ostamisen prosessia, ennalta määrättyjen ja prosessimaisesti päivitettävien parametrien mukaisesti. Vaikka kyseinen ERP-järjestelmäpainotuksen lisääminen onkin helpottanut ostotoimintaa sitoutuvaa työn määrää merkittävästi, se ei tarjoa tulevan kysynnän ennakointiin tarvittavia apuja. Näin parametrien muuttaminen tulevaa kysyntä vastaan, on tapahtunut pääosin niin sanottuihin koulutettuihin arvauksiin perustuen.



Kuva 33: Tapaustutkimusyrityksen lähihistoria 2008 – 2010

4.3.4 Tapaustutkimuksen kenttätesti - Tiedon keräämisvaihe, suodattaminen, siistiminen ja valmistelu analyysiä varten

Tapaustutkimusyrityksen tietorakennemuutoksen seurauksena, vuoden 2007 jälkeen, kyseisessä tutkimustapauksessa oli jo lähtötilanteessa kertynyt käytännön kokemusta useamman vuoden osalta hallittavan nimikkeistön kysynnän vaihteluista. Lisäksi lähes koko nimikkeistö oli automaattisen ostojärjestelmän tai VMI-palvelun piirissä, joten ideologian soveltamiseksi (keväällä 2010) yrityksellä oli jo valmiiksi tarvittava informaatio ja taustatieto saatavilla.

Kysyntätiedon yleisprofiilin tarkastelemiseksi koko nimikkeistöä valittiin tarkasteluun muutamia koko toimintaa ja sen syklistyyden vaihtelua hyvin kuvaavia nimikkeitä, joista valittiin yksityiskohtaiseen tarkasteluun sellainen nimike, jota käytetään jokaisessa lopputuotteessa. Kyseinen materiaali on sellainen että sen määrä vaihtelee suhteessa lopputuotteen koon mukaan (pituus & korkeus), joten tarpeen määrittäminen onnistuu myös vaihtelevan lopputuotekoon tapauksessa.

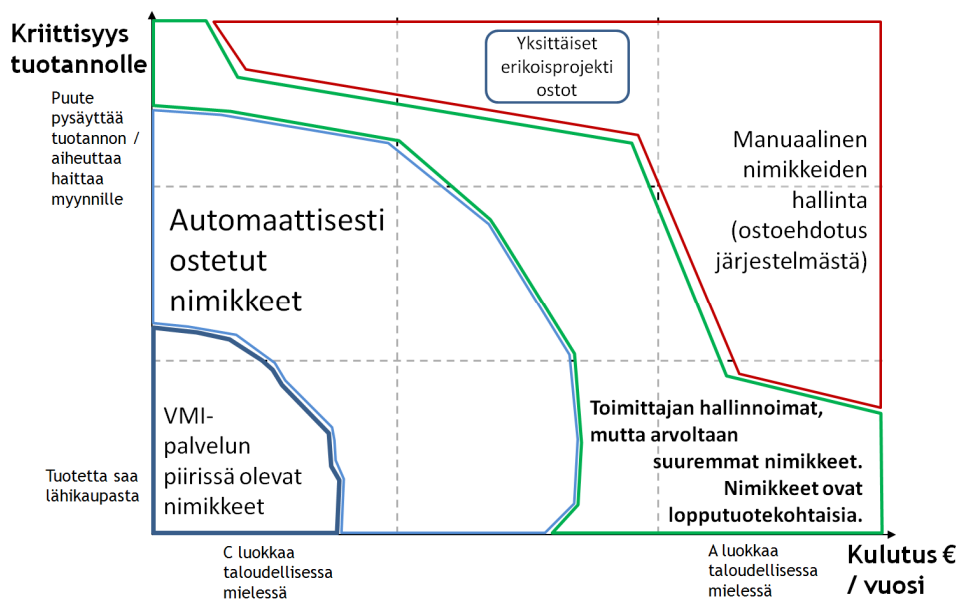
Kysyntätieto käytiin läpi merkittävien poikkeamien varalta. Tällaisia ei kuitenkaan tässä tapauksessa havaittu ja datassa olleiden yksittäisten merkittävien muutostenkin osalta muutoksiin oli olemassa hyvin toimintaan peilautuvat selittävät tekijät.

4.3.5 Tapaustutkimuksen kenttätesti - Analysoitavien nimekkeiden läpikäyminen ja kaksitasoisen ABC-analyysin suorittaminen

Tarkasteltava tapaustutkimusyritys oli jo aiemmin yksinkertaistanut nimikkeiden hallinta prosessiaan mm. siirtymällä hyödyntämään C-luokan pieniarvoisten nimikkeiden osalta VMI-palvelumallilla toimivaa hyllypalvelua. Näiden nimekkeiden rinnalla yrityksellä on käytössään pieniarvoisia nimikkeitä arvokkaimmille nimikkeillä

oma VMI-palvelunsa, joka kattaa hieman arvokkaampia C-/B-luokan nimikkeitä. Näiden nimikkeiden osalta toimittaja hallinnoi varastoja. Tämän lisäksi, yrityksellä on käytössään ns. ostoautomaatti ohjelmistorakenne, tukemassa oston päivittäistä toimintarutiinia, minkä ansiosta heidän oli keskimääräistä helpompi kartoittaa, valita ja tehdä päätös niistä nimikkeistä, jotka otettaisiin mukaan sopeutetun varastonohjausparametriston empiirisen testin piiriin. Ostoautomaatin ansiosta, yritys pystyi ottamaan sopeutukseen mukaan sellaisia nimikkeitä, joiden parametrien säätäminen täytyi pystyä tekemään eräajomaisesti, käsitellen kerralla useita nimikkeitä.

Tapaustutkimusyrityksen nimikkeistön hyvästä taustatuntemuksesta ja C-luokan palvelumallista johtuvasta valmiista nimikeryhmäerittelystä johtuen kaksitasoisen ABC-analyysin läpivieminen täysimääräisesti ei ollut välttämätöntä. Täysimääräinen ja yksityiskohtainen analyysi ei ollut välttämätön tässä tapauksessa, koska yrityksellä oli jo valmiiksi suoritettu selkeä luokitus siitä, mitä nimikkeitä voidaan ja halutaan ohjata automaattisesti tai sopeuttaen ja mitkä nimikkeet tahdotaan ohjata manuaalisesti tai muuten tarkoitukseen sopivalla palvelumallilla tms. (esim. yllä esitetyllä VMI-mallilla). Alla (Kuva 34) on esitetty kaksitasoisen ABC-analyysin jaon mukaisesti luokiteltuna karkea kuvaus siitä kuinka tässä tapaustutkimusesimerkissä nimikkeet jakautuisivat niihin jotka on valittu mukaan ohjauksen piiriin ja niihin, jotka ohjataan muilla menetelmillä. Kuvan mukaisesti vähäarvoiset ja vähän tuotannolle kriittiset nimikkeet ovat VMI-palvelun alaisia nimikkeitä. Taloudellisesti lähellä B-luokkaa ja suurin osa B-luokkaan kuuluvista nimikkeistä (vaalean sininen alue kuvassa) hallitaan automaattisesti ostoautomaatin avulla. Tuotantokriittisyyssmielessä tästä ryhmästä jäävät pois vain kriittisimmät A-kriittisyysluokan nimikkeet. Oikeaan ylänurkkaan rajoittuvat (punainen alue kuvassa) nimikkeet hallitaan manuaalisesti, mutta näidenkin nimikkeiden osalta järjestelmä tuottaa valmiin ostoehdotelman nimikkeistöä hallinnoiville ostosta vastaaville henkilöille. Näiden alueiden ulkopuolelle jäävät nimikkeet, joiden osalta on laadittu hankintasopimus siten että toimittaja hallinnoi ko. nimikkeitä (vihreä alue kuvassa), sekä ne nimikkeet jotka ostetaan täysin tapauskohtaisesti projekteille (kuvassa keskellä ylhäällä).

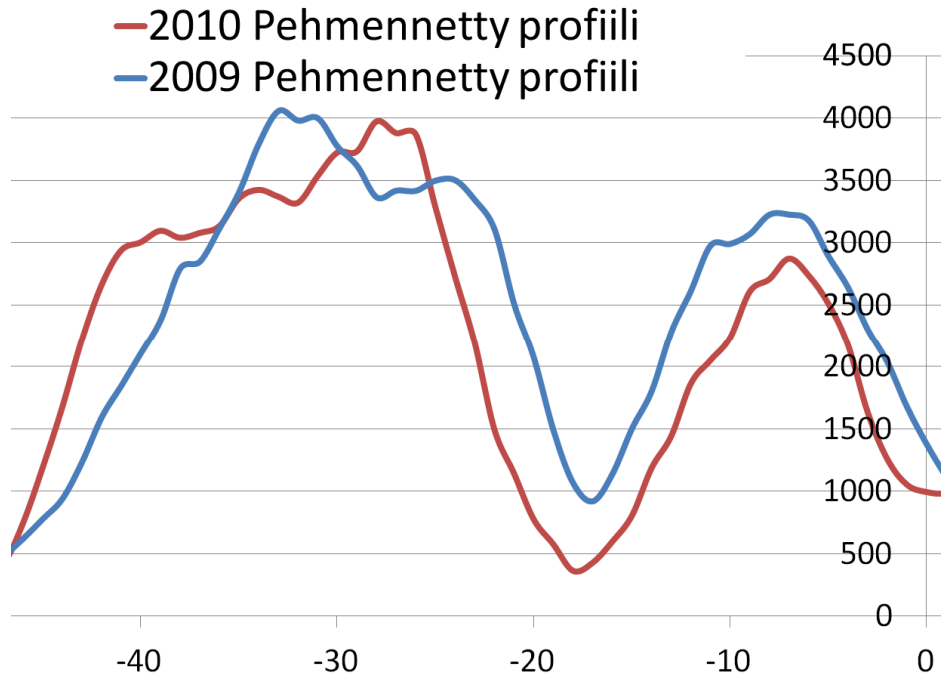


Kuva 34: Tapaustutkimusyritysten nimikkeiden jakautuminen kaksitasoisen ABC-analyysin jaottelussa

4.3.6 Parametrisoinnin piiriin valittujen tuotteiden analyysi

Kyseinen tapaustutkimusyritys oli jo aiempaan kokemuspohjaiseen tietoon perustuen rakentanut itselleen näkemyksen siitä kuinka ja minä vuodenaikoina heidän kysyntänsä vaihtelee eri nimikeryhmissä. Tätä vaihtelua on hahmotettu jo aiemmin kuvassa (Kuva 32). Empiiristä testiä varten, tutkimukseen kuvaavaksi nimikkeeksi valitun tuotteen kysyntäprofiilin esitettiin käytännötoimijoille kokemuspohjaiseen tietoon vertaamista varten. Kyseinen esitys rakennettiin vuoden 2010 empiiriseen dataan perustuen. Tässä vertailussa todettiin että kysyntäprofiili noudattaa hyvin ennako-odotusta ja sitä voidaan pitää edustavana toimintaa kuvaavana profiilina.

Ennakkotiedon profiiliin yhdistettiin lyhyen aikajänteen historiatietoa kysynnän kasvusta, minkä seurauksena pystyttiin rakentamaan paremmin lähitulevaisuuden kysyntää ennakoiva kysyntäprofiili, samalla todettiin käytännössä profiilimallintamiseen liittyvä potentiaalinen käytännön haaste profiilin vuosittaisen vaihtelevuuden osalta, mikä voi johtaa vääränlaiseen ennakkointiin. Kuvassa (Kuva 35) on esitetty kuinka aiemman vuoden profiili voi johtaa väärään ennakkointiin jos esimerkiksi profiilin huippukysynnän ajan kysynnän piikki ajoittuukin eri kohtaan kuin missä se on aiempana vuonna tai vuosina ollut. Kyseisessä kuvassa vuoden 2009 kesäkauden kysyntähuippu on ollut rakenteeltaan sellainen että kysyntä on noussut loivahkosti (noin 3kk ajanjakson aikana) huippuunsa ja kestänyt huipputasolla noin 1-1,5 kk ajan. Tämän jälkeen kysyntä on laskenut hiukan ja pysynyt tällä tasolla noin 2kk ajanjakson ajan, minkä jälkeen kysyntä on lähtenyt melko jyrkkään laskuun. Vuoden 2010 osalta tilanne oli hieman erilainen. Vuonna 2010 Kysyntä on noussut (1kk aikana) vuotta 2009 jyrkemmin ylös pysyen siellä noin 3kk ajan, minkä jälkeen kysyntä on noussut vielä entisestään. Huippukysynnän jakson jälkeen kysyntä on lähtenyt vuonna 2010 vuoden 2009 kaltaiseen laskuun.

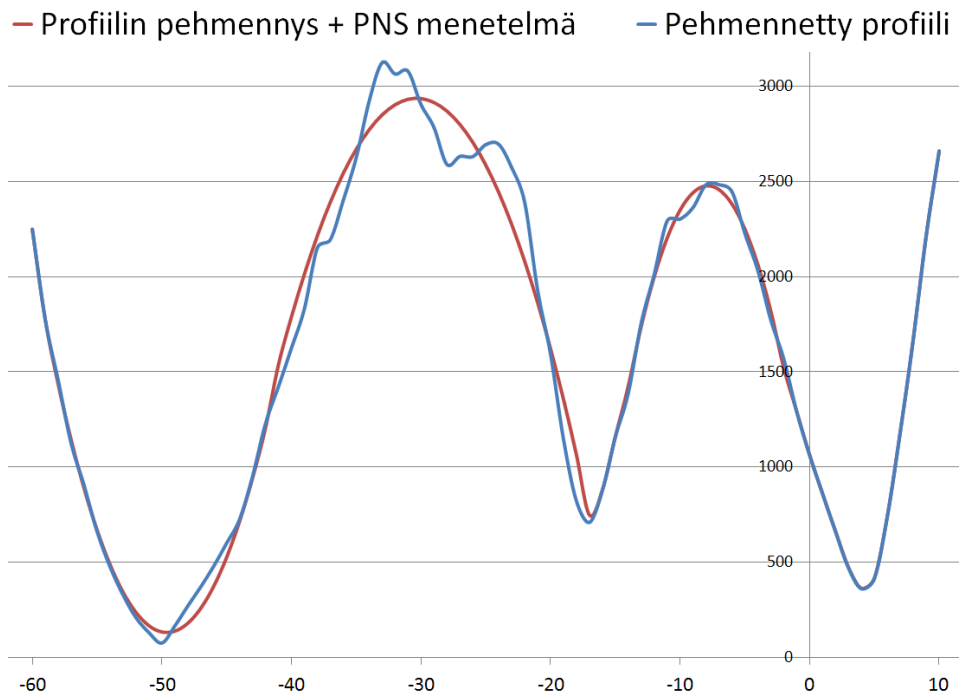


Kuva 35: Peräkkäisten vuosien kysynnän huippuajanjaksojen piikkien ajoittuminen eri ajankohtiin

Edellä kuvatun kaltainen huippukysynnän ajoittumisen vaihtelu ja huippujakson ajoittuminen kevät- / kesäsesongin sisällä tunnistettiin sellaiseksi, että sen esiintymiskohta voi vaihdella hyvin merkittävästi jopa peräkkäisten vuosien välillä. Mallin jatkokäytön kannalta, kyseisessä tapaustutkimuksessa, mallin perusideologiaa muutettiin siten, että kysyntäprofiilin pitkän aikajänteen historiatietoon perustuva osuus tullaan rakentamaan yleisluontoisempaa mallina, joka esittää kysynnän perusrakenteenmuutoksia ja pyrkii samalla suodattamaan yksityiskohtaisempia muutoksia pois yleisluontosten kuvaajasta. Katso alla kuva (Kuva 36), jossa vuoden 2009 kysyntäprofiilia on muokattu pienimmän neliösumman menetelmää (PNS, englanniksi The Method of Least Squares) hyödyntäen siten että profiilista hyödynnetään pääosiltaan vain kysynnän muutostietoa, sekä kysynnän huippu ja laaksojaksojen leveystietoa (keston pituutta). PNS-sovitusta on tehty tässä tapauksessa siten, että sovitettavana funktiona on käytetty toisen asteen polynomiä (paraabeli), joka on sovitettu datapisteisiin sellaiselle välillä missä kysyntä on lähtenyt joko rajusti nousuun tai laskuun päättäen sovituksen seuraavaan kysynnän rajuun muutoskohtaan. Näin on saatu aikaiseksi kuvassa (Kuva 36) esitetty PNS sovitettu käyrä, jossa vuorottelevat ylöspäin ja alaspäin avautuvat paraabelit jatkuvana sarjana. Menetelmänä PNS on erittäin hyvin tunnettu ja laajalle levinnyt. [Dun04] mukaan menetelmä on ensimmäisen kerran kokonaisuudessaan kuvattu jo vuoden 1809 tietämillä Carl Friedrich Gauss:n toimesta¹⁵.

