

Varastonohjausperiaatteiden systematisointi service- liiketoiminnassa

**Systematization of inventory management in service
business**

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Katri Vauhkonen	
Työn nimi: Varastonohjausperiaatteiden systematisointi service-liiketoiminnassa	
Vuosi: 2019	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous. 44 sivua, 11 kuvaa, 1 taulukko ja 1 liite Tarkastaja(t): Professori Timo Pirttilä	
Hakusanat: varastonhallinta, service-liiketoiminta, varaosien luokittelu	
Keywords: inventory management, service business, classification of spare parts	
<p>Kandidaatintyön case-yrityksessä on havaittu varastoon sitoutuvan huomattava määrä pääomaa. Tutkimuksen tarkoituksena on tehdä selvitys kyseisen varaston nykytilasta ja varastoinnin ongelmakohdista. Kartoituksen perusteella on tavoitteena vapauttaa sitoutunutta pääomaa systematisoimalla varaston hallintaa. Varastonhallintaa on tarkoitus systematisoida poistamalla varastosta nimikkeet, joiden varastoiminen ei ole taloudellisesti kannattavaa sekä valitsemalla nimikkeille tarkoituksenmukainen varastonohjausmenetelmä ja periaatteet ohjausarvojen määrittämiseksi.</p> <p>Työn alussa käsitellään varastonohjauksen ja nimikkeiden kategorisointimenetelmien teoriaa kirjallisuuskatsauksen muodossa, jonka jälkeen empiriaosuudessa teorioita sovelletaan case-yrityksen tapauksessa. Tutkimus yrityksessä perustuu toiminnanohjausjärjestelmästä saatuun dataan sekä havainnoivalla osallistumisella kerättyihin tietoihin.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että varastosta voidaan vapauttaa merkittävä määrä pääomaa pelkästään poistamalla varastosta liiketoiminnalle kannattamattomia nimikkeitä. Varaosien kysynnän ollessa ryöppyistä, on priorisointipäätös, kuinka suuriin kysyntäpiikkeihin halutaan varustautua varastointikustannuksien samalla kasvaessa. Lisäksi voidaan todeta kategorisointimenetelmien antavan hyvän viitekehyksen varastonohjausperiaatteiden määrittämiselle, mutta kategorisointien avulla tehtäviä johtopäätöksiä on suotavaa tarkastella myös nimikekohtaisesti.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Työn tausta.....	3
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	4
1.3	Tutkimuksen toteutus.....	5
1.4	Raportin rakenne	6
2	VARASTOINNIN HAASTEET SERVICE-LIIKETOIMINNASSA.....	7
2.1	Service-liiketoiminta.....	7
2.2	Service-liiketoiminnan haasteet varastoinnissa	8
3	VARASTONOHJAUSMENETELMIÄ	13
3.1	Varastonohjausmenetelmien jaottelu	13
3.2	Tilauspistemenetelmä	16
3.3	Min-max-menetelmä.....	17
4	NIMIKKEIDEN KATEGORISOINTI	18
4.1	ABC-analyysi.....	18
4.2	XYZ-analyysi.....	18
4.3	FSN-analyysi.....	19
4.4	VED-analyysi.....	21
4.5	Monidimensionaaliset analysointityökalut	23
5	VARASTOINNIN NYKYTILAN ANALYSOINTI KOHDEYRITYKSESSÄ.....	25
5.1	Kohdeyrityksen esittely	25
5.2	Varastonohjauksen nykytila.....	26
5.3	Poistettavien nimikkeiden kartoittaminen.....	27
5.4	Varastonohjausmenetelmän määrittäminen	29
5.5	Varastonohjausarvojen asettamisen periaatteet	31

5.6	Varastonohjaukseen ja kategorisointiin vaikuttavat haasteet ja rajoitteet	36
6	KEHITYSEHDOTUKSET JA SYSTEMATISOINNIN HYÖDYT	38
6.1	Nimikkeiden hallintaan liittyvät kehitysehdotukset.....	38
6.2	Varastonohjaukseen liittyvät kehitysehdotukset.....	40
6.3	Systematisoinnin hyödyt	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	43
	LÄHTEET	45
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Valmistavan teollisuuden yritykset ovat alkaneet kiinnittää enemmän huomiota varaosaliiketoimintaan kuin aiemmin, sillä varaosien rahallinen voittopotentiaali on todistettusti hyvä, sekä tehokkuus varaosien toimittamisessa voi toimia brändin differointikeinona (Poole 2003). Pelkkä suuren määrän osien varastoiminen ei kuitenkaan ole yrityksen kannalta järkevä vaihtoehto, sillä varastoihin voi hyvin helposti sitoutua huomattava määrä pääomaa. Varaosavarastoinnin suunnittelu onkin kompleksinen ongelma, johon useat yritykset sekä tutkijat yrittävät löytää optimaalista ratkaisua. Varaosien logistiikan suunnittelu poikkeaa huomattavasti muiden materiaalien varastoinnista: palveluvaatimukset ovat korkeammat, sillä puutetilanteen vaikutus asiakkaalle voi olla taloudellisesti hyvin merkittävä, osien kysyntä voi olla äärimmäisen satunnaista ja vaikeasti ennustettavaa, sekä yksittäisten osien hinnat voivat olla hyvin korkeita (Huiskonen 2001). Varaosavarastoinnin suunnittelussa ongelma kiteytyy seuraavien neljän kysymyksen ympärille:

1. Mitä nimikkeitä varastoidaan?
2. Milloin tilataan varaston täydennys?
3. Kuinka suuria täydennyseriä tilataan?
4. Missä varaosia säilytetään?

Kirjallisuudessa aiheeseen on perehdytty useiden vuosikymmenien ajan. Niin kysynnän ennustamista ryöppyisessä kysynnässä, tilauspisteen tason määrittämistä kuin optimaalisen täydennyseräkoon kartoittamistakin on tutkittu laajasti alan kirjallisuudessa. Kuitenkin useat mallit lähestyvät optimaalista ratkaisua haastavien matemaattisten menetelmien kautta. Näin ollen mallien käytettävyys ja implementointi yritysten operatiiviseen liiketoimintaan on hyvin hankalaa, jonka vuoksi menetelmä varaosavarastojen systemaattiseen hallintaan voi jäädä usein kokonaan kehittämättä.

Edellä mainitut kysymykset tuottavat haasteita myös tämän kandidaatintutkielman kohdeyritykselle ANDRITZ Oy:lle, joka on sellu- ja paperiteollisuuden laitteita ja palveluita

tuottava teollisuusyritys. Kiinnostus service-liiketoiminnan osien varastointiin heräsi, kun huomattiin varastoon sitoutuvan huomattava määrä pääomaa. Lisäksi alaskirjausvarausten suuresta lukumäärästä on havaittu, että varastossa on useita nimikkeitä, joiden kierto on hyvin hidasta tai sitä ei ole ollenkaan. Tästä syystä kartoitus kohdeyrityksen kyseisen varaston nykytilalle, sekä kehitysideat varastoinnin tehostamiselle ovat kohdeyritykselle ajankohtaisia.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työn päätavoitteena on esittää konkreettisia kehitysehdotuksia ANDRITZ Oy:n kohdevaraston ohjausperiaatteiden systematisoimiseksi siten, että varastosta saadaan vapautettua sitoutunutta pääomaa. Päätavoitteen saavuttamiseksi tulee nykytilaa analysoida ja tunnistaa, mistä syistä varastoon sitoutunut pääoma on korkea ja tiettyjen nimikkeiden kierto on hidasta.

Työn tarkoituksena on luoda helposti käyttöön otettavia työkaluja varastossa säilytettävien nimikkeiden tunnistamiseksi, sekä varastonohjausmenetelmän ja -arvojen määrittämiseksi. Työn lopputuloksena syntyy kartoitus varastoinnin nykytilasta, ehdotus varastoon jätettävistä nimikkeistä, sekä niiden varastonohjausmenetelmistä ja periaatteista ohjausarvojen asettamiseksi. Ongelmakohtien tunnistuksessa havaittuihin muihin haasteisiin annetaan myös kehitysehdotuksia. Lopputuloksena on myös esitys systematisoinnin avulla saatavista hyödyistä.

Tutkimus rajataan koskemaan ANDRITZ Oy:n service-liiketoimintaan keskittyneen divisioonan tietyn tuoteryhmän käytössä olevaa varastoa. Kyseinen varasto on yksi hallinnollinen yksikkö toiminnanohjausjärjestelmässä, mutta nimikkeitä säilytetään useammassa eri rakennuksessa. Nimikkeet ovat pääasiassa ei-huollettavia vara- ja kulutusosia, joista työssä käytetään yhteisnimitystä varaosat. Varastoa ohjataan tilauspistemenetelmällä, jossa usein täydennyseräkoon suuruus vaihtelee mutta täydennyksen avulla saavutettavaa varaston tavoitetasoa ei ole määritetty. Yrityksellä ei myöskään ole käytössä kysynnän ennustamismenetelmää.

1.3 Tutkimuksen toteutus

Kandidaatintyö aloitettiin perehtymällä varaosien varastointiin keskittyneeseen kirjallisuuteen. Teoriaosuus pyrittiin rakentamaan siten, että käsitellyt aiheet ovat sovellettavissa case-yrityksen tapauksessa. Tämän vuoksi esiteltävä teoria kohdistuu ei-huollettavien varaosien varastonohjaukseen. Käsiteltävän teorian ulkopuolelle rajattiin huollettavat varaosat, sillä niiden varastointi on erillinen ongelma-alueensa. Työssä keskityttiin varastonohjauksen systematisointiin, jonka vuoksi varastoinnin koko optimointia muun muassa kysynnän ennustamisen avulla ei käsitelty esittelyä enempää. Varastonohjauksen systematisointiin keskityttiin pääasiassa erilaisien nimikkeiden kategorisointimenetelmien avulla.

Case-tutkimus kohdeyrityksessä aloitettiin tutkimalla dataa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä. Kaiken kaikkiaan analysoitavaa dataa kerättiin vuosilta 2014–2018, jotta saatiin mahdollisimman kattava kuva varastoinnista ja nimikkeiden kysynnän luonteesta. Numeraalisen datan perusteella tehtiin ehdotus varastosta poistettavista nimikkeistä, joka annettiin kommentoitavaksi yrityksen asiantuntijoille.