¹⁵ Gauss, C. F. (1857). *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*. (Charles Henry Davis, Trans.) Boston: Little, Brown and Company. (Alunperin julkaistu 1809)

Tähän ratkaisuun päädyttiin keskusteltaessa käytännön toimijoiden kanssa siitä, mikä olisi yleisen ostojen ja logistisen toiminnan kannalta järkevää parametrin vaihtoehtoisuuden osalta. Käytännössä parametrin joka viikoittainen, koko varastoa koskeva, muuttaminen nähtiin liian nopeaksi tahdiksi toimitusketjulle keritä sopeutua kunnolla tehtyihin muutoksiin. Logistiset ja tuotannolliset rajoitteet huomioiden parametrin muutosten osalta nähtiin tärkeimmiksi pisteeksi ne tulevat muutokset joissa hyvin selkeästi siirrytään huippukysynnästä kohti kysynnän laaksoa ja kääntäen. Näiden välissä pyrittäisiin toimimaan vakio parametrilla, johon tehdään pääosin vain pieniä tasapainotuksia ja hienosäätöjä.



Kuva 36: PNS + pehmenys vs. alkuperäinen ainoastaan pehmenetyllä profiililla oleva sovitus

4.3.7 Kysynnän vaihtelevuuden ja poikkeaminen havainnoiminen

Yrityksen kokemuspohjaisen tiedon ja heidän käyttämänsä ostoautomaatin toiminnan pohjalta tiedettiin jo ennestään nimikkeiden kysynnän luonteesta mm. se että kysyntä hyvin harvoin loppuu kuin veitsellä leikaten, eikä se myöskään juuri koskaan noussut täysin yllättäen lähes nollakysynnästä merkittävän suureksi kysynnäksi. Tämä kysyntärakenteen syklinen muutos ja muutoksen nopeus on esitetty tässä kappaleessa kappaleen myöhemmässä vaiheessa, tarkasteltaessa markkinoiden yleisesti kokemaa vuoden 2009 paikkeille ajoittunutta lamavaikutusta verrattuna tapaustutkimusyrityksen kysyntärakenteen muutokseen kyseisenä ajanjaksona (Kuva 39). Kysyntärakenteen tuntemuksesta johtuen, kaikkiin empiiriseen testiin mukaan otettuihin nimikkeisiin uskallettiin soveltaa samaa hankintapolitiikkaa kysynnän laskuajanjaksolle ja tulevaan nousuun varauduttaessa. Muodostetun varastonohjauspolitiikan mukaisesti yritys mukautti nimikkeiden tilauspisteparametreja vuoden 2010 alun aikana kahteen otteeseen siten että tilauspisteitä pudotettiin nimikkeille hyvin merkittävästi, toisessa mukautuksessa hankinnan kokonaismäärää tiputettiin laskennallisesti noin 50 %

huippuajanjaksoon nähden (laskettuna keskimääräisestä varastonarvosta suhteutettuna tilauspiste ja tilauseräparametreihin).

Tilauspisteisiin ja määriin tehdyt muutokset suoritettiin tapaustutkimusyrityksessä nimikkeille isoina nimikeryhminä, joissa parametreja muutettiin mm. seuraavantyyppisillä rakenteilla (jokin tietty prosenttiosuus nykyisistä parametreista, esim. 50 % muutos alaspäin esim. ostoparametrien täydellinen nollaaminen tilaamisen kokonaisvaltaiseksi pysäyttämiseksi valitulle joukolle). Nimikemuutosten kohteena olivat kuvassa (Kuva 34) esitetyt automaattisen ostotoiminnan piirissä olevat nimikkeet, sekä ne nimikkeet jotka kuuluivat järjestelmän tuottaman automaattisen ostoehdotuksen piiriin. Edellä kuvatun parametrismuutoksen toteuttaminen vei vain noin 10 – 15 minuuttia aikaa. Taustatyönä itse parametrison muutokselle tehtiin selvitys siitä, milloin ja missä määrin mitään ryhmää tulisi muokata. Selvitystyö oli merkittävästi parametrien muuttotyötä työläämpään, sen viedessä yhteensä muutamia miestyöpäiviä. Muutosten varsinaista seuranta ja muutosten vaikutuksia suoritettiin, erityisesti ensimmäisen muutoksen jälkeen, tiuhaan tahtiin. Toisaalta tällä pyrittiin varmistamaan se että muutokset olivat varmasti kohdistuneet oikeisiin nimikeryhmiin ja toisaalta pyrittiin pitämään huoli siitä että ollaan valmiita reagoimaan nopeasti, jos tehdyillä muutoksilla havaitaan olevan odottamattomia seurannaisvaikutuksia. Erityisesti tahdottiin seurata uuden toimintamallin ja työkalujen luotettavuutta ja varmuutta, mutta toisaalta pyrittiin myös oppimaan ensimmäisestä muutokerrasta seuraavia sopeutusjaksoja silmällä pitäen.

4.3.8 Prosessin tarkkailu, päivitys ja ylläpitovaihe

Empiria testin muutosten vaikutuksia seurattaessa, parametrismuutosten vaikutuksia seurattiin päivittäin mahdollisen nopean reagointitarpeen vastekyvyn ylläpitämiseksi. Muun muassa varastosaldotietoon kiinnitettiin huomiota varaston kokonaisarvon sekä yksittäisten toimittajien toimittajakohtaisten kokonaisvarastosaldojen kautta. Näitä parametreja seurattiin siksi että tahdottiin nähdä muutosten vaikutusnopeuksia toimittajittain, mutta toisaalta tahdottiin myös pystyä seuraamaan parametrison muutosten välillisiä seuraamuksia ja tahdottiin saada mittareita muutoksille, niin että odottamattomat seuraamukset varastosaldoissa toimisivat eräänlaisina prosessin mahdollisten vikatilanteiden hälyttiminä. Seurannalla pyrittiin varmistumaan myös siitä, että jos markkinoilla tapahtuu äkillisiä muutoksia tai jos esimerkiksi jo varmistettujen asiakastilausten osalta tulee merkittäviä määriä peruutuksia, voidaan parametrismuutoksilla pyrkiä vielä korjaamaan tilannetta, sen vaatimalla tavalla ja näin pyrkiä välttämään [Hen04] kuvaamaa yleistä mallien ennusteheikkoutta äkkinäisten muutosten tapauksessa, mikä voi johtaa mallin jatkuvaan systemaattiseen virheeseen, siihen saakka kunnes muutosta vastaan tehdään malliin tarvittavat parametriskorjaukset.

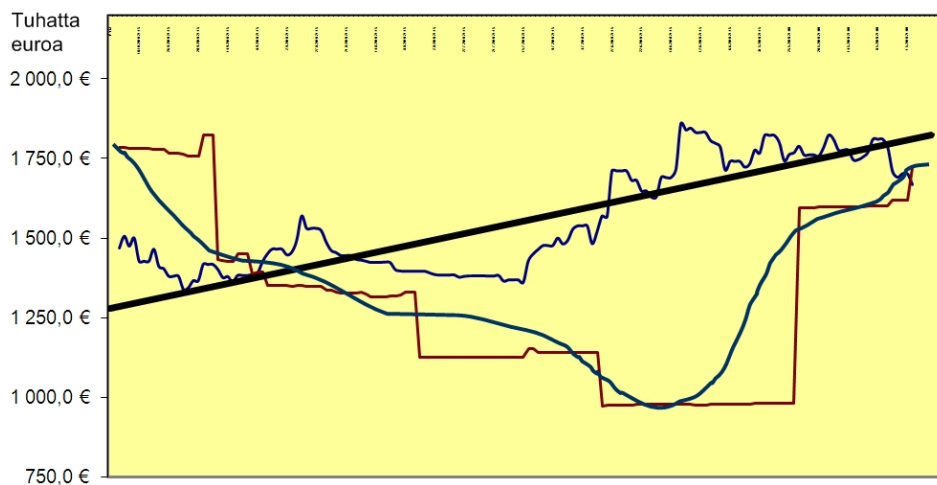
Itse parametrison alkuperäinen eräajosäätö- ja hienosäätöprosessi perustuivat noin kahden vuoden mittaiseen historiatietoon, minkä pohjalta määriteltiin hankintaeriin ja tilauspisteisiin halutunlaisia muutoksia ennakoiden historiatiedon perusteella lähitulevaisuuden kysyntää. Parametrismoa ei säädetty pelkästään varastonarvojen optimoimiseksi, vaan niihin tehtiin myös muutoksia siksi, että tahdottiin havainnoida muutosten vaikutusten nopeusvastetta, jotta tulevaisuudessa parametrison muutoksia voidaan ajoittaa kokemuspohjaisen muutos-vaste tiedon avulla paremmin suhteessa tuotannollisiin muutoksiin. Toisaalta tuotannon ja hankintojen johtaminen on edelleen oma haasteensa yrityksessä ja asiakaskohtaisten tilausten vahvistuminen tapahtuu

monesti niin myöhäisessä vaiheessa prosessia, että yritys ei voi nojautua imuohjaukseen kuin harvojen tuotteiden osalta.

Koska suurin osa ostotoimintaa perustuu projisioituun kysyntään, tapahtuu ohjaaminen tiedossa olevan varastosaldon, tilauspisteiden ja tilauserien lisäksi mm. toimittajien toimitusvarmuuden kautta toimivana parametruston säätönä. Muun muassa toimitusvarmuudeltaan heikoiksi tunnistettujen toimittajien tapauksessa tilauspisteessä saattoi olla varmuuskerrointa suurimmillaan kahteen saakka. Parametrusto muutoksissa nämä varmuuskertoimet huomioitiin siten että täysimääräisissä nollauksissa parametri jätettiin huomiotta, mutta esim. tilauspisteiden puolittamisen yms. merkittävien säätötoimenpiteiden kohdalla sellaiset toimittajat jotka oli jo ennestään tunnistettu heikoiksi toimitusvarmuuden osalta, jätettiin säätöprosessin ulkopuolelle, tuotannon jatkuvuuden takaamiseksi.

Yllä mainittujen tuotannon jatkuvuuden ja varastojen määrän optimoimisen lisäksi, tilauspisteiden ja tilauserien uudelleen parametrisoinnilla pyrittiin huomioimaan myös kesäloma-aika siten että toimittajille aktivoituvat tilaukset ajoittavat toimitukset viikon – kaksi ennen kesälomakauden alkua tai ajanjaksoksi lomakauden jälkeen. Näin pyrittiin varmistamaan se, että juuri ennen lomaa yhtiöön ei saavu tavaraa jota lomanaikana ei tarvita. Eräkojoja ei kuitenkaan sopeutettu tätä varten yhden kappaleen tarkkuustasolla saakka, vaan jos nimikkeitä tarvittiin muutama kappale, niitä tilattiin normaali täysi erä. Suorittamalla lomajaksoa seuraavalle työjaksolle tilaukset jo reilusti ennen lomajakson alkua, pystyttiin tavarantoimittajille antamaan positiivinen impulssi siitä että tilaaminen jatkuu entiseen tahtiin, nimikkeet vain halutaan lomien takia normaali tilausykyllistä poikkeavana toimitushetkenä. Samalla voitiin antaa toimittajalle valinnanvapaus tuottaa nimikkeet toimitusta varten valmiiksi ennen toimittajan lomajaksoa tai vaihtoehtoisesti lomanaikana / nopeasti loman jälkeisenä viikkona, sen mukaan, minkä ajanjakson kuormituksen ja tuotantovalmiudet toimittaja itse näkee parhaaksi hetkeksi toimia. Tähän prosessiin kului kahdelta ostoasiantuntijalta vajaa työpäivä työaikaa.

Kevään 2010 edetessä yritys seurasi hyvin tarkasti kuinka mm. poikkeamien määrä ja varaston riitto, sekä toimittajien toimitusajat ja oman toiminnan katkeamattomuus reagoivat tilauspistemuutoksiin. Havaittiin mm. että varastonarvon lasku tapahtuu melko hitaasti suhteessa parametrien muutokseen nähden. Tässä tapauksessa parametrien muutoksen ja varastoon sitoutuneen pääoman välillä havaittiin noin 6 viikon viive. Ensimmäiset muutokset alkoivat näkyä selvästi varastonarvossa noin neljän viikon kohdalla minkä jälkeen muutosten vaikutus kesti aina noin seitsemään – kahdeksaan viikkoon saakka. Käytännössä vaikutusten havainnointi pelkästään varastonarvoa seuraavan kokonaissumman kautta on hyvin haastavaa, koska samalla kun parametruston vaikutus aiheuttaa varastonarvoon muutosta, niin myös toiminnan määrän muutos tuotannossa vaikuttaa varastonarvoon. Siinä missä tilausparametrien merkittävä pienentäminen johtaa varastonarvon laskuun, niin toisaalta toiminnan hidastuminen taas heikentää laskun nopeutta ja vaikutuksen dramaattisuutta. Kuvassa (Kuva 37) on esitetty varaston arvon muutos suhteessa laskennalliseen varastonarvoon (parametrien kautta laskettuna) graafisena esityksenä. Kuvassa aikajanan vanhimmat päivämäärät ovat oikealla, eli ajan kehittymistä tulkitaan vaaka-akselina olevalta aika-akselilta oikealta vasemmalle.