Kvantitatiivisen tutkimuksen lisäksi työssä hyödynnettiin osallistuvaa havainnointia varastoinventaarioon osallistumalla. Näin saatiin kokonais käsitys varastoitavista nimikkeistä, sekä siitä, miten toiminnanohjausjärjestelmässä oleva tieto vastasi todellista tilannetta varastossa. Lisäksi keskusteluita käytiin varastohenkilökunnan, ostotiimin, varaosatiimin ja esimiestason henkilöiden kanssa. Keskustelut olivat vapaamuotoisia, mutta auttoivat havainnoimaan varastoinnin nykytilan ongelmakohtia.

Viimeisenä vaiheena tehtiin varastoon jätettäville nimikkeille ehdotukset varastonohjausmenetelmästä ja ohjausarvojen asettamisen säännöistä. Ohjausarvojen asettamisen sääntöjen ehdotuksissa hyödynnettiin numeraalista dataa toiminnanohjausjärjestelmästä, sekä asiantuntijoiden kommentteja. Asiantuntijat kertoivat erilaisista täydennyseräkokojen rajoituksista, sekä kriittisistä nimikkeistä. Lopuksi luotiin kehitysehdotuksia muihin varastonohjauksessa havaittuihin haasteisiin ja kartoitettiin hyötyjä, joita kohdeyritys voisi saavuttaa ottamalla käyttöön kehitysehdotukset.

1.4 Raportin rakenne

Työn alussa luodaan teoreettinen pohja case-tutkimuksen tueksi. Teoria alkaa luvusta 2, jossa esitellään service-liiketoimintaa toimintaympäristönä. Lisäksi luvussa syvennyttään erilaisiin varastoinnin haasteisiin, joita varaosien varastoinnissa on huomattu usein ilmaantuvan. Luvussa 3 jaotellaan varastonohjausmenetelmiä erinäisten kriteerien mukaisesti, sekä esitellään ennustepohjaisia varastonohjausmenetelmiä. Tämän jälkeen luvussa esitellään tarkemmin kaksi staattista varastonohjausmenetelmää. Viimeisessä teorialuvussa 4 esitellään viisi kategorisointityökalua, joilla voidaan luokitella nimikkeitä eri kriteerien perusteella.

Luvusta 5 alkaa työn empiriaosuus, jossa ensimmäiseksi esitellään case-tutkimuksen kohdeyritys. Samassa kappaleessa hyödynnetään myös teoriaosuudessa aiemmin esiteltyjä analysointimenetelmiä poistettavien nimikkeiden kartoittamiseen, varastonohjausmenetelmän valitsemiseen ja varastonohjausarvojen sääntöjen kehittämiseen. Luvussa 6 annetaan kehitysehdotuksia liittyen nimikkeiden hallintaan ja varastonohjaukseen, sekä käsitellään kategorisoinnin ja varastonohjauksen haasteita ja rajoitteita. Lisäksi luvussa esitellään työn tuloksena mahdollisesti saavutettavia hyötyjä. Viimeisenä luvussa 7 esitetään työn johtopäätökset ja vedetään yhteen työssä tehdyt merkittävimmät havainnot.

2 VARASTOINNIN HAASTEET SERVICE-LIIKETOIMINNASSA

Luvussa esitellään laitevalmistajien service-liiketoiminnan osa-alueita, sekä paneudutaan service-liiketoiminnan ominaispiirteisiin. Luvussa perehdytään myös eri tyyppisiin haasteisiin, joita service-liiketoiminnan osien varastoinnissa usein ilmenee.

2.1 Service-liiketoiminta

Usein laitevalmistajien liiketoiminta on jaettu kahteen osaan, uusien laitteiden toimittamiseen ja toimitusten jälkeiseen service-liiketoimintaan. Service-liiketoiminta sisältää myydyn laitteen huollot, korjaukset ja huolto-osien tarjoamisen (Gzara, Nematollahi & Dasci 2014). Lisäksi teollisuuden laitteille usein tehdään modernisointeja, jotka kuuluvat myös service-liiketoiminnan alaisuuteen. Kyseinen liiketoiminta muodostaa tuottoisan osan esimerkiksi ilmailun, autoteollisuuden ja korkean teknologian toimialoilla (Gzara et al. 2014).

Service-liiketoiminta on hyvin kriittistä varsinkin korkean teknologian laitevalmistajille, joiden asiakkaiden liiketoiminta tukeutuu kyseisen laitteen toimintaan. Tämän takia he odottavat palvelun korkeaa laatua ja nopeaa saatavuutta. (Gzara et al. 2014) Asiakastyytyväisyys on noussutkin entistä ratkaisevammaksi tekijäksi asiakaslojaaliuden säilyttäjänä kansainvälisen kilpailun kovetessa (Botter 2000). Tämä tarkoittaa sitä, että palvelualltius ja toimituksien nopeus on syytä nostaa korkeimmaksi prioriteetiksi, jotta asiakkaat kestävät uskollisena samalle toimittajalle.

Jotta asiakkaiden yllättäviin tarpeisiin kyettäisiin vastaamaan mahdollisimman nopeasti, on laitevalmistajien syytä varastoida varaosia. Varaosiksi voidaan määritellä nimikkeet, joita tarvitaan jonkin komponentin hajotessa tai tarvitessa korjausta. (Syntetos, Keyes & Babai 2009) Service-liiketoiminnassa varaosien koko ja ominaisuudet voivat kuitenkin vaihdella huomattavasti. Fortuin ja Martin (1999) jaottelevatkin service-liiketoiminnan osat kahteen pääluokkaan, korjattaviin ja ei-korjattaviin osiin. Korjattavat osat voidaan kategorisoida asiakasspesifeiksi osiksi, sekä keskenään vaihdettaviksi osiksi. Mikäli asiakasspesifi osa rikkoutuu, täytyy asiakkaan odottaa aika, että uusi vastaava osa saadaan tilalle, tai rikkoutunut on huollettu. Keskenään vaihdettavat osat ovat sellaisia, että osan rikkoutuessa rikkoutunut

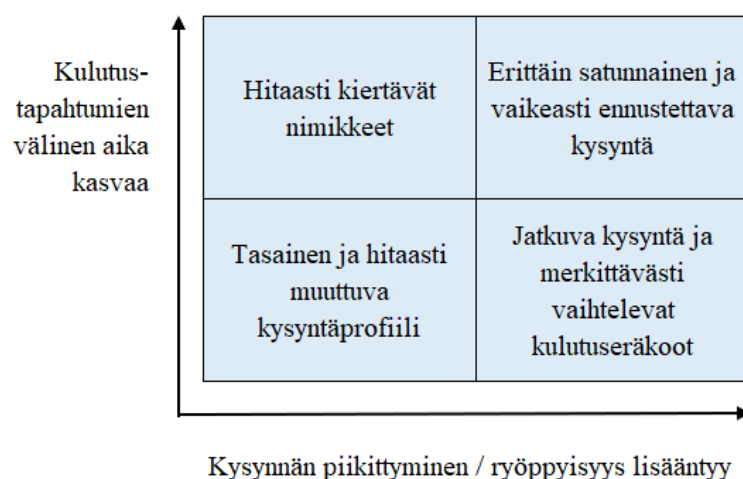
lähetetään huoltoon. Huollon ajaksi asennetaan vastaava vaihtoyksikkö, jolloin laitteen pysähtyneenä oloaika lyhenee huomattavasti. (Fortuin & Martin 1999) Tällaiset osat ovat yleensä komponenteista koostuvia kalliita kokonaisuuksia, kuten moottoreita. Toisaalta osat voidaan jaotella niiden rikkoutumistodennäköisyyden mukaan vara- ja kulutusosiksi. Varaosien kulutusta on vaikea ennakoida, sekä niiden on tarkoitus kestää kulutusta. Puolestaan kulutusosien tarve ja käyttöikä ovat ennustettavissa. (Suomala, Sievänen & Paranko 2002)

2.2 Service-liiketoiminnan haasteet varastoinnissa

Varaosien varastoinnissa liittyy useita uniikkeja piirteitä, joita muilla liiketoiminnan muodoilla ei ole (Morris 2013). Sen hallitseminen on kompleksista, sekä siihen liittyy paljon tekijöitä, joita valmiiden tuotteiden varastoinnissa ei tarvitse ottaa huomioon (Wagner, Jönke & Eisingerich 2012). Tässä alaluvussa perehdytään näihin varaosavarastoinnin erityispiirteisiin.

Kysynnän ennustaminen

Merkittävin haaste varaosien varastoinnissa on kysynnän ennakoimattomuus, joka johtuu kysynnän ryöppyisyydestä. Tämä tarkoittaa pitkää aikaväliä kulutustapahtumien välillä, sekä suuria vaihteluita kulutuserien koissa. Kysynnän luonnetta voidaan havainnollistaa 2x2-ruudukon avulla, jossa suhteutetaan kulutustapahtumien välistä aikaa ja kulutustapahtumien eräkokojen vaihtelevuutta (Kuva 1).