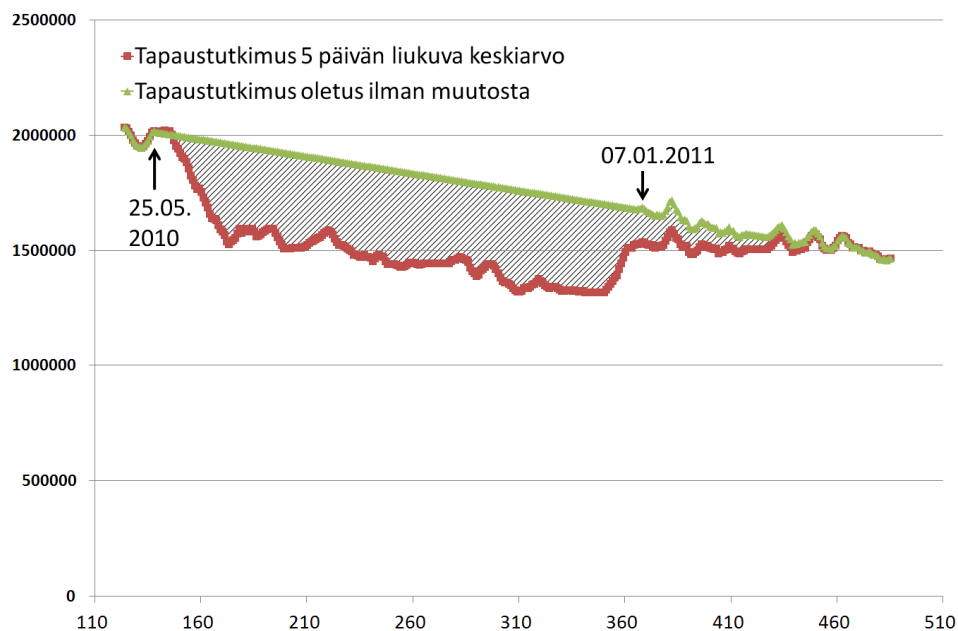
Kuva 37: Varaston arvon muutos suhteessa tilauspiste ja tilauserä parametrin muutokseen

Nimikkeiden riiton ja tuotannon kokemien puutetilanteiden osalta ei kevään, kesän ja alkusyksyn 2010 aikana havaittu muutoksia aiempiin vuosiin verrattuna. Yrityksen hankintaosaston mukaan ne poikkeamat joita havaittiin, eivät olleet suoraan sidoksissa tehtyihin parametrimuutoksiin, vaan olivat normaaleja ja tyypillisiä toimitusketjuihin liittyviä toimitusongelmia (tuotantokapasiteetin ylikuormitus toimittajalla, kuljetuskaluston hajoaminen logistiikassa jne.).

Varastoihin sitoutuneen pääomahyödyn lisäksi yritys koki saaneensa merkittävää etua syksyllä 2010 kokemaansa toimitusvarmuuteen. Yritys mukautti ostoparametrejaan keväällä 2010 siten, että he ilmoittivat toimittajilleen jo kevätkaudella, miten parametreja tullaan muokkaamaan syksyksi ja millaisia toimituseriä ja mihin ajanjaksoihin millekin nimekkeelle miltäkin toimittajalta odotetaan. Näin toimittajat pystyivät itse määrittämään miten he tulevat kuormittamaan omaa tuotantoansa tapaustutkimusyriyten tilausten osalta, miten he huomioivat oman kesälomasesonkinsa ja kuinka tuotanto suhteutetaan yritysten väliseen logistiikkaan ja logistiikan kesäsesonkiin siten että tuotteet ovat asiakkaalla sovitussa paikassa sovituna ajanhetkenä. Toisin sanoen tapaustutkimusyriitys pystyi omalla toiminnallaan helpottamaan toimittajien operatiivista toimintaa, samalla parantaen omaa kokemaansa palvelunlaatua ja toimitusvarmuustasoa.

Yrityksen toimintaan sitoutuneen pääoman osalta kuvassa (Kuva 38) on esitetty laskelma siitä, kuinka paljon yritys säästi pääomia parametrin muutoksen kautta, laskennallisella 10 % vuosikorolla, toimintaan sitoutuneen pääoman koron kautta laskettuna. Kyseistä laskelmaa tarkasteltaessa täytyy muistaa, että yrityksen kannalta saavutetun realisoituneen taloudellisen hyödyn sijasta, tärkeämpää on toiminnan katkeamattomuus, sekä yritykseen virtaavan rahavirran ja maksujen oikea-aikainen suhde toisiinsa nähden. Kuvassa esitettyssä laskelmassa on esitetty varastonarvon todellinen toteuma aikavälillä huhtikuu 2010 – huhtikuu 2011, jossa on nähtävissä varastoon todellisuudessa sitoutuvan pääoman päivittäinen arvo, sekä laskennallinen varastoon sitoutunut pääoman arvo, jos yritys olisi jatkanut varastonohjaamista aiemman käytännön mukaisesti keskiarvoihin perustuvilla tilauspiste ja toimituseräparametreihin perustuen. Kuvassa vaaka-akselilla olevassa indeksoinnissa

indeksin kasvatus yhdellä kuvaa seuraavaan päivään siirtymistä. Pystyakseli kuvaa euroja. Kuvassa punainen käyrä kuvaa 5 peräkkäisen päivän varaston arvon keskiarvoa, liukuvana summana. Keskiarvostus on tehty käyrän helpomman tulkinnan saavuttamiseksi. Vihreä käyrä esittää varastonarvon olettaa, jos yritys olisi jatkanut varastojen ohjaamista aiemman ohjausmenetelmän mukaisesti, ilman varastoille tehtyä sopeutusta. Laskelmassa tehdyn vuosikorkotason olettan (10 %) ja oletetun varastonarvon kehittymisen (vanhan parametrin mukaisesti arvioituna) kautta laskelman mukaan yritys säästi sopeutuksella noin 23 000 € annetulla aikavälillä, mistä suurin säästö saavutettiin jo kesäkuu 2010 ja marras- / joulukuu 2010 välisenä aikana. Tällä empirian kautta saadulla säästölaskelmalla on pyritty vastaamaan [Mak00] esittämään näkemykseen siitä että, hyvilläänkin teoreettisilla tuloksilla on loppujen lopuksi hyvin vähän merkitystä, ellei menetelmä pysty tuottamaan kontribuutiota käytännön ennusteprosessiin.

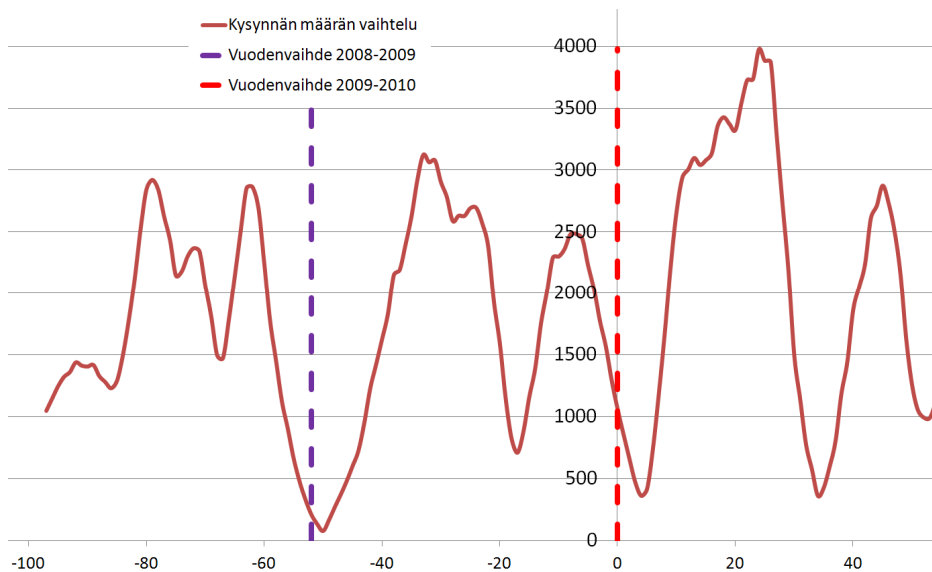


Kuva 38: Varastonarvon muutoksen vaikutus taloudellisesti, laskennallinen säästö ruudutetusta alueesta

Analyyysin tuloksiin perustuen, näyttää yksikäsitteisen selkeältä, että sopeutuksella pystytään saavuttamaan kustannustehokkaasti selvästi mitattavissa ja seurattavissa olevia säästöjä ja toimintaa tehostavia etuja. Sopeutuksen sivutuotteena varastossa olevien epäkuranttien nimikkeiden määrä pienenee pitkällä aikajänteellä, koska isoa osaa nimikkeistöstä vähennetään tarkoituksellisesti varastoissa kausittain. Palautettaessa nimikkeistön varmuus- ja puskurivarastot takaisin tuotannon huippukausien tasolle, tarkastetaan lähitulevaisuuden kulutus oletama, ja jos se ei ole enää linjassa aiemman kulutuksen kanssa, kyseisten nimikkeiden osalta, varastoa ei täydennetä enää yhtä korkealle tasolle kuin ennen. Tällä ”itse inventoimisella” saavutetaan sopeutuvassa ohjaamisessa etuja, jotka ovat suora seuraus prosessin läpiviennistä, aiheuttamatta kuitenkaan itse prosessiin lisävaiheita. Tapaustutkimusyrittäjän varastonohjaamiseen osallistuneiden ammattilaisten aiempien vuosien kokemuksen perusteella, varastoon tehdyn sopeutuksen tuloksena ei koettu

merkittävää muutosta puutetilanteiden tai tuotantoa haittaavien poikkeamien määrässä. Määrä ei siis merkittävästi kasvanut, mutta ei se myöskään vähentynyt. Kyseiset henkilöt kertoivat, että nekin poikkeamat joita tämän kokeilun aikana, alkukesän ja kesän 2010 ajalla havaittiin, johtuivat muista tekijöistä kuin itse parametrin muutoksista. Luonteeltaan vuoden 2010 sopeutuksen aikaiset poikkeamat olivat sellaisia että ne olisi kohdattu, vaikka kyseistä varastojen sopeutusta ei olisi tehtykään.

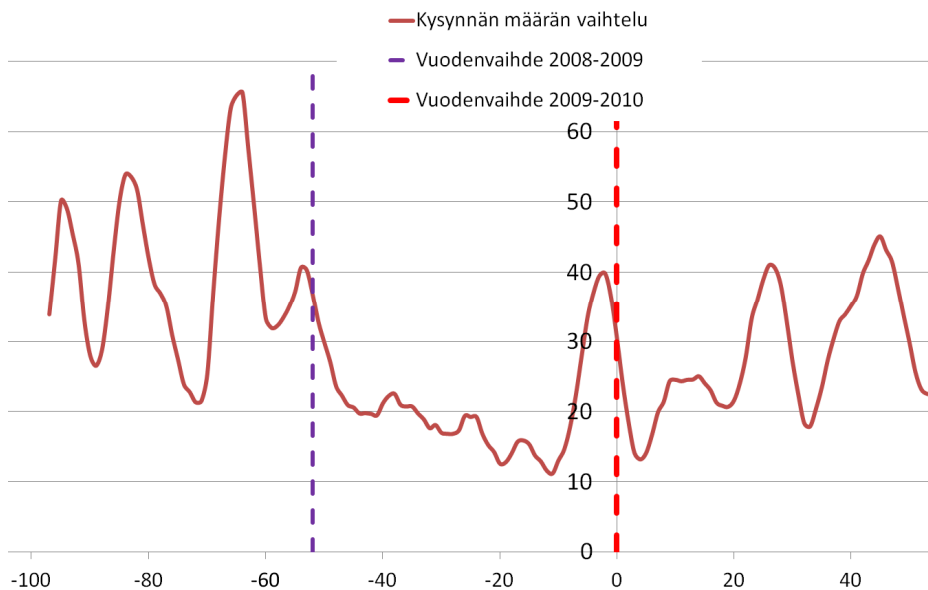
Sopeutuvan ohjaamisen pitkän aikajänteen hyödyntämisenäkökulmaa lähestyttiin tapaustutkimusyrityksessä vuoden 2011 alussa simuloimalla viikoittaista sopeuttamista ja parametrin uudelleen sovittamista viikkotasolla. Samalla tutkittiin yrityksen pitkän aikajänteen (vuosien 2008 ja 2010 väliltä) kysynnän kausittaisvaihtelua sen yleistä luonnetta tarkemmalla tasolla. Syvennyttäessä kyseiseen kysyntärakenteeseen, pystyttiin analysillä näyttämään, että aiemmin kokempohjaiseen tietoon perustunut havainto siitä että vuosien 2009 – 2010 aikainen teollisuuden taantuma-aika ei vaikuttanut tapaustutkimusyrityksen toimintaan juurikaan, piti myös numeroiden valossa paikkansa. Alla on esitetty (Kuva 39) empiirisen sopeutukseen osallistuneen tapaustutkimuksen nimikekysynnän vaihtelu annetulla aikajaksolla. Kuvassa vaaka-akselin indeksointi kuvaa viikkoa, missä indeksin arvolla 0 kuvataan vuodenvaihdetta 2009 - 2010. Pystyakselilla on esitetty kysynnän liukuvaa keskiarvoa, laskettuna yhden tapaustutkimusyrityksen perustoimintaa hyvin kuvastavan nimikkeen kysynnästä.



Kuva 39: Tapaustutkimusyrityksen nimike kysynnän vaihtelu ajanjaksolla 2008 – 2010

Verrattaessa tapaustutkimusyrityksen nimikekysynnän vaihtelua alla olevaan kuvaan (Kuva 40), joka esittää tutkimukseen osallistuneiden teollisuusyritysten mukaan konepajateollisuuden yleisesti kokema kysynnän laskua vuoden 2009 aikana, voidaan havaita että tapaustutkimusyrityksen kysynnän rakenne poikkeaa tällä ajanjaksolla merkittävästi teollisuuden kokemasta peruskysynnänvaihtelusta. Tapaustutkimusyrityksen mukaan kyseinen kysyntärakenne oli odotettavaa. Tämä näkemys perustuu siihen, että tapaustutkimusyrityksen asiakaskentän koostuessa osittain julkisen sektorin asiakkaista, teollisen sektorin kokiessa lamavaikutusta ja suhteiden mennessä alaspäin on yrityksen mukaan tyypillistä että yrityksen julkisen

sektorin asiakaskunnan osa-alueelle suoritetaan valtiollisia elvytystoimenpiteitä, mitkä näkyvät ko. sektoreita palvelevien yritysten kysynnän kasvuna. Kyseisestä ilmiöstä johtuen, tapaustutkimusyrityksen kysyntärakenteessa ei ole havaittavissa vuoden 2009 aikaisen laman tyypillistä seurannaisvaikutusta, joten tutkimusjakson aikaista kysyntädataa voidaan näin pitää tavallista kysyntäjaksota edustavana otoksena.



Kuva 40: Tutkimushankkeeseen osallistuneen verrokkiyrityksen kokeman kysynnän vaihtelu aikavälillä 2008 - 2010

Samaisen kysynnän historiatiedon analyysin ja kysyntä simulaation yhteydessä testattiin tapaustutkimusyrityksen ammattiostajan ennusteen laatua. Testin verrokkeina toimivat pelkästään sopeutuvan ohjauksen menetelmää soveltaneiden tutkijoiden ennusteet. Testin tulokset teki mielenkiintoiseksi se tosiasia että ammattitason osaaja teki suurimmat ennakoitvirheensä likimain samoissa yksittäisissä mallintamiskohdissa, kuin missä tutkijatkin menivät omilla ennakoinnissaan harhaan. Testin perusteella näytti siltä, että menetelmän soveltaminen tehostaa kysynnän ennakoitua merkittävästi niissä tapauksissa, joissa kysyntää ennakoivalla henkilöllä ei ole käytössään selkeää poikkeamatietoa ja/tai toimialaosaaamista. Toisaalta vaikutti myös siltä, että menetelmä antoi toimialaosajalle liian vahvaa indikaatiota tulevasta kysynnästä aiemman historiatiedon pohjalta, minkä seurauksena ammattilainenkin teki virheen ennakoitkohdassa, jossa alaa tuntematon henkilö erehtyi kysyntäennakkotiedon tuottamisessa.

Jotta edellä mainittua virhettä ja sen seuraamuksia voitaisiin jatkossa vähentää, ennakoitirakenteeseen rakennettiin lisämahdollisuus liittää kysyntään ennakoiva tuotanto-ohjelmatieto osaksi sopeutuskäyrän säätöprosessia. Tätä väitöstyötä kirjoittaessa prosessin viimeistely on vielä työn alla, eikä kyseistä mallia ole päästy täysimääräisesti kokeilemaan. Kuitenkin alustavan testin mukaan tuotanto-ohjelman liittäminen näyttäisi antavan kysyntäennakon ja kysynnän historiatiedon rajavyöhykkeelle toimintaa tukevan lyhyen lisänäkymän lähitulevaisuuteen, jotta

kysyntäennakkoa luova henkilö pystyy reagoimaan kysyntäprofiilin ja toteuman välisiin muutoksiin niin, ettei muutoksista aiheutuisi merkittäviä tuotannon uudelleen järjestely tarpeita. Tällainen sopeutusprosessin hienosäädön ja tulevan kysynnän tarkentaminen tuotantotiedon ja mahdollisesti myös myynti budjetin / ennusteen yhdistelmätiedolla olisi hyvä jatkotutkimuskohde, lähdettäessä pienentämään sopeutetun ohjaamisen ennakkotiedon ja myöhemmin havaittavan toteuman välistä eroa.

4.3.9 Sopeutuvan ohjaamisen mallin kytkeytyminen yritystoimintaan

Tarkasteltaessa sopeutuvan varastonohjaamisen ideologien kytkeytymistä yritystoiminnan eri tasoihin (strateginen, taktinen ja operatiivinen) on ohjausmallin kytkeytyminen toiminnan tasoihin jäsennetty seuraavasti.

Itse mallin soveltaminen ja sen hyödyntäminen nähdään tapahtuvan pääosin operatiivisella tasolla. Konepajateollisuudessa mallia oletetaan odotusarvoisesti hyödynnettävän viikkotasoon toimintaa suunniteltaessa osana suunnittelun operatiivista prosessia. Viikkotasolla toimittaessa oletetaan varastojen sopeutuksen tapahtuvan kerta viikoittaisena prosessina. Tässä prosessissa parametrystoa säädetään viikon perussyklinä siten että muutoksia tehdään pääosin ennakkoon määritetyn prosessin mukaisesti, pyrkien välttämään rajuja muutoksia kysynnän ennakkotiedossa. Näin pyritään takaamaan toimittajaverkostolla hyvä näkyvyys asiakkaan lähitulevaisuuden nimikekohtaiseen tarvetietoon välttämällä samalla suuria heilahteluja ko. kysyntätiedossa viikosta toiseen.

Taktisella tasolla tarkasteltaessa menetelmää odotetaan hyödynnettävän osana kuukausi / kvartaalitasoon varastoinnin toimintamallia suunniteltaessa. Esimerkiksi kesän lomakautta ja alkusyksyn hiljaista kysyntää kohden voidaan tehdä jo ensimmäisen kvartaalin lopussa taktisen tason suunnitelma minkä mukaisesti operatiivisella tasolla ruvetaan ajamaan määrätietoisesti varastotasoa alaspäin parametrystoa tasaisesti alaspäin liu'uttaen. Toisaalta tässä vaiheessa toimintaa voidaan yhtäläillä tiedottaa alihankkijoita tulevasta kysyntämallin muutoksesta osana varastojen kausittaissopeuttamista ja informoida toimittajaa siitä että heti alkusyksystä varastoja tullaan vastaavasti nostamaan takaisin loppusyksyn kysynnännousua vastaan ylöspäin, joten alihankkijan on jo nyt hyvä alkaa suunnitella omaa raakamateriaalihankintamalliaan osana toimittajaverkostoa. Näin menetelmällä ja sen käytännön soveltamisen seuraamuksia raportoimalla, voidaan pyrkiä vastaamaan [Aru08] raportoimaan tarpeeseen saada yksityiskohtaista tutkittua lisäinformaatiota yritysten välisistä koordinoitimekanismeista, joihin luetaan teorian mukaan mm. seuraavat mekanismit:

- yhteinen päätöksenteko, tietotekniikan soveltaminen, informaation jakaminen, toimitusketjusopimukset [Aru08]
- yhteisen ymmärryksen luominen [Jaa08]
- päätöksenteon synkronointi, formaalit ja aikataulutetut koordinoititapaamiset [Sim04b]
- yhteinen kannustinjärjestelmä [Lee97]
- organisoitu koordinoitiryhmä [Mal00]

Rakennettaessa sopeutuvan ohjaamisen toimintamallia, sitä ei ole varsinaisesti suunniteltu osaksi yrityksen strategisen tason ohjaamista. Tätä toiminnan taso voidaan kuitenkin jatkossa tulla tutkimaan osana menetelmän jatkotutkimus- ja kehitystoimintaa.

4.4 Empiirisen käytännön testin havaintoja ja analyysi

Alla on esitetty taulukkomaisena koontina (Taulukko 15) tutkimuksessa, kenttätestin seurauksena käytännössä havaituista, saavutetuista eduista:

Taulukko 15: Empiirisen testaamisen kautta havaittuja menetelmän käytännönhyötyjä

Menetelmällä saavutetut edut	Kuvaus
Toimintaan sitoutunut pääoma vähenee keskimääräiseen kulutukseen pohjautuviin, pk-sektorin piirissä yleisesti käytössä oleviin, EOQ malleihin verrattuna	Suorittamalla varastojen sopeutus tulevaa kysynnän suvantovaihetta vasten, pystytään vähentämään varastoon sitoutuvaa pääomaa, tilauksista muodostuvaa maksettavien laskujen kokonaissummaa suvantovaiheen aikana, sekä voidaan antaa toimittajille mahdollisuus varautua tulevaan kysynnän nousukauteen tiedottamalla etukäteen tulevasta suuremmasta kertatilauserästä ja näin mahdollisesti neuvotella tulevalle erälle keskimääräistä pienempi nimikekohtainen kappalehintaa. Yllä kuvattua sitoutuneen varallisuuden muutosta on tarkasteltu kappaleessa (4.3.8 Prosessin tarkkailu, päivitys ja ylläpitovaihe), jossa on mm. tarkasteltu graafisesti sopeutuvan ohjauksen ja tyypillisen tilauspistemenetelmän eroa suhteessa havaittuun varastonkokonaisarvoon nähden.
Varastojen automaattinen ”puhdistuminen” hitaasti kiertävästä ja tuotantonimikkeistöstä poistuvista tuotteista	Sopeutettaessa varastoa alaspäin, vähennetään puskurivarastoa tarkoituksenmukaisesti mahdollisimman pieniksi. Näin päästään tilanteeseen, jossa varastosta poistuu paljon tuotteita, mutta tilalle tulee vain vähän toimituksia. Jos puskurivarastojen alasaajo ajoitetaan toiminnan hiljaiselle ajanjaksolle, voidaan pyrkiä hyödyntämään pientä varastosaldotilannetta osana vuosittaista varastoinventaariota, vähentäen näin inventaarioprosessiin sitoutuvaa aikaa. Lisäksi tiedossa oleviin tuotekohtaisiin versiomuutoksiin / tuotepäivityksiin voidaan pyrkiä vastaamana minimoimalla vanhenevan tuoteversion nimikkeiden puskurivarastojen minimoimisella.
Yritykseen sisään tuleva ja sieltä poistuva kassavirta synkronoituvat	Tilaaminen lopetetaan tai sitä vähennetään merkittävästi tuotantomäärien ollessa huipussaan. Tämän seurauksena yritykseen tulee vielä rahaa omien toimitusten kautta, mutta maksettavien laskujen määrä vähenee merkittävästi varastojen käytöstä johtuen. Laskuja alkaa tulla taas enemmän tilattaessa suuret nimike-erät tulevaa nousua kohden. Tällöin yrityksessä on vielä aiemman varastojen minimointiajan talouspuskuri käytettävissä ja toisaalta

	<p>samalla käynnistyvän tuotannon kuormituksen kasvun kautta myös lopputuotteiden luovutusten määrät kasvavat ja rahavirta kääntyy organisaatiota kohden.</p>
<p>Toimitusketjun toiminnan helpottuminen ja poikkeaminen väheneminen toimitusketjussa</p>	<p>Annetaan toimittajalle aikaa järjestää tulevat toimitukset, pitkällä aikajänteellä, tilaamalla seuraavat isot nimikemäärät jo kysynnän vähenemisen ajanjaksolla. Tilaaminen suoritetaan uuteen kysyntänousuun varauduttaessa, kun varastoon tilaamista vähennetään tai se osittain lopetetaan, toiminnan huipun käänösvaiheen tuntumassa. Näin toimittajaverkostolle jää reagointiaikaa sopeuttaa omaa tuotantoansa parhaiten tilanteeseen sopivalla tavalla. Esimerkiksi toimittaja voi itse päättää tuottaako hän nimikkeet ennen lomakautta (esim. kesälomat, talvi- ja joululomat jne.) vai jättääkö hän tuotteiden valmistuksen viimehetken tai vaihtoehtoisesti kuormittaako hän sopivassa oman kysynnän suvantovaiheessa omaa tuotantoansa pikkuhiljaa näillä tilauksilla tasoittaen näin omaa resurssienkäyttöänsä. Samalla kun toimittajalle annetaan aikaa resursoida oma toimintansa mahdollisimman hyvin, lisätään sitä todennäköisyyttä että kyseisen ajanjakson ajalle itsellä tulee olemaan hyvin vähän tuotantopoikkeamia saatavilla olevien nimikkeiden riitosta tai toimitusvaikeuksista johtuen. Havainto on hyvin linjassa [Cas06] näkemyksen mukaan siitä että tiedon läpinäkyvyydestä on eniten hyötyä silloin, kun toimitusketjukumppanit voivat suunnittelevat toimintaansa yhteistyössä toistensa kanssa. Vastaavasti havainto tukee [Coo97] näkemystä siitä että toimitusketjuja tulisi kilpailukyvyyn luomiseksi ja/tai ylläpitämiseksi pyrkiä johtamaan kokonaisuuksina.</p>

Vaikka laskennallisesti varastotasojen lasku voikin aluksi vaikuttaa sopeutuvan ohjaamisen suurimmalta annilta, ei se käytännössä pk-yritysten näkökannalta ole sitä, nykyisessä vaikeasti ennakoitavassa ja melko suhdanneherkässä konepajateollisuuden toimikentässä. Tuotteiden varastointi itsessään ei nimittäin ole aivan yhtä merkittävä kuluerä, mitä laskennallinen tarkastelu voisi antaa ymmärtää, jos varastoinnin (ja samalla ”korkotaakan”) suurin massa tapahtuu ajanjaksolle, jolloin tuotanto on raskaimmalla kuormituksellaan ja samaan aikaan yrityksellä on paljon lopputuotteiden asiakasluovutuksia ja laskutusta. Moni pk-yritys on väitöskirjatyönaikaisissa tutkimushaastatteluisissa ollut sitä mieltä, että tällä toiminnan ajanjaksolla on merkittävästi tärkeämpää pystyä takaamaan varaston riittävyys ja toiminnan katkeamattomuus, kuin pyrkiä ns. optimaalisimpiin varastotasoihin. Myös tapaustutkimusyritys piti tätä toiminnan tehokkuutta ja poikkeamien vähäisyyttä toiminnan huippujakson aikana huomattavasti merkittävämpänä tehokkuuden takaajana, kuin sitä että varastoja optimoitaisiin viimeiseen euroon saakka ja pyrittäisiin näin minimoimaan kustannuksia. Näkökanta on helppo ymmärtää, kun otetaan huomioon teollisten tuotteiden hintaluokka ja verrataan mahdollista saavutettua laskennallista etua varastotasojen minimoinnin kautta saavutetusta korkoedusta siihen mahdollisuuteen että

liiallinen varastotasojen optimointi voi johtaa oman tuotannon erikoisjärjestelyihin tai pysähdyksiin ja pahimmassa tapauksessa myynnin menetyksiin.

Tutkimushankkeissa mukana olleiden pk-yritysten näkemyksen mukaan varastoja optimoitaessa unohdetaan usein se tosiasia, että kun tuotanto on kuumimmillaan, niin myös kysyntä on kuumimmillaan ja silloin ei ole olemassa tarjoamaan joustovaraa jäljellä sille milloin kiiretilauksena tehtävät tuotteet voidaan valmistaa. Jos tällaisina ajanjaksoina ei ole valmiiksi saatavilla olevaa varastoa takaamaan kiiretilausten myyntiä, tämä osuus myynnistä mitä luultavimmin menetetään ja samalla saatetaan menettää myös tuleva asiakkuus.

5 Johtopäätökset

Tutkimuksen päähavaintona voidaan tiivistää, että menetelmän ei tarvitse olla monimutkaisista menetelmistä koostuva vaikea kokonaisuus, kunhan sovellettava kokonaisuus on tarpeen mukaisesti käyttöympäristöönsä sovitettu. Analysoitaessa sopeutuvan kysyntäennakkotiedon tuottamisen mallin yleistettävyyttä eri toimialoille ja toimiympäristöihin, analysoitiin mm. liukuvan ikkunan tuottaman laskennallisen summan muokkaamista jälkikäteen tehtynä. Tiivistetysti voidaan sanoa että menetelmää voidaan helposti ja luotettavasti yleistää siten että ikkunan pituutta suurennetaan jälkikäteen laskennallisesti, mutta toiseen suuntaan tehtynä, datan laskennallinen muokkaaminen jälkikäteen puhtaasti laskennallisesti ei ole suositeltavaa. Esimerkiksi jos sopeutus on tehty 6 viikon aikajaksoa liukuvasti tarkastellen, kasvaa arviointivirheen määrä lineaarista suhdetta nopeammin, aikaikkunaa laskennallisesti kavennettaessa. Esimerkki tällaisesta sovituksen jälkikäteisestä muokkaamisesta voisi olla laskennallinen 6 viikon summista suoritettu aikaikkunan tiivistäminen kolmen viikon summiin yksinkertaisesti puolittamalla 6 viikon summien määrät. Toisaalta syötteiden määrän suhdetta menetelmän luotettavuuteen empiirisesti arvioitaessa, tultiin siihen tulokseen että syötteitä olisi hyvä olla vähintään muutamia kappaleita jokaista viikkoa kohden, jotta kysynnästä voidaan muodostaa riittävän hyvin toiminnan vaihtelua kuvaava sopeutuskäyrä. Esimerkiksi pitkiä nollajaksoja sisältävä kysyntä, vaikuttaa kysynnän graafista luonnetta tarkasteltaessa siltä, ettei ko. ajanjaksolla ole toimintaa ollenkaan. Käytännössä kyseinen nollakysynnän jakso voi olla, esimerkiksi MRO-tuotteiden tapauksessa, pelkkä seuraamus siitä että asiakkaat vähentävät varaosakomponenttiensa varmuusvarastoja samalla, kun he saneeraavat osaa vanhaa teknistä nimikkeistöään uudemmaksiksi. Koska MRO-tuotteet on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle, ei myöskään kysynnältään pitkiä nollajaksoja sisältäviä tuotteita tarkasteltu osana tätä tutkimusta.

Toimitusketjujen yleisiä vastakkainasettelun piirteitä tarkasteltaessa, esimerkiksi [Raj05] mukaan toimitusketjussa toimiva tavarantoimittaja tahtoo usein asiakkaan hankkivan tuotteita mahdollisimman suurissa vakioerissä, kun taas asiakas saattaa tavoitella kysynnän epävarmuuden takia viimeiseen mahdolliseen pisteeseen saakka viivytettyjä JIT-toimituksia mahdollisimman pienissä erissä. Tässä väitöskirjatyössä esitetyllä mallilla ei suoraan voida vaikuttaa näihin tahtotiloihin, mutta välillisesti pystytään tarjoamaan toimittajalle ennakkotietoa asiakkaan lähitulevaisuuden kokonaistarpeesta, pyrkien tarjoamaan valmistajalle pelkkää tilaustietoa parempaa näkymää asiakkaan tulevaan kysyntään tarjoten valmistajalle itsellensä mahdollisuuden päättää kuinka ohjata omaa toimintaansa suhteessa asiakkaan vaihtelevaan kysyntään.