Kuva 1 Kysynnän luokittelu kulutustapahtumien aikavälien ja kulutuseräkokojen suhteessa (mukaiillen Williams 1984)

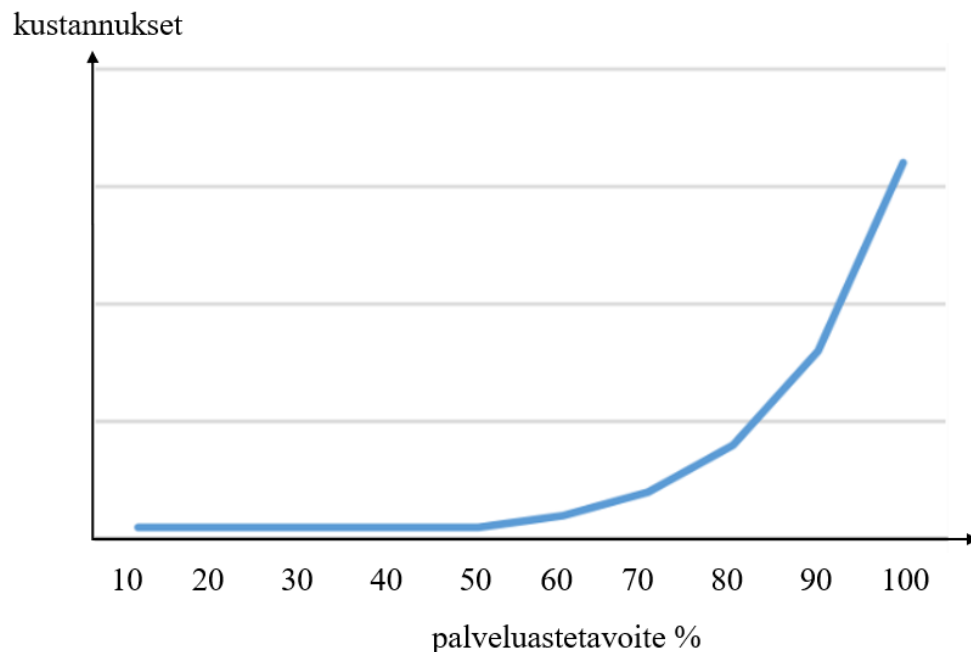
Ennustaminen tuottaa luotettavimpia tuloksia, kun kysyntä on jatkuvaa ja kulutuseräkoot lähes vakiokokoisia. Varaosien kysynnän ollessa ryöppyistä, on kysyntä hyvin satunnaista ja täten todella vaikeasti ennustettavaa. Tällöin perinteiset kysynnän ennustusmenetelmät eivät tuota luotettavia tuloksia (Fortuin & Martin 1999).

Ohjausmenetelmät

Kysynnän ryöppyisyydestä johtuvan vaikean ennustettavuuden takia on ennustepohjaisten varastonohjausmenetelmien hyödyntäminen todella haastavaa. Samoin kysyntähistoriaan perustuvien menetelmien hyödyntäminen tuottaa haasteita. Perinteiset yksittäisen nimikkeen varastonohjausarvojen määrittämismenetelmät olettavat kysynnän olevan jatkuvaa tai ainakin lähes tasaista, jotta matemaattiset laskukaavat ohjausarvojen määrittämiseksi olisivat sopeutuvia. Tällöin tilanteessa, jossa nimikkeiden kierto on hidasta sisältäen toisinaan kuitenkin suuria kysyntäpiikkejä, eivät perinteiset laskutavat tuota järkeenkäyviä tuloksia. (Williams 1982) Lisäksi nimikkeet voivat olla rahallisesti hyvin eri arvoisia (Morris 2013), sekä niiden tärkeydessä laitteiden toiminnan kannalta voi huomattavia eroja. Tällöin ylivarastoinnin tai puutetilanteiden välttämiseksi on suotavaa määrittellä eri tyyppisille nimikkeille omat säännöt varastonohjausarvojen määrittämiseksi, jotta priorisoidaan liiketoiminnalle tärkeitä nimikkeitä.

Strategia

Wagnerin et al. (2012) mukaan varaosavarastoinnin organisointi riippuu valitusta varastointistrategiasta. Mikäli yritys keskittyy mahdollisimman suuren voiton tavoittelemiseen, tulee varastonhallinnassa keskittyä kustannusten pitämiseen matalana, sekä vanhentuneiden nimikkeiden ja ylivarastoinnin välttämiseen. Sen sijaan, jos varaosavarastointia tehdään asiakaslojaalisuutta ja imagon ylläpitoa varten, tulee keskittyä tuotteiden nopeaan toimitukseen ja saatavuuteen ylivarastoinnin uhalla. (Wagner et al. 2012) Logistiikan maailma (2019a) esittää, että nimikkeillä, joilla kysyntä vaihtelee suuresti ja ennakoimattomasti, varastointikustannukset kohoavat jyrkästi sadan prosentin palveluastetta tavoitellessa. Kustannukset voivat kasvaa jopa eksponentiaalisesti palveluastetavoitteen kasvaessa (Kuva 2).



Kuva 2 Varastointikustannusten eksponentiaalinen kehittyminen palveluastetavoitteen kasvaessa (Logistiikan maailma 2019a)

Razi (1999) allekirjoittaa nämä kaksi varastonhallinnan tyyliä, jossa joko keskitytään kululaskelmiin tai asiakastytyväisyyteen. On vaikea pitää kulut alhaalla ja samalla panostaa asiakastytyväisyyteen, sillä kyseiset tyyliä aiheuttavat ristiriitaisia kustannuksia. Pitämällä korkeita varastotasoja, voidaan minimoida puutekustannuksia ja maksimoida asiakastytyväisyyttä. Toisaalta, jos halutaan minimoida varastonpitokustannuksia, pitäisi varastotasot pitää mahdollisimman alhaalla. (Razi 1999) Varaosavarastoinnissa kannattavaa onkin hyödyntää kumpaakin strategiaa. Liiketoiminnan kannalta tärkeille nimikkeille kannattaa varmistaa korkea palveluaste, ja vähemmän tärkeille voidaan pitää alhaisempaa palveluastetta. Näin voidaan panostaa tärkeisiin nimikkeisiin kuitenkin rajoittamalla varastoon sitoutunutta pääomaa karsimalla kustannuksia vähemmän tärkeistä nimikkeistä. Hyödyntämällä kumpaakin strategiaa vastaan tulee kuitenkin ongelma, millä perustein tärkeät ja vähemmän tärkeät nimikkeet jaotellaan omiksi kategorioikseen.

Nimikkeiden määrä

Yksi varaosavarastoinnin haasteista on erilaisten varastoitavien nimikkeiden suuri määrä, joka aiheuttaa niin kustannuksia kuin hankaloittaa varastonhallintaakin. Valmiiden tuotteiden varastointiin verrattuna, voi varaosavarastossa olla nimikkeitä eksponentiaalinen määrä. Tämä

johtuu siitä, että kutakin valmista tuotetta kohden voi olla satoja varaosia. (Morris 2013) Koska varaosia on paljon, täytyy yrityksen tehdä haastava päätös, mitkä nimikkeet se aikoo varastoida ja mitkä ostaa tilauksen tullessa.

Varastossa olevien nimikkeiden määrä voi kasvaa Morriksen (2013) mukaan myös oikeudellisten velvoitteiden takia. Asiakkaalla ja laitteen toimittajalla voi olla sopimus, että toimittajalla on velvollisuus tarjota laitteeseen varaosia myyntihetkestä eteenpäin kiinteän aikamäärän ajan. Kuitenkin laitteesta tullessa uusia malleja, tarvitsee varaosia olla varastossa vanhempiinkin laitteisiin sopimuksen mukaisesti. Lisäksi nimikettä voidaan päivittää, joka luo taas uuden varastoitavan nimikkeen. (Morris 2013)

On todella vaikea arvioida, milloin nimikettä lakataan enää tarvitsemasta. Jos varastoon on otettu liian paljon nimikettä kerralla, saattaa kuitenkin kysyntä loppua laiteuudistuksen tai nimikepäivityksen seurauksena, ja näin nimikkeestä tulee vanhentunut. Toisaalta jos varaosaa ei ole tarjota, pitää toimittaa vastaava uusi nimike mahdollisesti kalliimmalla. (Morris 2013) Lisäksi nimikkeen puuttuminen aiheuttaa kustannuksia, kuten jälkitoimituksia, sekä asiakkaiden ja tilausten menettämisiä (Logistiikan maailma 2019c). Lisäksi jos valmis tuote ei ole itsesään kovin kallis suhteutettuna varaosaan, saattaa asiakas haluta ostaa mieluummin uuden valmiin tuotteen. (Morris 2013)

Varastojen sijainti

Varastojen sijainnilla on suuri merkitys varastoinnin kustannuksiin, sekä asiakkaiden palvelukykyyn. Tämän vuoksi on tärkeä miettiä, mitkä osat voidaan varastoida keskitetysti esimerkiksi keskusvarastolla, hajautetusti paikallisissa varastoissa kohdemaissa ja mitä nimikkeitä olisi syytä säilyttää jopa asiakkaan luona.

Keskitetyn varastoinnin etuna on alhaisemmat varastointikustannukset verrattuna hajautettuun varastointiin (Logistiikan maailma 2019b). Keskitetyssä varastoinnissa kiinteät kustannukset ovat pienemmät, sillä varastojen tilavuokria, vakuutuksia ja varastohenkilökuntaa ei tarvita yhtä paljon. Lisäksi keskitetyssä varastossa yksittäistä nimikettä tarvitaan säilyttää vähemmän kuin varastoimalla sitä hajautetuissa varastoissa, koska kaikki nimikkeet säilytetään samassa paikassa. Keskitetyssä varastossa voidaan pitää kuitenkin korkeampia yksittäisten nimikkeiden