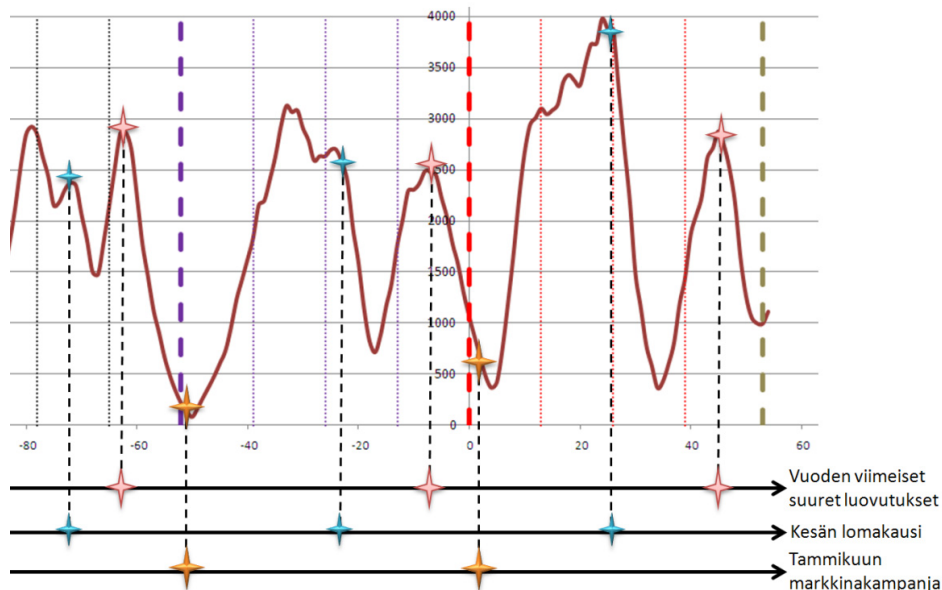
Tutkimuksessa kehitetyn menetelmän selkeisiin ideologisiin etuihin voidaan laskea sen helppo ymmärrettävyys ja sisäänrakennettuun toimintafilosofiaan, joka nojaa paljolti visualisointiin ja kysynnän rakenteen graafiseen esittämiseen. Esimerkiksi

tapaustutkimuksen päähankkijayritys näki, että visualisoinnin kautta, heillä on jatkossa paremmat mahdollisuudet selittää markkinoiden kysyntärakennetta heidän alihankkijoilleen ja näin vähentää jo ennakkoon väärinymmärrysten ja kysyntämuutosten aiheuttamia poikkeamia toimitusketjuissaan. Esimerkiksi toimittajan vaihtoihin liittyvää tyypillistä uuden toimittajan / asiakkaan kysynnän luonteen oppimisjakson pituutta / siihen liittyviä haasteita voidaan vähentää sopeutuvan ohjausmallin kautta saatavalla kysyntärakennetta selittävällä graafisella kuvauksella. Yleensä uudella toimittajalla menee vuosi tai useampia oppia asiakkaan tyypilliset syklit ja kausittaisvaihteluiden aiheuttamat muutokset tilauskäyttäytymisessä ja eräkokomuutoksissa. Ennen kuin kyseinen oppiminen on tapahtunut, toimittajan on vaikea ennakoita päähankkijan tulevaa toimintaa. Tätä oppimisjaksoa voidaan helpottaa sopeutuvan ohjauksen menetelmällä saatavan kysyntämallin avulla. Mallin avulla pystytään esittämään uudelle toimittajalle kyseessä olevan päähankkijan kysyntärakenteiden yleinen malli, ja näin uusi toimija pääsee asiakkaan kysyntärakenteen perusrakenteeseen ja luonteeseen välittömästi sisään, jo asiakkuussuhteen alkutaipaleella. Kehitetyn menetelmän käytännön nopeaa käyttöönottoa toisaalta voi häiritä se, että useimmissa tapauksissa, käytettäessä mallia perusmuodossaan, nimikkeen kysyntäprofiilin muodostusvaiheessa oletetaan käytettävissä olevan nimikkeen kysynnän historiatieto. Vuosittaisen kysyntäsyklirakenteen tapauksessa historiatietoa pitäisi olla käytettävissä yli yhden vuoden ajalta, joka voi joissain tapauksissa olla liian pitkä aikajänne. Tätä mallin käytön estettä voidaan pyrkiä vähentämään sillä että arvioidaan mallinnettavan nimikkeen kysyntää sellaisen rinnakkaisnimikkeen kysyntäprofiilin avulla, jonka voidaan olettaa edustavan hyvin myös kyseessä olevan nimikkeen kysyntäprofiilia. Toisaalta nopean käyttöönoton edistämiseksi, historiatiedon kerryttämisaikajakson ajan voidaan ohjausta toki toteuttaa jollain toisella ideologialla, esimerkiksi puhtaasti lyhyen aikajänteen historiatiedon kautta laskettujen keskiarvojen pohjalta. Tällä mallin nopealla käyttöönotettavuudella, yksinkertaisuuteen ja itseään selittävyteen pyrkimisellä, sekä mallin kautta saatavilla mahdollisilla rinnakkaishyödyillä on pyritty laajentamaan mallin käytettävyyttä mahdollisimman laaja-alaiseksi, mikä on linjassa [Mak00] näkemyksen kanssa siitä, että koska monet pitkälle viedyt ja hienostuneet mallit ovat herkkiä muutosten aiheuttamille poikkeamille, pitäydyttäessä yksinkertaisemmissa malleissa, kannattaa niiden vahvuuksia pyrkiä hyödyntämään mahdollisimman laaja-alaisesti.

Menetelmän selkeisiin käytännön etuihin kuuluu mm. empiria testaamisen kautta osoitettu toiminnan poikkeamien määrän minimointimahdollisuus, antamalla toimittajille enemmän aikaa järjestää toimituksiaan omaan toimintaansa sopivasti, asiakkaan perinteistä tilausajankohtaa aiemmin suorittaman tarvetiedotuksen avulla. Lisäksi empiriatestauksessa osoitettiin menetelmällä saavutettavissa olevat taloudelliset säästöt. Menetelmän laajamittaisemman soveltuvuuden ja saavutettavissa olevien etujen kartoittamiseksi pitkällä aikajänteellä, menetelmän soveltamisen hyötyjä ja mahdollisia haittoja ja riskejä tulisi tutkia pitkittäistutkimuksena ja mahdollisuuksien mukaan usean eri toimialan rinnakkaisena ja vertailevana tapaustutkimuksena. Tehtyjen kenttähavaintojen ja menetelmän kehittämisen lähtökohtien perusteella vaikuttaisi siltä että menetelmä ei ole parhaimmillaan esimerkiksi suuriarvoisten ja pitkiä, sekä vaihtelevia toimitusaikoja kohtaavien nimikkeiden tapauksessa.

Sopeutuvan ohjaamisen malli rakennettiin, mallin kehittämisessä vahvasti tutkimushankkeiden kautta mukana olleen konepajateollisuuden toimiympäristön piirteiden tuomien mahdollisuuksien ja rajoitteiden pohjalta mallia kehittäen.

Sopeutuvan ohjaamisen laajentamista toisille toimialoille ja toimiympäristöihin on jo alustavasti suunniteltu tämän väitöskirjatyön viimeistelyn aikana. Mahdollisiksi tutkittaviksi sovelluskohteiksi on teollisten toimijoiden / logistiikkaoperaattoreiden kanssa keskusteltu mm. teollisuuden C-luokan nimikkeiden toimittajan oman varastonohjaamisen analysointia, osana koko asiakaskunnasta muodostuvan tarvetiedon konsolidointiprosessia. Toisaalta on läpikäyty keskusteluja siitä, voitaisiinko kysynnän ennakkotiedon rakentamisprosessiin liittää selittävää laadullista informaatiota, esim. edellisten vuosien aikana muodostuneen kausittaisvaihtelutiedon rinnalle kirjatun lisätiedon avulla. Kuvassa (Kuva 41) on esitetty graafisesti tällaista ajatusmallia, jossa esitetään kysyntärakennetiedon lisäksi myös esim. markkinakampanjoiden aikatieta ja vuosittaisen kesälomakauden alkamisajankohtainformaatiota. Idea kyseisen lisäinformaation liittäminen osaksi kysynnän ennakkotiedon muodostusprosessia sai alkunsa siitä, kun logistiikkaoperaattoreiden ja tuotteita teollisuudelle myymien konepajateollisuuden toimijoiden kanssa keskusteltiin mallin hyödyntämismahdollisuuksista sellaisissa toimintaympäristöissä, missä osaksi ennakkotiedon muodostusprosessia ei voida liittää tiedossa olevaa lähitulevaisuuden vahvistettua tuotanto-ohjelmätietoa, mistä pystyttäisiin johtamaan nimikkeen lähitulevaisuuden kysyntätietoa ja näin hyödyntämään tätä tietoa osana kysynnän ennakkotiedon mikrotason hienosäätöprosessia.



Kuva 41: Jatkotutkimus laadullisen ja määrällisen tiedonyhdistämiseksi kysynnän ennakkotiedon ajoituksen ja selittävien tekijöiden yhdistämiseksi

Muita mallin jatkoon kehittämismahdollisuuksia ovat mm. automaattista kysynnän rakenteen analysointimenetelmää, jossa menetelmälle sopivaa aikaikkunan kokoluokkaa etsittäisiin automaattisesti. Ideologisesti malli voisi toimia esimerkiksi siten, että sopeutuksen aikaikkunan laajennetaan iteratiivisena analyysiprosessina, kunnes kysynnän vaihtelu supistuu ennalta määriteltyjen rajojen sisälle. Näin pystyttäisiin etsimään automaattisesti sopeutuksen sopivaa aikaikkunan leveyttä, millä kysyntä olisi riittävän luotettavasti ja automaattisesti sopeutettavissa. Kyseistä ikkunakokoa voidaan pitää myös nimikkeen puskurikoon alarajan mitoitusmekanismina. Kyseistä menetelmää ei

tutkimuksen aikana lähdetty viemään syvällisemmin eteenpäin, mutta käytyjen keskustelujen ja teollisuuden esille tuoman kiinnostuksen perusteella kyseessä olisi erittäin hyvä jatkotutkimusaihe.

Menetelmän kehittäminen eteenpäin siten, että hyödynnettäisiin osana sopeutuksen tuloksen hienosäätöprosessia toisia aikasarjamallinnusmenetelmiä, on myös alustavasti tarkasteltu ideatasolla. Tässä kehityssuunnassa profiilin sopeutuksen apuna voitaisiin käyttää, esimerkiksi Theta-menetelmän ja muiden vastaavien eksponentiaaliseen pehmentämiseen pohjautuvien menetelmien antamaa ennustejoukkoa, osana sopeutettavan hienosäätöä. Näin voitaisiin hyödyntää yhtä aikaa lähihistoriatietoa, lähitulevaisuuden tuotanto-ohjelmasta projisoitua tietoa, sekä muilla menetelmillä saatuja ennusteita toistensa verrokkeina. Jos useat eri mallit antavat hyvin samansuuntaisia ennusteita, voidaan tulevan kysynnän ennakkotietoa pitää yhden menetelmän antamaa ennakkotietoa luotettavampana tietona. Toisaalta jos mallit antavat toisistaan poikkeavia ennusteita, tulisi ristiriitaisten ennusteiden taustasyyt selvittää, ennen ennusteen julkaisemista esim. omaan toimittajaverkoston. Toimittaja - asiakassuhteen parantamiseksi, olisi kollaboraatiotutkimuksen mukaan erittäin kannattavaa muodostaa prosessi, jossa nämä poikkeamat käytäisiin toimittajien kanssa yhdessä lävitse ja tutkittaisiin mahdollisia lähitulevaisuuden haasteita yhdessä, ennen kuin haasteet muodostuvat käytännön ongelmiksi.

Logistiikkaoperaattorin kanssa keskusteltiin teollisen soveltamiskentän lisäksi myös jatkotutkimusmahdollisuuksista laajentaa tutkimusta kuluttajatuotteiden puolelle. Operaattorille on tärkeää mm. pystyä ennakoimaan lähitulevaisuuden kysyntää tutkimuskohteen kaltaisesti varastoitavien nimikkeiden osalta, mutta erityisesti myös henkilöstöressurssien oikean toimipisteen ja määrän allokoinnin osalta. Pyrkimällä levittämään, konepajateollisuuden lähtökohdista rakennetun, ideologian hyödyntämiskenttää toisiin teollisuus- ja sovellusaloihin tai kokonaan teollisuuden varastohallinnan ulkopuolelle, tavoitellaan tutkimuksen osalta jatkossa niin sanottua solution spotting prosessia [Gol01] mm. testaamalla ideologiaa käytännössä toisilla toimialoilla. Ensimmäisiksi tutkimuskohteiksi on keskusteltu mm. mahdollisuutta hyödyntää menetelmää ajoneuvojen kesä- / talvirenkaiden sesonkien alku ja loppuajankohtien arviointiprosessin tukimenetelmänä. Tässä yhteydessä on myös keskusteltu mahdollisuudesta hyödyntää menetelmässä edellisen sesongin huipputuotteen kysyntäprofiilia tulevan kauden huipputuotteen profiilin ennakoimiseen. Tällainen mallin joustavuus datan ristiinkäytössä, parantaisi menetelmää lisäämällä menetelmän joustavuutta, sekä parantaisi menetelmän mukautettavuutta, jotka ovat molemmat ominaisuuksia, joita mm. [Cle99] kuvasi hyvän menetelmän rakennuspalikoiksi.

Menetelmän ennakkotiedon tarkkuuden parantamiseksi ehdotetaan jatkotutkimusaiheeksi mm. tulevan mainoskampanjan vaikutusten huomioimista mallissa, esimerkiksi erilaisten kerrointen ja sopeutuskäyrän paikallismukautus profiilien avulla. Samaan jatkotutkimuskysymysten haastekategoriaan kuuluu tulevan sesongin oikean alkamisajankohdan mallintaminen. Tähän kategoriaan sopii hyvin esimerkiksi mm. aiemmin mainittu ajoneuvon renkaiden sesonkikysynnän ennakointi. Ennakointia tukeviksi parametreiksi voidaan mieltää mm. mahdollisuuksia siitä voitaisiinko esimerkiksi yhdistää pitkän aikajänteen säätietojen historiatietoa ja vuosittaisia sopeutuskäyriä niin että voidaan löytää sopiva kombinaatio selittäviä tekijöitä, jolla päästään toiminnan kannalta tulevina vuosina riittävään

ennakointitarkkuuteen? Toisaalta lyhyen aikajänteen lähes varmaksi tiedettyä tietoa, kuten tuotanto-ohjelmasta saatavaa arviota tulevan lähihistorian tarpeesta voitaisiin tutkia syvällisemmin osana ennakkotiedon sopeutusprosessia. Nämä jatkotutkimussuunnat ovat hyvin linjassa [Mak00] havainnon kanssa siitä, että tuomalla malliin sopivissa määrin lisää informaatiota mallin ennustetarkkuus voi parantua.

Myös kysynnän ennakointia suhteessa maailmanmarkkinoiden ja raakamateriaalien hinnan ja kysyntä- / tarjontamuutosten suhteessa on ehdotettu menetelmän yhdeksi kehityssuunnaksi. Tässä kehityslinjassa esim. teollisten nimikkeiden / raakamateriaalien saatavuuden ja hinnanmuutosten lähitulevaisuutta ennakoidaan pitkän aikajänteen raakamateriaalien hinnanmuutosprofiilien perusteella, jolloin voidaan päätöksenteossa ottaa kantaa siihen tahdotaanko varastoon jäävien raakamateriaalien määrää sopeuttaa alaspäin kysynnän ollessa menossa alaspäin, vai onko kuitenkin parempi kattaa varastoinnista aiheutuva korkotappio ja lisäkustannus siksi, että nimikkeiden osalta odotetaan hankintahinnan nousevan enemmän, kuin mitä toiminnasta valitun vaihtoehdon kustannusten arvioidaan olevan. Lisäksi jatkotutkimusaiheeksi ehdotetaan myös alihankkijan tekemää tarjontaennakkotietoa (esim. konekantaressurssien suhteessa) toimittajan suuntaan. Näin esim. verkoston veturiyritys voisi pyrkiä suhteuttamaan omaa tulevaa tarvettaan alihankkijan kuormitusennakkotietoon, minkä kautta voitaisiin pyrkiä johtamaan verkostoa kokonaisuutta hyödyntävien päätösten avulla. Näin voitaisiin pyrkiä [Chr98] määrityksen mukaisesti kilpailemaan yritystason sijasta verkostotasolla, toisia verkostoja vastaan.

Lähdeluettelo

- [Arm01] J.S. Armstrong, M.A. Norwell, *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*, Kluwer Academic Publishers, 2001, ISBN-13: 978-0792379300, Sivuja 864
- [Aru08] A. Arun Kanda, S.G. Deshmukh, *Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions*, International Journal of Production Economics, vol. 115, iss. 2, 10/2008, sivut 316-335
- [Ass00] V. Assimakopoulos, K. Nikolopoulos, *The theta model: a decomposition approach to forecasting*, International Journal of Forecasting, vol. 16, iss. 4, 2000, sivut 521-530
- [Aug04] M. Augier, S. Sarasvathy, *Integrating evolution, cognition and design: extending Simonian perspectives to strategic organization*, Strategic Organization, vol. 2, iss. 2, May/2004, doi: 10.1177/1476127004042843, sivut 169-204
- [Bab09] Babai, M. Z. Dallery, Y. 2009. Dynamic versus static control policies in single stage production-inventory systems. International Journal of Production Research, vol. 47, iss. 2, sivut 415-433
- [Bar95] E. Bartezzaghi, R. Verganti, *Managing demand uncertainty through order overplanning*, International Journal of Production Economics, vol. 40, iss. 2-3, 8/1995, sivut 107-120
- [Bar99] E. Bartezzaghi, R. Verganti, G. Zotteri, *A simulation framework for forecasting uncertain lumpy demand*, International Journal of Production Economics, vol. 59, iss. 1-3, 3/1999, sivut 499-510
- [Bar08] D. Bargal, *Action Research - A Paradigm for Achieving Social Change*, Small Group Research, vol. 39, iss. 1, 2008, ISSN: 1046-4964, doi: 10.1177/1046496407313407, sivut 17-27
- [Bas09] A.H. Bask, M. Rajahonka, M. Tinnilä, *Searching for Service Modularity - Literature Review of Different Aspects to Modularity*, Proceedings of The 21st Annual Nofoma Conference, 11-12.06.2009, Jönköping, Ruotsi, sivut 48-63
- [Bjö06] K.-M. Björk, *Supply Chain Efficiency with Some Forest Industry Improvements*, Väitöskirja, Åbo Akademi University, Faculty of

Technology, Department of Information Technologies, ISBN 952-12-1782-0, Painosalama Oy Turku

- [Bla98] A. Blatherwick, *Vendor-managed inventory: fashion fad or important supply chain strategy?*, Supply Chain Management: An International Journal, vol. 3, iss. 1, 1998, ISSN: 1359-8546, sivut 10-11
- [Boy06] J.E. Boylan, A. A. Syntetos, G. C. Karakostas, *Classification for forecasting and stock control: a case study*, Journal of Operational Research Society, vol. 59, 4/2006, sivut 473-481
- [Cac97] G.Cachon, M. Fisher, *Campbell Soup's Continuous Replenishment Program: Evaluation and Enhanced Inventory Decision Rules*, Production and Operations Management, vol. 6, iss. 3, 1997, sivut 266-276
- [Cas04] L. Cassivi, É Lefebvre, L.A. Lefebvre, P.M. Léger, *The Impact of E-Collaboration Tools on Firm's Performance*, The International Journal of Logistics Management, vol. 15, no. 1, 2004, sivut 91-110
- [Cet00] S. Cetinkaya, C.Y. Lee, *Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems*, Management Science, vol. 46, no. 2, Helmikuu/2000, sivut 217-232
- [Cha06] F.T.S. Chan, H.K Chan, *A simulation study with quantity flexibility in a supply chain subjected to uncertainties*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, vol.19, no. 2, Maaliskuu/2006, sivut 148-160
- [Chr98] M. Christopher, *Logistics and Supply Chain Management*, 2nd edition, Financial Times, Prentice Hall, 1998, ISBN: 978-0273630494, sivuja 304
- [Chr04] M. Christopher, H. Peck, *Building the Resilient Supply Chain*, International Journal of Logistics Management, vol.15, no. 2, 2004, sivut 1-13
- [Cla97] T.H. Clark, J.H. Hammond, *Reengineering Channel Reordering Processes to Improve Total Supply-Chain Performance*, Journal of Production and Operations Management (JPOM), vol.6, no. 3, syksy/1997, sivut 248-265
- [Cle89] R.T. Clemen, *Combining forecasts: A review and annotated bibliography (with discussion)*, International Journal of Forecasting 5, 1989, sivut 559-583
- [Cle96] M.P. Clements, D.F. Hendry, *Intercept corrections and structural change*, Journal of Applied Econometrics, vol. 11, iss. 5, Syyskuu/1996, ISSN: 0883-7252, sivut 475-494
- [Cle99] M.P. Clements, D.F. Hendry, *Forecasting non-stationary economic time series*, Zeuthen Lecture Book Series. MIT Press, Cambridge, MA, 1999
- [Cle01] M.P. Clements, D.F. Hendry, *Explaining the Results of the M3 Forecasting Competition*, Part of "Commentaries on the M3-Competition", International Journal of Forecasting, vol. 17, iss. 4, 2001, doi:10.1016/S0169-2070(01)00119-4, sivut 550-554

- [Coo97] M.C. Cooper, D.M. Lambert, J.D. Pagh, *Supply chain management: More than just a name for logistics*, The International Journal of Logistics Management, vol.8, no. 1, 1997, ISSN: 0957-4093, sivut 1-13
- [Cro06] S.F. Crone, D.B. Preßmar, *An Extended Evaluation Framework for Neural Network Publications in Sales Forecasting*, Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Applications, Innsbruck, Austria, 13-16.02.2006
- [Cro11] S.F. Crone, M. Hibon, K. Nikolopoulos, *Advances in forecasting with neural networks? Empirical evidence from the NN3 competition on time series prediction*, International Journal of Forecasting, vol. 27, iss. 3, 2011, ISSN: 0169-2070, sivut 635-660
- [Dic51] H.F. Dickie, *ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars Not Pennies*, Factory Management and Maintenance, vol. 109, no. 7, 1951, sivut 92-94
- [Dis03] S.M. Disney, A.T. Potter, B.M. Gardner, *The impact of vendor managed inventory on transport operations*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol.39, iss. 5, Syyskuu/2003, doi:10.1016/S1366-5545(03)00014-0, sivut 363-380
- [Dob06] G. Dobson, E.J. Pinker, *The value of sharing lead time information*, IIE Transactions, vol. 38, iss. 3, 2006, sivut 171-183
- [Don08] D.P. van Donk, *Challenges in relating supply chain management and information and communication technology: An introduction*, International Journal of Operations & Production Management, vol.28, iss. 4, 2008, sivut 308-312
- [Dun04] G.W. Dunnington, *Gauss: Titan of Science*, The Mathematical Association of America, 2004, ISBN: 0883855380, 600 sivua
- [Eav04] A.H.C. Eaves, B.G. Kingsman, *Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts*, The Journal of the Operational Research Society, vol. 55, iss. 4, 2004, ISSN: 0160-5682, sivut 431-437
- [Elv05] M. Elvander, *A theoretical mapping of the VMI concept – A literature review*, Lund University Reports, Lund-Sweden. 2005.
- [Elv07] M.K. Elvander, S. Sarpola, S-A Mattsson, *Framework for characterizing the design of VMI systems*, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 37, iss. 10, 2007, ISSN: 0960-0035, sivut 782-798
- [Fig97] S. Figlewski, *Forecasting Volatility*, Financial Markets, Institutions & Instruments, vol. 6, iss. 1, Helmikuu/1997, doi: 10.1111/1468-0416.00009, sivut 105-116
- [Fil98] R. Fildes, M. Hibon, S. Makridakis, N. Meade, *Generalising About Univariate Forecasting Methods: Further Empirical Evidence*, International Journal of Forecasting, vol. 14, iss. 3, 1998, sivut 339-358

- [Fis97] M.L. Fisher, *What is the right supply chain for your product?*, Harvard Business Review, vol. 75, iss. 2, Maaliskuu-huhtikuu/1997, ISSN: 0017-8012, sivut 105-116
- [Fli03] G. Fliedner, *CPFR: an emerging supply chain tool*, Industrial Management & Data Systems 103/1, 2003, sivut 14-21
- [Flo00] B.E. Flores, S.L. Pearce, *The use of an expert system in the M3 competition*, International Journal of Forecasting, vol. 16, iss. 4, Lokakuu-Joulukuu/2000, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2070\(00\)00068-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2070(00)00068-6), sivut 485-496
- [For61] J.W. Forrester, *Industrial Dynamics*, Pegasus Communications. 1961, ISBN: 978-1883823368
- [Fra02] R. Frankel, T.J. Goldsby, J.M. Whipple, *Grocery Industry Collaboration in the Wake of ECR*, The International Journal of Logistics Management, vol. 13 no. 1, 2002, sivut 57-72
- [Fre06] K. Frenken, *A Fitness Landscape Approach to technological Complexity, Modularity, and Vertical Integration*, Structural Change and Economic Dynamics, vol. 17, 2006, sivut 288-305
- [Fro01] M.T. Frohlich, R. Westbrook, *Arcs of integration: an international study of supply chain strategies*, Journal of Operations Management, vol. 19, no. 2, 2001, sivut 185-200
- [Gao03] R.S. Gaonkar, N. Viswanadham, *Robust supply chain design: a strategic approach for exception handling*, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2003, sivut 1762-1767
- [Geu86] M.D. Geurts, J.P. Kelly, *Forecasting demand for special services*, International Journal of Forecasting, vol. 2, no. 3, 1986, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0169-2070\(86\)90046-4](http://dx.doi.org/10.1016/0169-2070(86)90046-4), sivut 261-272
- [Gho02] A.A. Ghobbar, C.H. Friend, *Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations*, Journal of Air Transport Management, vol. 8, iss. 4, 7/2002, sivut 221-231
- [Gho03] A.A. Ghobbar, C.H. Friend, *Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model*, Computers and Operations Research, vol. 30, iss. 14, 12/2003, ISSN: 0305-0548, sivut 2097-2114
- [Gol01] J. Goldenberg, D. Lehmann, D. Mazursky, *The idea itself and the circumstances of its emergence as predictors of new product success*, Management Science, vol. 47, iss. 1, 2001, sivut 69-84
- [Gou00] K.N. Gourdin, *Global logistics management: a competitive advantage for the new millennium*, Wiley. 2000, ISBN: 1557868832

- [Had94] J. Haddock, N.T. Iyer, A. Nagar, *A heuristic for inventory management of slow-moving items*, Production Planning & Control: The Management of Operations, vol. 5, iss. 2, 1994, ISSN: 1366-5871, sivut 165-174
- [Hap06] A. Happonen, J. Porras, *Modeling a Complex Real-Time System*, ISC'2006, 4th International Industrial Simulation Conference, 5-7.06.2006, University of Palermo, Palermo, Italy, ISBN: 90-77381-26-0, sivut 175 - 177
- [Hap07a] A. Happonen, E. Salmela, *Automatic & unmanned stock replenishment process using scales for monitoring*, Webist 2007 Conference (3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies), 3-6.3.2007, Barcelona, Spain, ISBN: 978-972-8865-79-5, sivut 157 – 162
- [Hap07b] A. Happonen, E. Salmela, *IT-solutions as a Part of Forecasting and Proactivity in Supply Chains*, Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 08. – 10.07.2007, Budapest, Hungary, ISBN: 978-0-85358-218-2, sivut 264 – 269
- [Hap08] A. Happonen, E. Salmela, J. Nousiainen, *Is Webcam Performance Sufficient for the Inventory Control of Industrial Wholesale Items With no Customer Inventory Balance Records? Case: Technical Wholesale Items*. Webist 2008 Conference (4th International Conference on Web Information Systems and Technologies), 04. – 07.05.2008, Funchal, Madeira - Portugal, ISBN: 978-989-8111-29-6, sivuja 8
- [Hap09] A. Happonen, E. Salmela, *Logistics service provider as a business growth enabler and supply chain synchronizer*, The 21st Annual Nofoma Conference, 2009, Jönköping, Sweden, 11 - 12.6.2009, ISBN 978-91-86345-01-3, sivut 285 – 298
- [Hap10a] A. Happonen, E. Salmela, *A Global Expansion Model for SME Suppliers in Manufacturing Industries*, Proceedings of Conference Day 2010, 05.05.2010, Steyr, Austria, ISBN 978-3-8322-9078-8, sivuja 10
- [Hap10b] A. Happonen, E. Salmela, *Rapid Expansion Capability and Efficient Management in De-Centralized SME Sized Manufacturing Company*, Proceedings of the 15th International Symposium on Logistics (ISL 2010), 04. - 07.07.2010, Kuala-Lumpur, Malaysia, ISBN 978 085358 267 0, sivut 152-160
- [Hap11] A. Happonen, E. Salmela, *Dynamic inventory management parameters adjusting scheme as a logistics service*, PICMET '11 Conference, Technology Management in the Energy-Smart World, 31.07. – 04.08.2011, Hilton Portland and Executive Tower, Portland, Oregon, USA, ISBN 1-890843-24-5, sivut 2368-2380
- [Har13] F.W. Harris, *How Many Parts To Make At Once*, Factory, The Magazine of Management, vol.10, num 2, February 1913, sivut 135–136, 152
- [Hem07] J. Hemilä, A. Happonen, K. Jansson, *Vendor Managed Inventory models in Sweden. Industrial benchmarking experiences from autumn 2006*, VTT

Working Papers: 70, VTT, Espoo, 2007, 26p, ISBN 978-951-38-6621-1.
Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2007/W70.pdf>