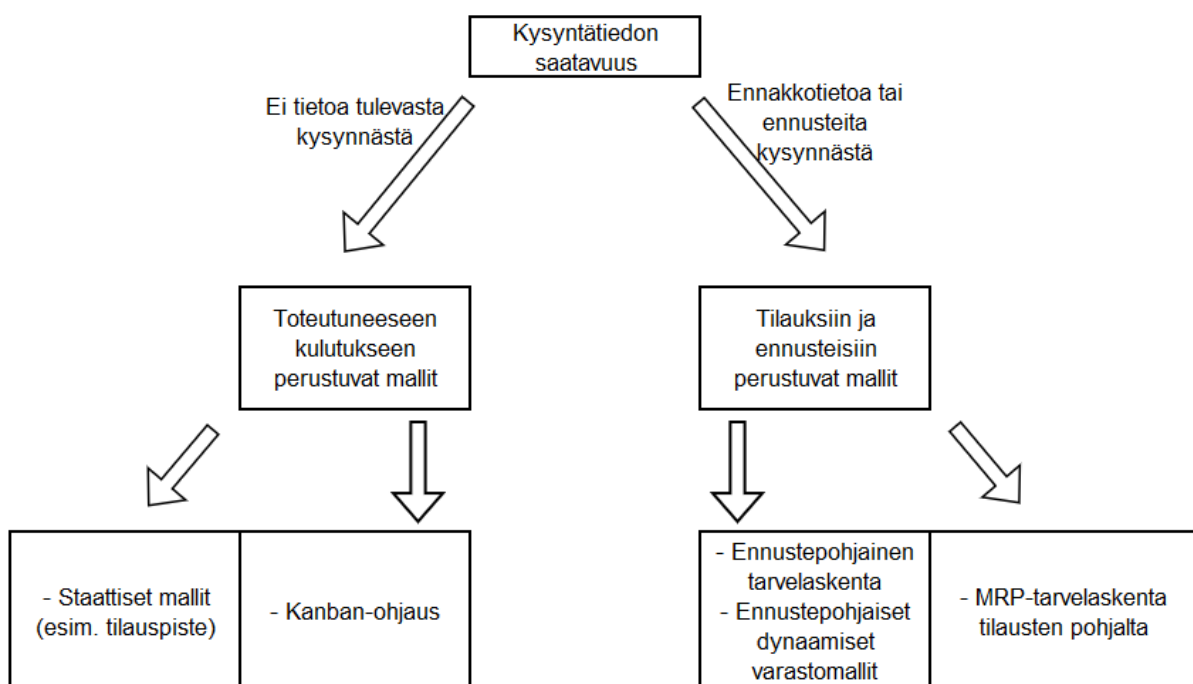
varastotasoja kuin yksittäisessä hajautetussa varastossa, joka puolestaan parantaa palvelutasoa. Lisäksi varastojen hallinta on helpompaa, mitä vähemmän varastoja on. Toisaalta keskitetystä varastosta nimikkeiden toimittaminen asiakkaalle on hitaampaa, sillä toimitusajat voivat olla hyvinkin pitkiä. Lisäksi pitkien välimatkojen takia voivat kuljetuskustannukset olla huomattavasti kalliimmat. Kiiretoimituksissa lentorahti voi olla hyvin kallis vaihtoehto ja maksaa jopa enemmän, kuin itse toimitettava nimike.

3 VARASTONOHJAUSMENETELMIÄ

Tässä kappaleessa perehdytään erilaisiin varastonohjausmenetelmiin, jotka voidaan luokitella kysyntätiedon saatavuuden mukaan. Lisäksi tilauspistemenetelmään ja sen variaatioihin syvennytään hieman tarkemmin.

3.1 Varastonohjausmenetelmien jaottelu

Varastonohjausmenetelmiä voidaan kategorisoida muun muassa kysyntätiedon saatavuuden näkökulmasta (Kuva 3). Valtaosassa kirjallisuutta, jossa keskitytään epätasaisen kysynnän tuotteiden varastonohjaamiseen, haetaan ratkaisua erilaisten ennustepohjaisten menetelmien kautta.



Kuva 3 Varastonohjausperiaatteiden luokittelua perustuen kysyntätiedon saatavuuteen. (mukaillen Babai & Dallery 2009)

Ennustemenetelmät

Ennusteita voi hyödyntää kysynnän ennustamiseen, tai koko varastonohjaus voi perustua ennustemenetelmiin. Ennustepohjaisissa ohjausmenetelmissä ennusteita hyödynnetään

varastonohjausarvojen asettamisessa, kun pelkän kysynnän ennustamisessa pyritään mallintamaan tuleva kysyntä mahdollisimman tarkasti ja asettamaan arvot tämän pohjalta.

Kvantitatiiviset ennustemenetelmät voidaan jakaa kahteen kategoriaan: aikasarja- ja kausaalimalleihin. Aikasarjamalleissa pyritään määrittämään malli, joka mallintaa mennyttä kysyntähistoriaa mahdollisimman tarkasti. Kausaalimalleissa puolestaan pyritään etsimään tekijöitä, joista kysyntä riippuu. (Benkachcha, Benhra & El Hassani 2013) Ennusteita voi tehdä myös täysin kvalitatiivisin menetelmin, jolloin ennusteessa tukeudutaan esimerkiksi asiantuntijoiden näkemyksiin ja kokemukseen.

Yksinkertaiset ennustusmenetelmät toimivat sitä paremmin, mitä tasaisempaa ja jatkuvampaa kysyntä on. Tämän vuoksi ryöppyisen kysynnän ennustamiseen on jouduttu kehittämään monimutkaisia matemaattisia malleja, joissa perinteisten ennustemenetelmien periaatteita on jatkokehitetty. Monet näistä kehittyneistä ennustusmenetelmistä eivät ole kytketty suoraan tiettyyn varastonohjausmenetelmään, vaan spesifiin varastonohjausmenetelmään liittyvät ennustusmenetelmät ovat olleet niukasti käsitelty aihe kirjallisuudessa (Nenes, Panagiotidou & Tagaras 2010).

Viimeisen 10 vuoden aikana kuitenkin dynaamisten varastonohjausmallien kehittämiseen ollaan ryhdytty kiinnittämään huomiota. Babai ja Dallery (2009), sekä Babai, Syntetos, Dallery ja Nikolopoulos (2009) ovat tehneet urauurtavaa työtä näiden varastonohjausmallien kehittämiseksi. He kehittivät kiinteän täydennyserän tilauspistemenetelmää (r, Q) siten, että ohjausparametrit lasketaan uudelleen jokaisen tarkastelukauden päätteeksi (Babai et al. 2009). Myös kiinteän tilausvälin menetelmää (T, S) on kehitetty siten, että täydennyseräkoon suuruus määritellään uudelleen kullekin tarkastelukaudelle (Babai & Dallery 2009). Näin saadaan parempia tuloksia kysynnän ollessa ryöppyistä.

Monimutkaisten matemaattisten ennustemenetelmien käyttöönotto on kuitenkin haastavaa yritysten operatiivisessa toiminnassa. Täytyy miettiä, halutaanko ennustaa pelkästään kysyntää, vai halutaanko siirtyä kokonaan dynaamisiin varastonohjausmenetelmiin. Lisäksi näiden käyttöönotto ja ylläpito vaatii kalliin ohjelmiston, joten ohjelmistosta aiheutuvaa kustannusta tulee verrata mahdolliseen säästöön, joka varastoinnin optimoinnilla voitaisiin saavuttaa.

Lisäksi mikäli kysyntäennusteen epävarmuus on suuri, on yrityksen kannattavampaa käyttää staattisia varastonohjausmenetelmiä (Babai & Dallery 2009).

Staattiset menetelmät

Staattisissa varastonohjausmenetelmissä on kaksi suuntausta, tilauspiste-, sekä tilausvälimenetelmät (Taulukko 1). Tilauspistemenetelmät perustuvat varastotason jatkuvaan tarkasteluun, kun tilausvälimenetelmissä puolestaan varastotasoa tutkitaan vain tietyn väliajoin.

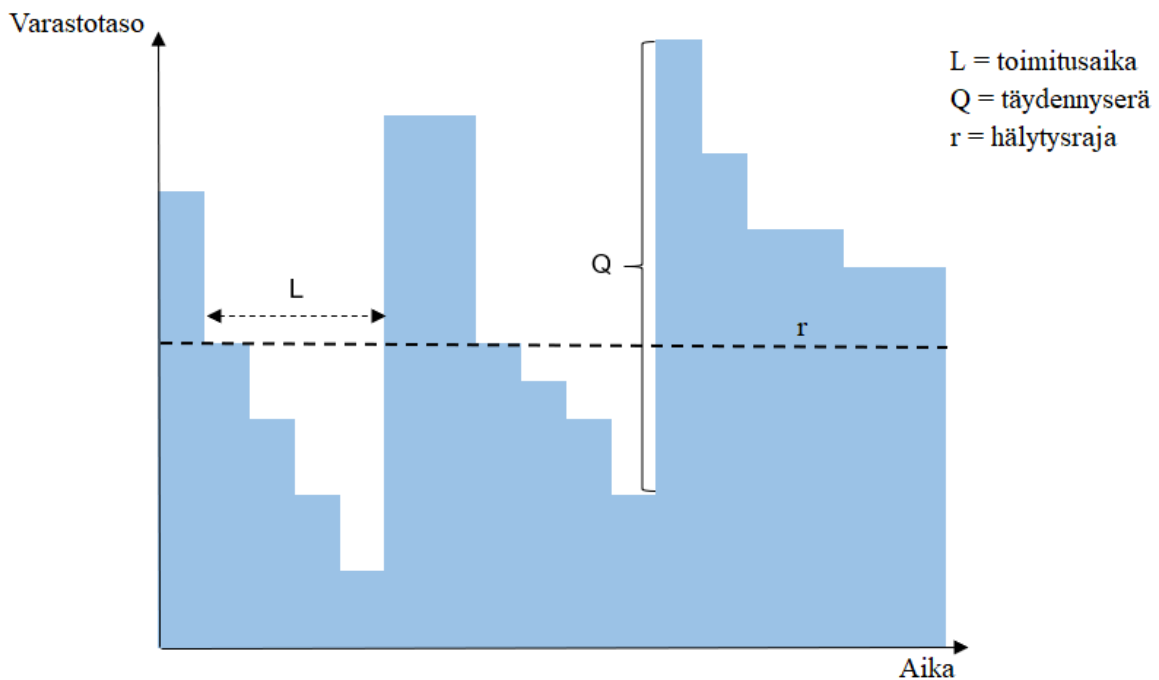
Taulukko 1 Staattisten varastonohjausmenetelmien jaottelu

Tilauspistemenetelmiä	Tilauvälimenetelmiä
<ul style="list-style-type: none"> Täydennys tilauspisteessä (r) vakiokokoisella täydennyserällä (Q) (r, Q-menetelmä) Täydennys tilauspisteessä (r) määrättyyn täyttötasoon (S) (r, S-menetelmä) Täydennys täyttötasoon (S) jokaisesta kulutuksesta (S-1, S-menetelmä) Usean nimikkeen yhteistäydennys – kolmirajamenetelmä (r, c, S-menetelmä) (c on varsinaista tilauspistettä korkeampi raja, jonka alla olevat nimikkeet otetaan mukaan yhteistilauksiin) 	<ul style="list-style-type: none"> Täydennys määrävälein (T) havaitusta saldosta täyttötasoon (S) (T, S-menetelmä) Ehdollinen täydennys määrävälein havaitusta saldosta täyttötasoon, jos lisäksi vaadittu tilauspiste on alittunut (T, r, S-menetelmä)

Epätasaisen kysynnän tapauksessa tilausvälimenetelmiä ei ole kannattavaa hyödyntää, sillä varastotasoa ei tarkastella jatkuvasti. Kysyntäpiikin sattuessa tarkastelukauden (T) alkuun voi varasto tyhjentyä, ja tämä johtaa pitkiin puutetilanteisiin.