- [Hem07b] J. Hemilä, M. Oinas, S. Hakkarainen, Logistiikan ulkoistuksella tehokkuutta tuotantoon, Logistiikka. Supply Chain Memo-liite No: 3/2007, sivut 15 – 16
- [Hen04] D.F. Hendry, *Causality and Exogeneity in Non-stationary Economic Time Series*, in Stephen G. Hall (ed.) *New Directions in Macromodelling: Essays in Honor of J. Michael Finger (Contributions to Economic Analysis, Volume 269)*, Emerald Group Publishing Limited, sivut 21-48
- [Hie09a] A-M. Hietajärvi, E. Salmela, A. Happonen, V. Könönen, Kysyntä- ja toimitusketjun synkronointi metalli- ja konepajateollisuudessa Suomessa | Haastattelututkimus, VTT working papers 118, 04/2009, ISBN 978-951-38-7179-6, sivuja 39. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W118.pdf>
- [Hie09b] A-M. Hietajärvi, E. Salmela, A. Happonen, J. Hemilä, *Demand-supply chain synchronisation in the Finnish machinery industry*, Proceedings of Logistics Research Network Annual Conference, 2009, Cardiff, Wales, 09 - 11.9.2009, sijuva 8
- [Hig94] J.K. Higginson, J.H. Bookbinder, *Policy recommendations for a shipment Consolidation program*, Journal of Business Logistics, vol. 15, no 1, 1994, sivut 87-112
- [Hir00] S. Hirsjärvi, P. Remes, P. Sajavaara, *Tutki ja kirjoita*, Tammi. 2000, ISBN: 951-26-4618-8
- [Hop97] W.J. Hopp, M.L. Spearman, R.Q. Zhang, *Easily Implementable Inventory Control Policies*, Operations Research, vol. 45, iss. 3, 5-6/1997, sivut 327-340
- [Häk07] K. Häkkinen, J. Hemilä, M. Uoti, E. Salmela, A. Happonen, H. Hämäläinen, E. Siniluhta, J. Nousiainen, M. Kärkkäinen, *VMI in industry. Theories, technologies and applications*, VTT Tiedotteita - Research Notes: 2406. VTT, Espoo, 2007, 142p, ISBN 978-951-38-6956-4; 978-951-38-6957-1. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2406.pdf>
- [Häk08] K. Häkkinen, *Managerial approach to subcontract manufacture co-operation in the metal industry*, VTT Publications 676. VTT, Espoo, 2008, 131p, ISBN 978-951-38-7087-4; 978-951-38-7088-1. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2008/P676.pdf>
- [Häm07] H. Hämäläinen, E. Salmela, A. Happonen, *RFID on Item Level Tagging in Supply Chain with High-Valued Products*, Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 08. – 10.07.2007, Budapest, Hungary, ISBN: 978-0-85358-218-2, sivut 390 – 395
- [Jaa08] M. Jaatinen, R. Lavikka, *Common understanding as a basis for coordination*, Corporate Communications: An International Journal, vol. 13, no. 2, 2008, sivut 147–167

- [Jan98] F.B.S.L.P. Janssen, R.M.J. Heuts, T. De Kok, *On the (R,s,Q) Inventory Model When Demand is Modeling as a Compound Bernoulli Process*, European Journal of Operational Research, vol. 104, iss. 3, 2/1998, sivut 423-436
- [Jin11] C. Jin-Xiao, *Peer-estimation for multiple criteria ABC inventory classification*, Computers & Operations Research, vol. 38, iss. 12, December/2011, sivut 1784–1791
- [Joh96] F.R. Johnston, J.E. Boylan, *Forecasting for Items with Intermittent Demand*, Journal of the Operational Research Society, vol. 47, 1996, sivut 113-121
- [Joh99] F.R. Johnston, J.E. Boylan, E. Shale, M. Meadows, *A robust forecasting system, based on the combination of two simple moving averages*, Journal of the Operational Research Society, vol. 50, iss. 12, 1999, ISSN: 0160-5682, sivut 1199-1204
- [Joh03] F.R. Johnston, J.E. Boylan, E.A. Shale, *An examination of the size of orders from customers, their characterisation and the implications for inventory control of slow moving items*, Journal of the Operational Research Society, vol. 54, iss. 8, 8/2003, sivut 833-837
- [Kam08] A. Kambil, *Synchronization: moving beyond re-engineering*, Journal of business strategy, vol. 29, no. 3, 2008, ISSN: 0275-6668, sivut 51-54
- [Kas93] E. Kasanen, K. Lukka, A. Siitonen, *The Constructive Approach in Management Accounting Research*, Journal of Management Accounting Research, vol. 5, no. 1, 1993, ISSN: 1049-2127, sivut 243-264
- [Kob99] K.A.H. Kobbacy, Y. Liang, *Towards the development of an intelligent inventory management system*, Integrated Manufacturing Systems, vol. 10, iss. 6, 1999, ISSN: 0957-6061, sivut 354-366
- [Koe88] A.B. Koehler, E.S. Murphree, *A comparison of results from state space forecasting with forecasts from the Makridakis Competition*, International Journal of Forecasting, vol. 4, iss. 4, 1986, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0169-2070\(88\)90009-X](http://dx.doi.org/10.1016/0169-2070(88)90009-X), sivut 515-637
- [Kor11] D. Korobilis, G. Koop, *UK Macroeconomic Forecasting with Many Predictors: Which Models Forecast Best and When Do They Do So?*, Economic Modelling, vol.28, iss. 5, Syyskuu/2011, doi:10.1016/j.econmod.2011.04.008, sivut 2307-2318
- [Kra83] P. Kraljic, *Purchasing must become supply management*, Harvard Business Review, 9-10/1983, doi: 10.1225/83509, sivut 109-117
- [Lam99] D.M. Lambert, M.A. Emmelhainz, J.T. Gardner, *Building successful partnerships*, Journal of Business Logistics, vol. 20, no. 1., 1999, sivut 165-181
- [Lap09] L. Lapide, *History to Demand-Driven Forecasting*, The journal of business forecasting, vol. 28, iss. 2, 2009, ISSN: 1930-126X, sivut 18-19

- [Lee97] H.L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang, The Bullwhip Effect in Supply Chains, *Sloan Management Review*, vol. 38, no. 3, 1997, sivut 93-102
- [Lei11] J. Leitner, U. Leopold-Wildburger, *Experiments on forecasting behavior with several sources of information - A review of the literature*, *European Journal of Operational Research.*, vol. 213, iss. 3, doi:10.1016/j.ejor.2011.01.006, Syyskuu/2011, sivut 459-469
- [Lev04] E. Leven, A. Segerstedt, *Inventory control with a modified Croston procedure and Erlang distribution*, *International Journal of Production Economics*, vol. 90, iss. 3, 3/2004, sivut 361-367
- [Lew46] K. Lewin, *Action research and minority problems*, *Journal of social issues*, vol. 2, 1946, sivut 34-46
- [Mac10] P. Macedo, A. Abreu, L.M. Camarinha-Matos, *A method to analyse the alignment of core values in collaborative networked organizations*, *Production Planning & Control*, vol. 21, iss. 2, 2010, sivut 145-159
- [Mak82] S. Makridakis, A. Andersen, R. Carbone, R. Fildes, M. Hibon, R. Lewandowski, J. Newton, E. Parzen, R. Winkler, *The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition*, *Journal of Forecasting*, vol. 1, iss. 2, Huhtikuu/Kesäkuu 1982, doi:10.1002/for.3980010202, sivut 111-153
- [Mak00] S. Makridakis, M. Hibon, *The M3-Competition: results, conclusions and implications*, *International Journal of Forecasting*, vol. 16, iss. 4, Lokakuu-Joulukuu/2000, doi: 10.1016/S0169-2070(00)00057-1, sivut 451-476
- [Mak05] K.L. Mak, K.K. Lai, W.C. Ng, K.F.C. Yiu, *Analysis of optimal opportunistic replenishment policies for inventory systems by using a (s,S) model with a maximum issue quantity restriction*, *European Journal of Operational Research*, vol. 166, iss. 2, 2005, sivut 385-405
- [Mal87] T.W. Malone, *Modeling coordination in organizations and markets*, *Management Science*, vol. 33, iss. 10, 1987, sivut 1317-1332
- [Mal94] T.W. Malone, K. Crowston, *The interdisciplinary study of coordination*, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 26, iss. 1, Maaliskuu/1994, ISSN: 0360-0300, sivut 87-119
- [Mal00] T.W. Malone, *State of the new economy / Voices / Thomas W. Malone (Interview)*, *Fast Company*, Syyskuu/2000, sivu 142
- [Man04] R. Manzini, M. Gamberi, E. Gebennini, A. Regattieri, *An integrated approach to the design and management of a supply chain system*, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 37, iss. 5-6, 2008, sivut 625-640
- [Mir04] G. Miragliotta, A. Portioli Staudacher, *Exploiting information sharing, stock management and capacity oversizing in the management of lumpy demand*,

- International Journal of Production Research, vol. 42, iss. 13, 7/2004, sivut 2533-2554
- [Mit62] G.H. Mitchell, *Problem of controlling slow-moving engineering spares*, Operational Research, vol. 13, iss. 1, 1962, sivut 23-39
- [Ng07] W.L. Ng, *A simple classifier for multiple criteria ABC analysis*, European Journal of Operational Research, vol. 177, iss. 1, February/2007, sivut 344-353
- [Olk94] T. Olkkonen, *Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön*, Toinen painos, Teknillinen korkeakoulu Report No 152, Otaniemi, 1994, sivuja 143
- [Ott03] A. Otto, *Supply Chain Event Management: Three Perspectives*, International Journal of Logistics Management, vol. 14, no. 2, 2003, sivut 1-13
- [Par06] V. Pareto, *Manuale di Economia Politica, con una Introduzione alla Scienza Sociale*, Milan: Società Editrice Libreria, 1906
- [Pek08] S. Pekkarinen, P. Ulkuniemi, *Modularity in developing business services by platform approach*, The International Journal of Logistics Management, vol. 19, iss. 1, 2008, sivut 84-103
- [Pot01] A.M. Poteshman, *Underreaction, Overreaction, and Increasing Misreaction to Information in the Options Market*, The Journal of Finance, vol. 56, no. 3, doi: 10.1111/0022-1082.00348, Kesäkuu/2001, sivut 851-876
- [Raj05] P. Rajesh, F. Yonghui, *A coordination framework for supply chain inventory alignment*, Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 16, iss. 6, 2005, ISSN: 1741-038X, sivut 598-614
- [Raz03] M.A. Razi, J.M. Tar, *An applied model for improving inventory management in ERP systems*, Logistics Information Management, vol. 16, iss. 2, 2003, ISSN: 0957-6053, sivut 114-124
- [Rom03] P. Romano, *Co-ordination and Integration Mechanisms to Manage Logistics Processes Across Supply Networks*, Journal of Purchasing and Supply Management, vol. 9, no. 3, 2003, ISSN: 1478-4092, sivut 119-134
- [Sab02] R.E. Sabath, J. Fontanella, *The unfulfilled promise of supply chain collaboration*, Supply Chain Management Review, vol. 6 no. 4, 2002, sivut 24-29
- [Sal06] E. Salmela, L. Nieminen, A. Lukka, *Prosessien kehitys ja ICT:n hyödyntäminen hankintatoiminnassa, logistiikassa ja toimitus- ja kysyntäketjun hallinnassa. Kolmen tapauksen tutkimus*, Tutkimusraportti 170, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2006, Suomi, ISBN: 952-214-218-2, sivuja 111
- [Sal07a] E. Salmela, A. Happonen, *Applicability of Web-Based Information Systems for Small Knowledge-oriented Service Companies, Case study from Finland*.

Webist 2007 Conference (3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies), 3-6.3.2007, Barcelona, Spain, ISBN: 978-972-8865-79-5 sivut 13 – 20

- [Sal07b] E. Salmela, A. Happonen. *Applicability of CPFR on Inventory Replenishment Operation Model of Low-value Items. Finnish Machinery Industry - Case Study*. Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 08. – 10.07.2007, Budapest, Hungary, ISBN: 978-0-85358-218-2, sivut 441 – 448
- [Sal07c] E. Salmela, A. Happonen, H. Hämäläinen, *Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjuun suomalaisessa ympäristössä. CASE-tutkimus*, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillistaloudellinen tiedekunta, Tutkimusraportti 184, 7/2007, ISBN: 978-952-214-422-5, sivuja 62
- [Sal07d] E. Salmela, A. Happonen, *Exception Management in Inventory Replenishment Operation Model of Technical Wholesale Items in Finnish Machinery Industry. Case Study*, Proceedings of FH Science Day, 23.10. – 24.10.2007, Wels, Austria, ISBN: 978-3-8322-6619-6, sivut 87 - 92
- [Sal08] E. Salmela, A. Happonen, *Demand and Supply Chain Management in Small Advertising Agency*, Proceedings of EurOMA08 15th International Annual EurOMA Conference, Groningen, Netherlands, 15 – 18.06.2008, sivuja 8
- [Sal09a] E. Salmela, A. Happonen, *Synchronization of demand and supply in a supply chain manufacturing industrial products*, 16th International Annual EurOMA Conference, Göteborg, Sweden, 14 - 17.6.2009, sivuja 9
- [Sal09b] E. Salmela, A. Happonen, *Role of Logistics Service Provider in Supply Chain Between Manufacturer and Subcontractor*, Proceedings of the 14th International Symposium on Logistics (ISL 2009) - Global supply chains and inter-firm networks, Istanbul, Turkey, 05 – 08.07.2009, ISBN 978-0-85358-220-5, sivut 531 – 537
- [Sal11a] E. Salmela, A. Happonen, J. Huiskonen, *Best Collaboration Practices in Supply Chain of Technical Wholesale Items*, International Journal of Collaborative Enterprise (IJCENT), Special Issue: Collaborative Technologies and Applications, vol. 2, no. 1, 2011, ISSN 1740-2085, doi: 10.1504/IJCENT.2011.040663, sivut 16 – 38
- [Sal11b] E. Salmela, A. Happonen, J. Huiskonen, *New Concepts for Demand-Supply Chain Synchronization*, International Journal of Manufacturing Research (IJMR) (Special Issue), Accepted for publication on: 20.06.2011, ISSN 1750-0591
- [San97] B. Sani, B.G. Kingsman, *Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items*, Journal of the Operational Research Society, vol. 48, iss. 7, 7/1997, sivut 700-713
- [San98] J.C. Sandvig J.J. Allaire, *Vitalizing a service parts inventory*, Production and Inventory Management Journal, 1998, sivut 67-71

- [Sha06] E.A. Shale, J.E. Boylan, F.R. Johnston, *Forecasting for intermittent demand: the estimation of an unbiased average*, Journal of the Operational Research Society, vol. 57, iss. 5, 5/2006, doi: 10.1057/palgrave.jors.2602031, sivut 588-592
- [She05] Z.-J.M. Shen, *A multi-commodity supply chain design problem*, IIE Transactions, vol. 37, iss. 8, 2005, doi: 10.1080/07408170590961120, sivut 753-762
- [Sim02] H.A. Simon, *Near Decomposability and the Speed of Evolution*, Industrial and Corporate Change, vol. 11, iss. 3, June/2002, ISSN: 0960-6491, sivut 587-599
- [Sim04a] T.M. Simatupang, I.V. Sandroto, S.B. Hari Lubis, *Supply chain coordination in a fashion firm*, Supply Chain Management: An International Journal, vol. 9, iss. 3, 2004, ISSN: 1359-8546, sivut 256-268
- [Sim04b] T.M. Simatupang, I.V. Sandroto, S.B. Hari Lubis, *A coordination analysis of the creative design process*, Business Process Management Journal, vol. 10, no. 4, 2004, ISSN: 1463-7154, sivut 430-444
- [Sin81] K. Singh, *On the Asymptotic Accuracy of Efron's Bootstrap*, Annals of Statistics, vol.9, iss.6, November/1981, sivut 1187-1195
- [Spe98] R. Spekman, J. Kamauff, N. Myhr, *An Empirical Investigation into Supply Chain Management: A Perspective on Partnerships*, Supply Chain Management, vol. 3, iss. 2, 1998, sivut 53-67
- [Sta01] T.P. Stank, S.B. Keller, P.J. Daugherty, *Supply chain collaboration and logistical service performance*, Journal of Business Logistics, vol. 22 no. 1, 2001, sivut 29-48
- [Str00] L.W.G. Strijbosch, R.M.J. Heuts, E.H.M. van der Schoot, *A combined forecast-inventory control procedure for spare parts*, The Journal of the Operational Research Society, vol. 51, iss. 10, 2000, ISSN: 0160-5682, sivut 1184-1192
- [Syn05a] A. A. Syntetos, J.E. Boylan, *The accuracy of intermittent demand estimates*, International Journal of Forecasting, vol. 21, iss. 2, 2005, ISSN: 0169-2070, sivut 303-314
- [Syn05b] A. A. Syntetos, J.E. Boylan, J.D. Croston, *On the categorization of demand patterns*, Journal of the Operational Research Society, vol. 56, iss. 5, 2005, ISSN: 0160-5682, sivut 495-503
- [Syn06] A. A. Syntetos, J.E. Boylan, *On the stock control performance of intermittent demand estimators*, International Journal of Production Economics, vol. 103, iss. 1, 9/2006, sivut 36-47
- [Tar99] J.-E. Tarpila, *ECR ja elintarviketeollisuuden toimitusketjun tiedonhallinta*, Tekesin teknologiakatsaus 69 / 1999, ISSN 1239-758X, ISBN: 951-53-1433-X, sivuja 107