3.2 Tilauspistemenetelmä

Tilauspistemenetelmässä (r , Q) kiinteä täydennyserä (Q) tilataan, kun varastotaso laskee hälytysrajan (r) alapuolelle (Kuva 4). Täydennyserä saapuu toimitusaian (L) kuluttua. (Babai & Dallery 2009)



Kuva 4 Tilauspistemenetelmä (r , Q) (mukaillen Logistiikan maailma 2011, s. 88)

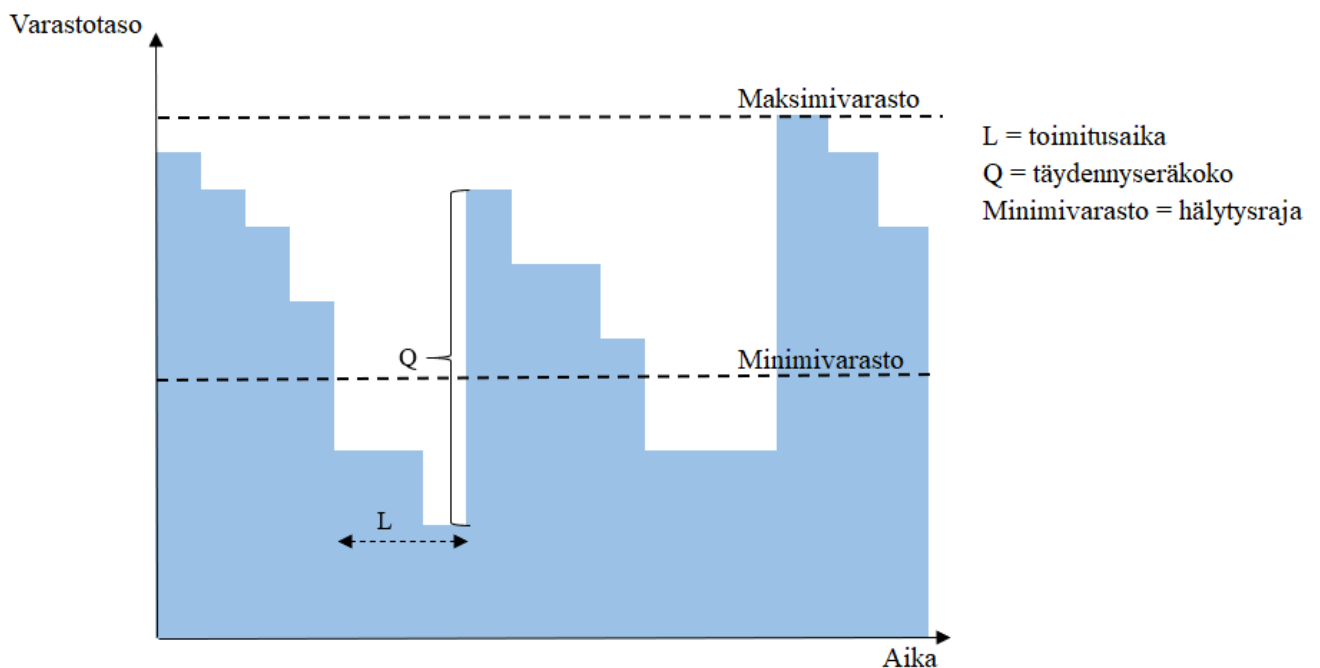
Kiinteän täydennyserän tilauspistemenetelmässä (r , Q) on kuitenkin omat heikkoutensa epätasaisen kysynnän tapauksessa. Razi (1999) toteaaakin epätasaisen kysynnän tilanteessa tilauspistemenetelmän toimivan parhaiten nopeasti kiertäville nimikkeille. Williams (1982) täsmentää kahdella syyllä, mitä ongelmia tilauspistejärjestelmä (r , Q) aiheuttaa hitaasti kiertävien nimikkeiden osalta:

1. Tehtäessä varaston täydennys, varastotaso ei ole tilauspisteen (r) suuruinen, vaan jonkun verran tilauspisteen alapuolella. Tämä tapahtuu siksi, että asiakkaan kulutuserä vie varastotason hälytysrajan yläpuolelta sen alle.
2. Varaston loppuminen täydennysaikana ei aiheudu portaittaisesta kysynnästä, vaan kysyntä on joko suuri piikki tai ei yhtään kappaletta.

Tilauspistemenetelmistä (S, S-1)-malli puolestaan soveltuu vain hyvin harvoille nimikkeille, sillä varastontäydennys täytyisi tehdä heti jokaisen varastosta oton yhteydessä.

3.3 Min-max-menetelmä

Min-max-menetelmässä varastolle on määritelty minimi- ja maksimitaso, joiden mukaan varaston täydennyksiä asetetaan (Kuva 5). Minimivarasto toimii tilauspisteenä, ja maksimivarasto on taso, johon varasto pyritään täydentämään (Logistiikan maailma 2011, s. 88). Jos täydennysajan todellinen kysyntä on suurempaa kuin odotettu kysyntä, ei varasto täydenny maksimitasoon asti. Täydennyseräkkö voidaan laskea vähentämällä maksimivarastosta tarkasteluhetken varastotaso ja saapumatta olevat tilaukset (Sakki 2009, s. 125).



Kuva 5 Min-max-menetelmä (mukaillen Pirttilä, 2018)

4 NIMIKKEIDEN KATEGORISOINTI

Varastonohjaus tulee toteuttaa mahdollisimman yksinkertaisesti ja tehokkaasti, sillä nimikkeiden tehokas hallinta vaikuttaa kustannustehokkuuteen. Yrityksillä on yleensä käytettävissä rajallisesti resursseja varastonohjukseen, jonka takia on suotavaa luokitella nimikkeet ja käyttää resursseja eri nimikkeisiin sen perusteella, kuinka tärkeitä ne ovat yritykselle. (Logistiikan Maailma 2019d) Tämän vuoksi varastonhallinnan tueksi on kehitetty useita kategorisointimenetelmiä, jotka ovat informatiivisia varastonhallintapäätöksiä tehtäessä. Tässä kappaleessa esitellään muutamia tunnettuja menetelmiä.

4.1 ABC-analyysi

Yksi tunnetuimmista kategorisointimenetelmistä on ABC-analyysi, joka perustuu italialaisen ekonomistin Vilfredo Pareton (1848–1923) havaitsemaan 80/20-periaatteeseen. Periaatteen mukaan 80 % esiintymistä aiheutuu 20 % aiheuttajista. (Erridge 2006) ABC-analyysissä nimikkeet luokitellaan tarpeen mukaan esimerkiksi euro- tai kappalemääräisen myyntimäärään, myyntikatteen tai asiakasmäärän perusteella kolmeen kategoriaan. Pareto-periaatteen mukaan A-luokkaan kuuluvat nimikkeet muodostavat 80 % myyntivolyymista ja ovat 20 % koko nimikemäärästä. Puolestaan C-luokan nimikkeisiin kuuluu valtaosa nimikkeistä, mutta ovat myyntivolyymiltaan pieniä. (Logistiikan maailma 2019d) ABC-analyysi on hyvin laajasti käytetty sen helppokäyttöisyyden ansiosta, sekä siitä on myös tehty lukuisia muunnoksia eri käyttötarkoituksiin.

4.2 XYZ-analyysi

Yksi ABC-analyysin muunnoksista on XYZ-analyysi, jossa tarkastellaan kysynnän luonnetta. Analyysin voi tehdä esimerkiksi kysynnän frekvenssin mukaan, eli kuinka monta kulutuskertaa nimikkeellä on tietyllä ajanjaksolla. Jaottelu voidaan tehdä myös kulutuserien koon vaihtelun mukaan, jota voidaan mitata variaatiokerroimen avulla. Variaatiokerroin voidaan laskea jakamalla erän kulutuksen standardipoikkeama keskimääräisellä kulutuksella. Tällöin eri

kategorioiden voidaan sanoa jakautuvan seuraavasti (Scholz-Reiter, Heger, Meinecke & Bergmann 2012):

X: tasaisen kysynnän tuotteita, joissa kysynnän vaihtelut enimmäkseen harvinaisia

Y: kulutuksessa voimakkaita vaihteluita, yleensä trendi- tai kausiluonteista

Z: täysin epäsäännöllinen kulutus

Usein pelkän kysynnän vaihtelevuus ei riitä tarkastelun kohteeksi, vaan usein XYZ-analyysi yhdistetään ABC-analyysin kanssa kaksidimensionaaliseksi 3x3-taulukoksi. Tällöin otetaan huomioon niin kysynnän vaihtelu kuin myyntimäärä tai -arvo.

4.3 FSN-analyysi

Varaosaliiketoiminnassa joitain nimikkeitä tarvitaan usein, kun taas toisia materiaaleja tarvitaan huomattavasti harvemmin. Joistain voi tulla vanhentuneita nimikkeitä, joilla ei ole ollut kysyntää vuosiin. FSN-analyysissä kootaan nimikkeet kolmeen kategoriaan: nopeasti liikkuviin (fast-moving), hitaasti liikkuviin (slow-moving) ja ei ollenkaan liikkuviin (non-moving) nimikkeisiin (Mitra, Reddy & Prince 2015). Jaottelu tapahtuu keskimääräisen varastossaoloajan ja kappalemääräisen kysynnän perusteella.

Analyysiä varten tulee laskea kullekin nimikkeelle keskimääräinen varastossaoloaika ja kulutus oheisten kaavojen mukaisesti:

$$\text{keskimääräinen varastossaoloaika} = \frac{\text{kumulatiivinen varastotaso}}{\text{vastaanotettujen kappaleiden yhteismäärä} + \text{alkuvarasto}}$$

$$\text{keskimääräinen kulutus} = \frac{\text{kulutus yhteensä}}{\text{tarkastelujakson pituus}}$$

Kun jokaiselle nimikkeelle on laskettu edellä mainitut arvot, järjestellään nimikkeet laskevaan järjestykseen molempien arvojen mukaisesti. Ensimmäisenä on nimike, jolla keskimääräinen varastossaoloaika on lyhyin. Toisessa järjestyksessä ensimmäisenä on nimike, jolla

keskimääräinen kulutus tarkastelukaudella on suurin. Tämän jälkeen nimikkeille lasketaan kumulatiivinen keskimääräinen varastossaoloaika ja kumulatiivinen keskimääräinen kulutus tarkastelukaudella alla olevien kaavojen mukaisesti:

kumulatiivinen keskimääräinen varastossaoloaika =
nimikkeen keskimääräinen varastossaoloaika +
kesk. varastossaoloajat nimikkeillä, joilla varastossaoloaika pidempi

kumulatiivinen keskimääräinen kulutus = nimikkeen keskimääräinen kulutus +
keskimääräiset kulutukset nimikkeillä, joilla suurempi kulutus

Seuraavaksi lasketaan jokaiselle nimikkeelle prosentuaaliset osuudet kokonaisvarastossaoloajasta ja kulutuksesta alla olevien kaavojen mukaisesti:

$$\text{Keskimääräinen varastossaolo} - \% = \frac{\text{nimikkeen kumulatiivinen varastossaolo}}{\text{kumulatiivinen varastossaolo kaikilla nimikkeillä}} \times 100$$

$$\text{Keskimääräinen kulutus} - \% = \frac{\text{nimikkeen kumulatiivinen keskikulutus}}{\text{kumulatiivinen keskikulutus kaikilla nimikkeillä}} \times 100$$

Kumulatiivisten prosentiosuuksien jälkeen luokitellaan nimikkeet kolmeen kategoriaan kummankin prosentin mukaisesti. Eri kategorioiden rajat tulee määrittää tapauskohtaisesti. Esimerkiksi rajat voidaan määrittää siten, että alle 10 % kumulatiivisesta varastotasosta omaavat nimikkeet ovat nopeasti liikkuvia, seuraavat 20 % ovat hitaasti liikkuvia ja loput 70 % kumulatiivisesta varastotasosta omaavat nimikkeet ovat ei-liikkuvia nimikkeitä. Sama jaottelu tehdään kulutuksen mukaan. Rajat voidaan määrittään esimerkiksi siten, että nopeasti liikkuvia nimikkeitä ovat ne, joilla keskimääräinen kulutus on 70 % kumulatiivisesta kulutuksesta. Hitaasti liikkuvilla nimikkeillä kumulatiivinen keskimääräinen kulutus on seuraavat 20 % ja ei-liikkuvilla nimikkeillä loput 10 %. (Unleashed 2019)

Analyysia voidaan hyödyntää muun muassa nimikkeiden sijoittamiseen varastossa. Nopeasti liikkuvat nimikkeet kannattaa asettaa paikkaan, josta ne ovat helposti saatavilla. Vastaavasti hitaasti kiertävät nimikkeet voidaan asettaa vähemmän keskeiselle sijainnille. Lisäksi hitaasti kiertävien nimikkeiden kohdalla on suotavaa tarkastella ohjausarvoja ja harkita niiden

muuttamista, jotta kierto varastossa nopeutuisi. (Unleashed 2019) Samoin analyysin avulla voidaan tunnistaa nimikkeet, jotka eivät liiku ollenkaan varastosta. Näiden nimikkeiden kohdalla kannattaa selvittää, olisiko mahdollista poistaa nimikkeet kokonaan varastosta, sillä ne aiheuttavat varastonpitokustannuksia, mutta kysyntää ei ole.

4.4 VED-analyysi

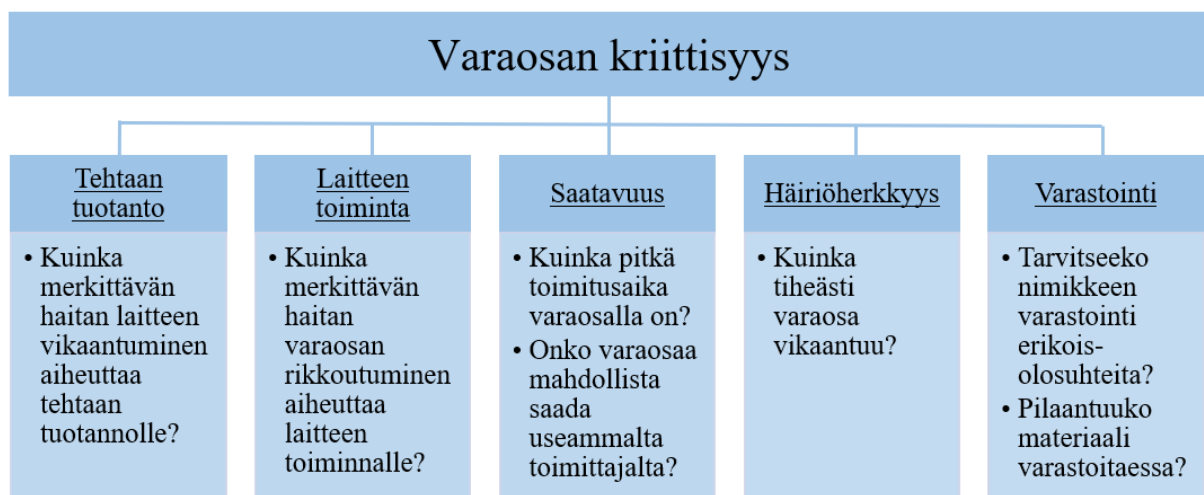
Luomalla varastonohjausarvot pelkästään kysynnän perusteella, voi harvoin rikkoutuva, laitteen toiminnalle kuitenkin kriittinen varaosa jäädä varastoimatta. Tästä syystä varaosien varastonohjausarvoja määrittäessä on oleellista ottaa huomioon nimikkeen kriittisyys. Tähän työkalu on VED-analyysi, jossa nimikkeet jaotellaan niiden tärkeysjärjestyksen mukaan kolmeen kategoriaan, välttämättömiin (vital), keskeisiin (essential) ja suotaviin (desirable) nimikkeisiin (Stoll, Kopf, Schneider & Lanza 2015).

VED-analyysi voidaan luoda useista kriteereistä, jotka voivat perustua asiantuntijoiden mielipiteisiin tai dataan. Kirjallisuudessa on hyödynnetty laajasti niin määrällisiä kuin laadullisiakin kriittisyyskriteereitä, joista usein molempia hyödynnetään yhtä aikaa. Muun muassa Gelders ja Van Looy (1978) hyödyntävät varaosien varastonohjausarvojen määrittämisessä laitteen häiriöalttiutta, toimitusaikaa, toimittajien toimitusvarmuutta ja nimikkeen kriittisyyttä laitteelle. Bošnjaković (2010) hyödyntää omassa kriittisyysanalyysissään myös neljää kriteeriä: kriittisyyttä tehtaan tuotannossa, toimituksessa, turvallisuudessa ja varastoinnissa.

Tuotantoon liittyvät kriteerit ovat kriittisyyskriteereistä tärkeimmät. Varaosan kriittisyys tulee ensisijaisesti määrittää sen mukaan, kuinka tärkeä laite on tuotantoprosessille, jossa varaosaa käytetään (Kuva 6). Samoin on suositeltavaa ottaa huomioon varaosan kriittisyys laitteen toiminnan kannalta; aiheuttaako osan rikkoutuminen laitteen toimimattomuuden vai onko sillä ollenkaan suurta vaikutusta laitteen käytettävyyteen. (Bošnjaković 2010)

VED-analyysiä tehtäessä olisi hyvä tarkastella ainakin saatavuuteen liittyvää kriittisyyttä tuotantoon liittyvän kriittisyyden lisäksi. Mitä pidempi toimitusaika nimikkeellä on, sitä kriittisempi nimike. Samoin saatavuudessa kannattaa tarkastella sitä, kuinka monelta

toimittajalta kyseisen nimikkeen voi ostaa. Mikäli tietyllä nimikkeellä on vain yksi toimittaja, on sen saatavuus kriittisempää kuin useasta paikasta ostettavissa oleva nimike. Jos kriittisyyttä halutaan täsmentää vielä tarkemmin, voidaan tarkastella esimerkiksi laitteen häiriöherkkyyttä tai varastoinnin kriittisyyttä. Varastoinnin kriittisyydellä tarkoitetaan esimerkiksi sitä, voiko nimike pilaantua varastossa tai tarvitseeko nimikkeen varastointi erityisolosuhteita, kuten tietyn lämpötilan. Esimerkiksi haurastuvia kumiosia ei ole suotavaa varastoida yli tarpeen, sillä varastossa ollessa nimikkeistä voi tulla myyntikelvottomia tietyn ajan kuluttua. Kriittisyyskriteerejä valittaessa tulee kuitenkin miettiä, mitkä kriteereistä vaikuttavat varastointipäätökseen. Esimerkiksi pitkän toimitusajan nimikkeitä on suotavaa varastoida enemmän kuin lyhyen toimitusajan nimikkeitä, mutta esimerkiksi nimikkeen asennettavuudella ei ole suoraa merkitystä varastointipäätökseen.