- [Ter93] R.J. Tersine, *Principles of Inventory and Materials Management*, 4th edition, Prentice Hall, 8/1993, ISBN: 978-0134578880, sivuja 608
- [Tho67] J.D. Thompson, *Organizations in Action*, McGraw-Hill, 1967, ISBN: 0-07-064380-6, sivuja 192
- [Tse01] M.M. Tseng, J. Jiao, *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management*, 3rd edition, Wiley- InterScience. 2001, ISBN: 0-471-33057-4
- [Ult02] A. Ultsch, *Proof of Pareto's 80/20 Law and precise limits for ABC-analysis*, preprint no.02/c, 2002, Databionics Research Group, University of Marburg, Germany.
- [Ver94] A. Vereecke, P. Verstraeten, *An inventory management model for an inventory consisting of lumpy items, slow movers, and fast movers*, International Journal of Production Economics, vol. 35, iss. 1-3, 6/1994, sivut 379-389
- [Wil84] T.M. Williams, *Stock control with sporadic and slow-moving demand*, Journal of the Operational Research Society, vol. 35, iss. 10, 1984, ISSN: 0160-5682, sivut 939-948
- [Wil94] T.R. Willemain, C.N. Smart, J.H. Shockor, P.A. DeSautels, *Forecasting intermittent demand in manufacturing: a comparative evaluation of Croston's method*, International Journal of Forecasting, vol. 10, iss. 4, 12/1994, sivut 529-538
- [Wil04] T.R. Willemain, C.N. Smart, H.F. Schwarz, *A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories*, International Institute of Forecasters, vol. 20, iss. 3, 7-9/2004, sivut 375-387
- [Woo99] J.C. Wood, M. McLure, *Vilfredo Pareto: critical assessments of leading economists*, TJ International Ltd, Padstow, Cornwall, 1999, ISBN: 0-415-18499-1, sivut 1920
- [Xu03] H.Q. Xu, C.B. Besant, M. Ristic, *System for enhancing supply chain agility through exception handling*, International Journal of Production Research, vol.41, no. 6, 2003, sivut 1099-1114
- [Xu04] K. Xu, Y. Dong, *Information Gaming in Demand Collaboration and Supply Chain Performance*, Journal of Business Logistics, vol.25, no. 1, 2004, sivut 121-144

Henkilökohtaisten ja yhteistyössä tehtyjen julkaisujen lista

- [Hap06] A. Happonen, J. Porras, *Modeling a Complex Real-Time System*, ISC'2006, 4th International Industrial Simulation Conference, 5-7.06.2006, University of Palermo, Palermo, Italy, ISBN: 90-77381-26-0, sivut 175 - 177
- [Hap07a] A. Happonen, E. Salmela, *Automatic & unmanned stock replenishment process using scales for monitoring*, Webist 2007 Conference (3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies), 3-6.3.2007, Barcelona, Spain, ISBN: 978-972-8865-79-5, sivut 157 – 162
- [Hap07b] A. Happonen, E. Salmela, *IT-solutions as a Part of Forecasting and Proactivity in Supply Chains*. Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 08. – 10.07.2007, Budapest, Hungary, ISBN: 978-0-85358-218-2, sivut 264 – 269
- [Hap08] A. Happonen, E. Salmela, J. Nousiainen, *Is Webcam Performance Sufficient for the Inventory Control of Industrial Wholesale Items With no Customer Inventory Balance Records? Case: Technical Wholesale Items*. Webist 2008 Conference (4th International Conference on Web Information Systems and Technologies), 04. – 07.05.2008, Funchal, Madeira - Portugal, ISBN: 978-989-8111-29-6, sivuja 8
- [Hap09] A. Happonen, E. Salmela, *Logistics service provider as a business growth enabler and supply chain synchronizer*, The 21st Annual Nofoma Conference, 2009, Jönköping, Sweden, 11 - 12.6.2009, ISBN 978-91-86345-01-3, sivut 285 – 298
- [Hap10a] A. Happonen, E. Salmela, *A Global Expansion Model for SME Suppliers in Manufacturing Industries*, Proceedings of Conference Day 2010, 05.05.2010, Steyr, Austria, ISBN 978-3-8322-9078-8, sivuja 10
- [Hap10b] A. Happonen, E. Salmela, *Rapid Expansion Capability and Efficient Management in De-Centralized SME Sized Manufacturing Company*, Proceedings of the 15th International Symposium on Logistics (ISL 2010), 04. - 07.07.2010, Kuala-Lumpur, Malaysia, ISBN 978 085358 267 0, sivut 152 - 160
- [Hap11] A. Happonen, E. Salmela, *Dynamic inventory management parameters adjusting scheme as a logistics service*, PICMET '11 Conference, Technology Management in the Energy-Smart World, 31.07. – 04.08.2011, Hilton Portland and Executive Tower, Portland, Oregon, USA, ISBN 1-890843-24-5, sivut 2368 - 2380

- [Hem07] J. Hemilä, A. Happonen, K. Jansson, *Vendor Managed Inventory models in Sweden*, Industrial benchmarking experiences from autumn 2006, VTT Working Papers : 70, VTT, Espoo, 2007, 26p, ISBN 978-951-38-6621-1. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2007/W70.pdf>
- [Hie09a] A-M. Hietajärvi, E. Salmela, A. Happonen, V. Könönen, Kysyntä- ja toimitusketjun synkronointi metalli- ja konepajateollisuudessa Suomessa | Haastattelututkimus, VTT working papers 118, 2009, ISBN 978-951-38-7179-6, sivuja 39. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W118.pdf>
- [Hie09b] A-M. Hietajärvi, E. Salmela, A. Happonen, J. Hemilä, *Demand-supply chain synchronisation in the Finnish machinery industry*, Proceedings of Logistics Research Network Annual Conference, 2009, Cardiff, Wales, 09 - 11.9.2009, sijuva 8
- [Häk07] K. Häkkinen, J. Hemilä, M. Uoti, E. Salmela, A. Happonen, H. Hämäläinen, E. Siniluhta, J. Nousiainen, M. Kärkkäinen, *VMI in industry. Theories, technologies and applications*, VTT Tiedotteita - Research Notes: 2406. VTT, Espoo, 2007, 142p, ISBN 978-951-38-6956-4; 978-951-38-6957-1. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2406.pdf>
- [Häm07] H. Hämäläinen, A. Happonen, E. Salmela, *CPFR - Technology and Automated Data Flows in Technical Wholesale Supply Chain of Finnish Machinery Industry*, The 3rd International Congress on Logistics and SCM Systems (ICLS 2007), 28.08. – 30.08.2007, Yokohama, Japan, sivut 279-286
- [Sal07a] E. Salmela, A. Happonen, *Applicability of Web-Based Information Systems for Small Knowledge-oriented Service Companies, Case study from Finland*. Webist 2007 Conference (3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies), 3-6.3.2007, Barcelona, Spain, ISBN: 978-972-8865-79-5 sivut 13 – 20
- [Sal07b] E. Salmela, A. Happonen. *Applicability of CPFR on Inventory Replenishment Operation Model of Low-value Items. Finnish Machinery Industry - Case Study*. Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 08. – 10.07.2007, Budapest, Hungary, ISBN: 978-0-85358-218-2, sivut 441 – 448
- [Sal07c] E. Salmela, A. Happonen, H. Hämäläinen, *Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjuun suomalaisessa ympäristössä. CASE-tutkimus*, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillistaloudellinen tiedekunta, Tutkimusraportti 184, 7/2007, ISBN: 978-952-214-422-5, sivuja 62
- [Sal07d] E. Salmela, A. Happonen, *Exception Management in Inventory Replenishment Operation Model of Technical Wholesale Items in Finnish Machinery Industry. Case Study*, Proceedings of FH Science Day, 23.10. – 24.10.2007, Wels, Austria, ISBN: 978-3-8322-6619-6, sivut 87 – 92

- [Sal08] E. Salmela, A. Happonen, *Demand and Supply Chain Management in Small Advertising Agency*, Proceedings of EurOMA08 15th International Annual EurOMA Conference, Groningen, Netherlands, 15 – 18.06.2008, sivuja 8
- [Sal09a] E. Salmela, A. Happonen, *Synchronization of demand and supply in a supply chain manufacturing industrial products*, 16th International Annual EurOMA Conference, Göteborg, Sweden, 14 - 17.6.2009, sivuja 9
- [Sal09b] E. Salmela, A. Happonen, *Role of Logistics Service Provider in Supply Chain Between Manufacturer and Subcontractor*, Proceedings of the 14th International Symposium on Logistics (ISL 2009) - Global supply chains and inter-firm networks, Istanbul, Turkey, 05 – 08.07.2009, ISBN 978-0-85358-220-5, sivut 531 – 537
- [Sal11a] E. Salmela, A. Happonen, J. Huiskonen, *Best Collaboration Practices in Supply Chain of Technical Wholesale Items*, International Journal of Collaborative Enterprise (IJCENT), Special Issue: Collaborative Technologies and Applications, vol. 2, no. 1, 2011, ISSN 1740-2085, doi: 10.1504/IJCENT.2011.040663, sivut 16 – 38
- [Sal11b] E. Salmela, A. Happonen, J. Huiskonen, *New Concepts for Demand-Supply Chain Synchronization*, International Journal of Manufacturing Research (IJMR) (Special Issue), Accepted for publication on: 20.06.2011, ISSN 1750-0591

ACTA UNIVERSITATIS LAPPEENRANTAENSIS

424. JUNTILA, VIRPI. Automated, adapted methods for forest inventory. 2011. Diss.
425. VIRTA, MAARIT. Knowledge sharing between generations in an organization – Retention of the old or building the new 2011. Diss.
426. KUITTINEN, HANNA. Analysis on firm innovation boundaries. 2011. Diss.
427. AHONEN, TERO. Monitoring of centrifugal pump operation by a frequency converter. 2011. Diss.
428. MARKELOV, DENIS. Dynamical and structural properties of dendrimer macromolecules. 2011. Diss.
429. HÄMÄLÄINEN, SANNA. The effect of institutional settings on accounting conservatism – empirical evidence from the Nordic countries and the transitional economies of Europe. 2011. Diss.
430. ALAOUTINEN, SATU. Enabling constructive alignment in programming instruction. 2011. Diss.
431. ÄMAN, RAFAEL. Methods and models for accelerating dynamic simulation of fluid power circuits. 2011. Diss.
432. IMMONEN, MIKA. Public-private partnerships: managing organizational change for acquiring value creative capabilities. 2011. Diss.
433. EDELMANN, JAN. Experiences in using a structured method in finding and defining new innovations: the strategic options approach. 2011. Diss.
434. KAH, PAUL. Usability of laser - arc hybrid welding processes in industrial applications. 2011. Diss.
435. OLANDER, HEIDI. Formal and informal mechanisms for knowledge protection and sharing. 2011. Diss.
436. MINAV, TATIANA. Electric drive based control and electric energy regeneration in a hydraulic system. 2011. Diss.
437. REPO, EVELIINA. EDTA- and DTPA-functionalized silica gel and chitosan adsorbents for the removal of heavy metals from aqueous solutions. 2011. Diss.
438. PODMETINA, DARIA. Innovation and internationalization in Russian companies: challenges and opportunities of open innovation and cooperation. 2011. Diss.
439. SAVITSKAYA, IRINA. Environmental influences on the adoption of open innovation: analysis of structural, institutional and cultural impacts. 2011. Diss.
440. BALANDIN, SERGEY, KOUCHERYAVY, YEVGENI, JÄPPINEN, PEKKA, eds. Selected Papers from FRUCT 8 .2011.
441. LAHTI, MATTI. Atomic level phenomena on transition metal surfaces. 2011. Diss.
442. PAKARINEN, JOUNI. Recovery and refining of manganese as by-product from hydrometallurgical processes. 2011. Diss.
443. KASURINEN, JUSSI. Software test process development. 2011. Diss.

444. PEKKANEN, PETRA. Delay reduction in courts of justice – possibilities and challenges of process improvement in professional public organizations. 2011. Diss.
445. VANHALA, MIKA. Impersonal trust within the organization: what, how, and why? 2011. Diss.
446. HYNYNEN, KATJA. Broadband excitation in the system identification of active magnetic bearing rotor systems. 2011. Diss.
447. SOLOINEN, ANTTI. Bayesian methods for estimation, optimization and experimental design. 2011. Diss.
448. JABLONSKA, MATYLDA. From fluid dynamics to human psychology. What drives financial markets towards extreme events. 2011. Diss.
449. MYÖHÄNEN, KARI. Modelling of combustion and sorbent reactions in three-dimensional flow environment of a circulating fluidized bed furnace. 2011. Diss.
450. LAATIKAINEN, MARKKU. Modeling of electrolyte sorption – from phase equilibria to dynamic separation systems. 2011. Diss.
451. MIELONEN, JUHA. Making Sense of Shared Leadership. A case study of leadership processes and practices without formal leadership structure in the team context. 2011. Diss.
452. PHAM, ANH TUAN. Sewage sludge electro-dewatering. 2011. Diss.
453. HENNALA, LEA. Kuulla vai kuunnella – käyttäjää osallistavan palveluinnovoinnin lähestymistavan haasteet julkisella sektorilla. 2011. Diss.
454. HEINIMÖ, JUSSI. Developing markets of energy biomass – local and global perspectives. 2011. Diss.
455. HUJALA, MAIJA. Structural dynamics in global pulp and paper industry. 2011. Diss.
456. KARVONEN, MATTI. Convergence in industry evolution. 2011. Diss.
457. KINNUNEN, TEEMU. Bag-of-features approach to unsupervised visual object categorisation. 2011. Diss.
458. RUUSKANEN, VESA. Design aspects of megawatt-range direct-driven permanent magnet wind generators. 2011. Diss.
459. WINTER, SUSANNA. Network effects: scale development and implications for new product performance. 2011. Diss.
460. JÄÄSKELÄINEN, ANSSI. Integrating user experience into early phases of software development. 2011. Diss.
461. KÄÄRIÄINEN, TOMMI. Polymer surface modification by atomic layer deposition. 2011. Diss.
462. KOCHURA, ALEKSEY. Growth, magnetic and transport properties of InSb and II-IV-As₂ semiconductors doped with manganese. 2011. Diss.
463. PUTKIRANTA, ANTERO. Possibilities and challenges of longitudinal studies in operations management. 2011. Diss.