Kuva 6 Varaosan varastointitarpeeseen vaikuttavia kriittisyyskriteereitä

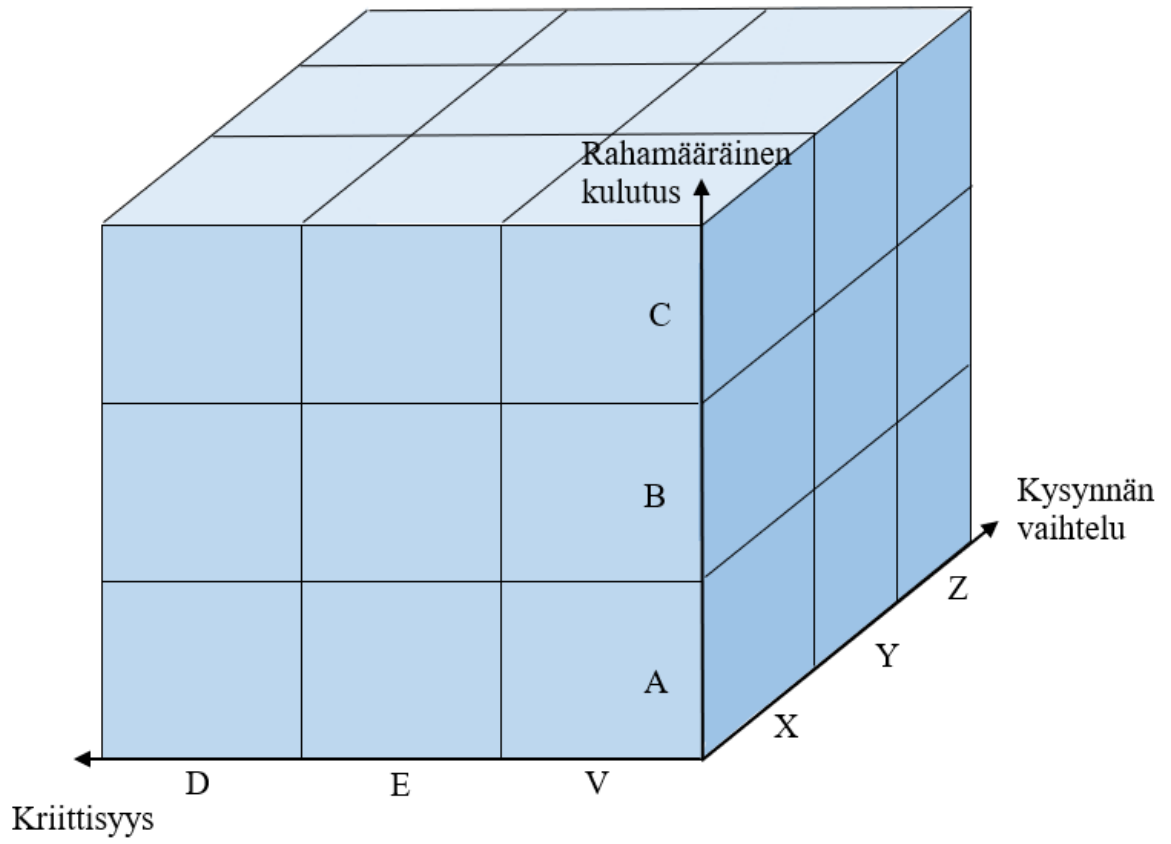
Useamman kriteerin huomioonottaminen antaa kokonaisvaltaisemman kuvan nimikkeen kriittisyydestä, mutta samalla vaikeuttaa kategorisointiprosessia. Ng (2007) toteaaakin työkalun hyödyntäminen vaikeutuvan, kun kriteerejä on kolme tai useampi. Koska VED-analyysissä voidaan ottaa huomioon useita kriteereitä, on koettu haastavaksi, kuinka useiden eri luokitteluiden kautta saadaan yksi lopullinen kriittisyysluokittelu. Kirjallisuudessa kyseiseen ongelmaan on haettu ratkaisua monin keinoin. Esimerkiksi analyyttisen hierarkiaproessin (AHP) liittämistä VED-analyysin tueksi on hyödynnetty useilla eri toimialoilla (Braglia, Grassi & Montari 2004; Molenaers, Baets & Waeyenbergh 2012; Gajpal, Ganesh & Rajendran 1994). Analyyttisessä hierarkiaprosessissa aluksi kriteerit asetetaan tärkeysjärjestykseen

hierarkiamuotoon, jonka jälkeen annetaan kullekin kriteerille painoarvot. Tämän jälkeen vertaillaan kriteerejä pareittain, jonka jälkeen lasketaan tulokset (Partovi & Hopton 1994). Stoll et al. (2015) puolestaan yhdistää päätöspuun menetelmää analyttisessä hierarkiaprosessissa määritellesään eri varaosien kriittisyyttä useilla kriteereillä. Myös haastavampia menetelmiä monikriteeristen kategorisointien tueksi on ehdotettu. Monimutkaisia metaheurestisia analysointityökaluja, kuten geneettistä algoritmia (GA) (Güvenir & Erel 1998) ja keinotekoisia neuroverkkoja (ANN) (Partovi & Anandarajan 2002) on hyödynnetty ongelman ratkaisemisessa.

4.5 Monidimensionaaliset analysointityökalut

Useista kategorisointimenetelmistä huomataan luokitteluperusteita varaosille olevan monia. Kuitenkin yhdellä nimikkeellä voi olla useita ominaisuuksia, jotka vaikuttavat varastointipäätökseen. Esimerkiksi nimikkeen kysyntä voi olla euromääräisesti alhaisimmassa C-luokassa, mutta nimikkeen kriittisyys onkin korkea V-luokkaa. Yksikriteeristen analyysien pohjalta onkin epäsuotavaa luoda ohjausperiaatteita, sillä ne eivät anna kokonaisvaltaista kuvaa nimikkeen todellisesta tarpeesta. Tämän vuoksi useampi analysointityökalu kannattaa yhdistää, jolloin voidaan tutkia useampaa kriteeriä samanaikaisesti ja luoda spesifisempiä ohjaussääntöjä eri luokkien nimikkeille.

Stoll et al. (2015) hyödyntää kolmedimensionaalista analysointityökalua, jossa hän yhdistää ABC-, XYZ- ja VED-analyysin. Näin voidaan perehtyä yhtäaikaisesti kysynnän euromääräiseen volyyymiin, kysynnän luonteeseen ja nimikkeiden kriittisyyksiin. Ensimmäiseksi nimikkeet luokitellaan kunkin kolmen kriteerin mukaisesti omiin kategorioihin, jonka jälkeen tulokset kasataan yhteen kolmedimensionaaliseksi työkaluksi (Kuva 7). Näin kartoitetaan mitä nimikkeitä kannattaa varastoida keskusvarastossa, mitkä nimikkeet kannattaa varastoida hajautetusti koneen luona tehtaalla ja mitä nimikkeitä ei ole järkevää varastoida ollenkaan. Varastointistrategian lisäksi Stoll et al. (2015) määrittä työkalun avulla, mille nimikkeille hyödynnetään optimaalista täydennyserää ja mille nimikkeille pidetään varmuusvarastoa.



Kuva 7 ABC-XYZ-VED-analyysi yhdistettynä

5 VARASTOINNIN NYKYTILAN ANALYSOINTI KOHDEYRITYKSESSÄ

Tässä luvussa esitellään case-tutkimuksen kohdeyritys, sekä perehdytään varastoinnin nykytilaan. Tämän jälkeen hyödynnetään aiemmin teoriassa esiteltyjä kategorisointimenetelmiä, joiden avulla määritetään varastossa säilytettävät nimikkeet, ohjausmenetelmät sekä säännöt varastonohjausarvojen asettamiseksi.

5.1 Kohdeyrityksen esittely

ANDRITZ Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palveluiden toimittajista. Tuotealueina ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Yritys toimittaa myös biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energian tuotantoon. Lisäksi yrityksen kasvava liiketoiminta-alue on suunniteltujen ja teknisesti edistyneiden vara- ja kulutusosien toimittaminen. (ANDRITZ 2019b)

Suomalainen ANDRITZ Oy on osa ANDRITZ-konsernia, jonka päätoimipiste on Itävallan Grazissa. Konsernin emoyhtiö on itävaltalainen ANDRITZ AG. Konsernin alaisuudessa toimitetaan laitoksia, laitteita ja palveluita vesivoimateollisuudelle, sellu- ja paperiteollisuudelle, metalli- ja terästeollisuudelle, sekä kunnallisiin ja teollisiin erotusteknologiaratkaisuihin, sekä eläinrehun ja biomassapellettien tuotantoon. Liiketoimintasegmentteinä ovat myös automaatio, energiantuotanto ja ympäristöteknologia. ANDRITZ-konserni tarjoaa myös laitteita kuitukankaiden ja liukosellun tuotantoon, sekä kuitulevytuotanto- ja kierrätyslaitoksia. (ANDRITZ 2019a)

ANDRITZ Oy:n tilikauden 2017 liikevaihto oli 497 miljoonaa euroa (Kauppalehti 2019). Koko konsernin liikevaihto tilikaudella 2018 oli 6 032 miljoonaa euroa (ANDRITZ 2019a). Suomessa ANDRITZ-yhtiöt työllistävät noin 1300 henkilöä (ANDRITZ 2019b) ja globaalisti yli 29 000 ihmistä yli 40 maassa (ANDRITZ 2019a).

Kandidaatintyö tehdään ANDRITZ Oy:n service-liiketoimintaan keskittyneeseen divisioonaan. Divisioona tarjoaa muun muassa asiakkaiden laitteiden tai laitekokonaisuuksien kunnostuksia,

päivityksiä, modernisointeja, sekä asiantuntijapalveluita ja tarkastuksia. Lisäksi yhtenä osa-alueena on vara- ja kulutusosien tarjoaminen asiakkaille.

5.2 Varastonohjauksen nykytila

Kyseisen divisioonan tuoteryhmällä on käytössä yhteensä kuusi varastoa, joista yksi toimii projektivarastona. Kyseisen varaston nimikkeet ostetaan tilausohjautuvasti ennalta määräytyille asiakasprojekteille, joten nimikkeitä ei ole tarkoitus säilyttää varastossa kuin väliaikaisesti. Viidestä varsinaisesta varastosta case-tutkimuksessa keskitytään ainoastaan yhteen varastoon, joka on nimikemäärältään ja sitoutuneen pääoman mukaan suurin. Kyseiseen varastoon ostetaan pääasiassa vara- ja kulutusosia, joita toimitetaan asiakkaiden yllättäviin tarpeisiin. Lisäksi varastossa säilytetään nimikkeitä, joita täytyy muokata asiakasspesifeiksi tai joita pystyy ostamaan vain kiinteinä täydennyserinä. Ei-huollettavien vara- ja kulutusosien lisäksi varastossa on yksittäisiä kokonaisia laitteita.

Yrityksellä on käytössään toiminnanohjausjärjestelmä, josta voi seurata muun muassa varastotasoa ja kysyntähistoriaa. Järjestelmään on asetettu usealle nimikkeelle hälytysraja ja täydennyseräkoko useita vuosia sitten, mutta näitä rajoja ei ole tarkastettu sen jälkeen. Lisäksi ohjausarvot ovat määritetty arvion perusteella, eikä tähän ole ollut käytössä systemaattista menetelmää.

Varaston täydennykset tehdään toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Järjestelmä antaa ilmoituksen, kun varastotaso alkaa lähestyä hälytysrajaa, sekä erilaisen ilmoituksen, kun hälytysraja on alitettu. Tämän jälkeen tehdään ostotilaus manuaalisesti. Järjestelmä antaa ehdotuksen täydennyseräkoolle, mutta usein ostokehottuksen tai -tilauksen tekijä päättää itse tapauskohtaisesti täydennyseräköön. Osan nimikkeiden kohdalla puolestaan kiinteää täydennyserää noudatetaan täsmällisesti, vaikka kulutustapahtumia esiintyy harvoin ja kulutuseräkoissa suurta vaihtelua. Tällöin hälytysrajan vähänkin alittuessa, tilataan suhteellisen suuri täydennyserä. Tämä on johtanut usean nimikkeen kohdalla huomattavan korkeisiin varastotasoihin, jotka harvoin tapahtuvien kulutustapahtumien takia ovat vaikea saada laskettua.

Varastoon kuuluvia nimikkeitä säilytetään pääasiassa yhdessä päärakennuksessa. Kuitenkin eräiden nimikkeiden suuren koon ja varastointitilan puutteen vuoksi, säilytetään osaa nimikkeistä myös kolmessa muussa rakennuksessa. Lisäksi ulko-olosuhteita kestäviä nimikkeitä säilytetään ulkona järjestellyissä katoksissa, sekä joitakin hitaasti kiertäviä nimikkeitä säilytetään muuallakin ulkoalueella.

Varastossa on paljon eri nimikkeitä ja osa on ollut siellä useita vuosia. Usealla varaosia tarvitsevalla henkilöllä ei ole välttämättä tietoa, mitä kaikkea varastossa säilytetään, eivätkä siksi varmista nimikkeen saatavuutta varastosta, kun tarvitsisivat nimikettä. Tämä on johtanut joitakin kertoja siihen, että projektille ostetaan nimike, vaikka nimike olisi saatavilla myös varastosta. Oletettavasti nimikkeiden unohtamista lisää nimikkeiden säilyttäminen useassa varastossa, sillä kokonaiskuvan hahmottaminen varaston nimikkeistä on näin hankalampaa.

Nimikkeiden organisoidun varastoinnin helpottamiseksi suurimmalla osalla nimikkeistä on asetettu omat hyllypaikat päävarastorakennuksessa. Tämä tieto on laitettu toiminnanohjausjärjestelmään, joka helpottaa nimikkeiden paikantamista ja inventaarion tekemistä. Osalle nimikkeistä, jotka eivät ole päävarastossa, on kirjattu varastorakennus toiminnanohjausjärjestelmään. Pääsääntöisesti nimikkeille on merkattu toiminnanohjausjärjestelmään varastointipaikka, mutta ongelmana ovat hitaasti tai ei ollenkaan kiertävät nimikkeet, joita on siirrelty varastosta toiseen vuosien aikana. Tällaisille nimikkeille ei ole merkattu hyllypaikkaa tai varastoa toiminnanohjausjärjestelmään, tai tieto ei ole ajan tasalla.

Varasto inventoidaan kaksi kertaa vuodessa, puolen vuoden välein. Tällöin lasketaan, montako kutakin nimikettä on hyllyssä ja täsmäkö tieto toiminnanohjausjärjestelmässä olevaan tietoon. Työn aikana osallistuttiin yhteen varastoinventaarioon, jossa huomattiin, ettei kaikkia kysynnättömiä nimikkeitä laskettu inventaariossa.

5.3 Poistettavien nimikkeiden kartoittaminen

Ensimmäiseksi kartoitettiin nimikkeet, joiden säilyttäminen varastonimikkeenä ei olisi järkevää. Poistettavia nimikkeitä kartoitettiin aiemmin tehtyjen alaskirjausvarausten

perusteella. Alaskirjausvaraus on kirjanpitoa varten tehtävä toimenpide, jolla ennakoidaan nimikkeen mahdollista tulevaa arvonalenemista. Yritys kirjaa tietyn prosentuaalisen osuuden alaskirjausvarausta nimikkeen varastoarvosta, mikäli nimikettä ei ole ostettu tai käytetty varastosta tietyn ajan sisällä. Alaskirjausvarausten perusteella saatiin tietää nimikkeet, joilla ei ole ollut kysyntää useaan vuoteen. Toiminnanohjausjärjestelmästä tarkastettiin, kuinka kauan kyseiset nimikkeet ovat olleen liikkumatta.

Varastosta poistettavien nimikkeiden käsittelyä varten luotiin oma prosessi (Liite 1). Alaskirjausvarauksen saaneet nimikkeet asetettiin taulukkoon, joka toimitettiin asiantuntijoille. He saivat kommentoida, halutaanko nimike säilytettävän vai halutaanko nimike poistaa varastosta. Mikäli nimike haluttiin säilyttää varastointinimikkeenä, kommentoitiin myös syy varastointihalukkuudelle, esimerkiksi nimikettä voidaan ostaa vain kiinteinä täydennyserinä. Jos nimike haluttiin poistaa varastosta, tuli asiantuntijan kommentoida, tuliko nimike romuttaa tai vai laitetaanko nimike aktiiviseen myyntiin.

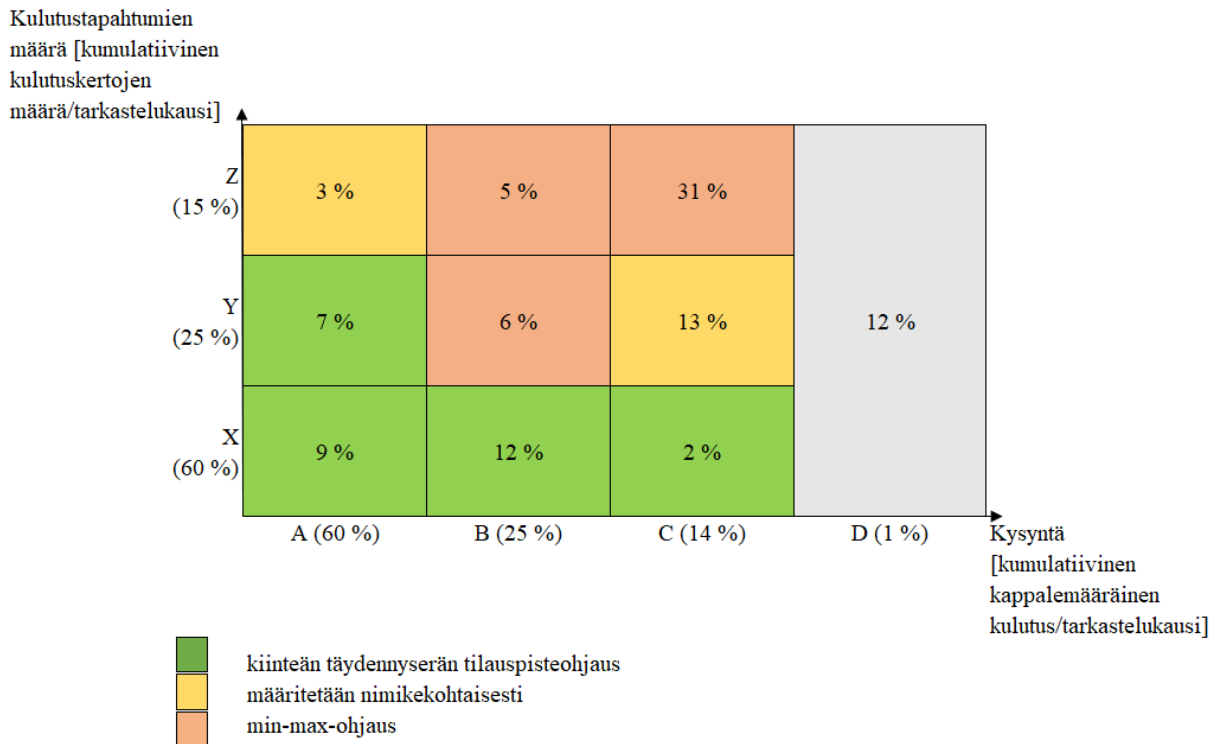
Kun listan kaikkien nimikkeiden varastointipäätös oltiin tehty, asetettiin nimikkeet kolmeen kategoriaan; myytäviin, romutettaviin ja varastoon jätettäviin nimikkeisiin. Laadunvarmistaja vielä tarkasti myytävien nimikkeiden olevan varmasti myyntikuntoisia. Romutettavat nimikkeet varastomies kerää pois varastosta ja varastohankinnoista vastaava henkilö on vastuussa nimikkeiden päätymisestä romutukseen.

Osa romutettavista nimikkeistä olivat sellaisia, että ne olivat olleet varastossa yli vuosikymmenen. Koska varastoinventaarion yhteydessä tällaisia yksittäisiä harvakysyntäisiä nimikkeitä ei tarkasteta, ei muutamista kyseisistä nimikkeistä ollut näköhavaintoa useisiin vuosiin. Lisäksi nimikkeille ei oltu asetettu varastopaikkaa toiminnanohjausjärjestelmään tai tieto ei ollut ajan tasalla, jonka vuoksi kyseisiä nimikkeitä täytyi etsiä useasta varastosta. Etsinnöistä huolimatta kaikkia toiminnanohjausjärjestelmän mukaan varastossa olevia nimikkeitä ei löytynyt. Lisäksi nimikkeitä etsiessä kävi ilmi toinen ongelma. Vuosien saatossa projekteilta on jäänyt ylimääräiseksi tai palautunut erinäisistä syistä laitteita tai osia. Nämä osat ovat laitettu varastoon, eikä niitä ole kirjattu toiminnanohjausjärjestelmään. Näiden osien alkuperän tunnistaminen oli hyvin haastavaa ja vaati usean asiantuntijan kommentin tunnistamista varten.

5.4 Varastonohjausmenetelmän määrittäminen

Varastosta poistettavien nimikkeiden selvittämisen jälkeen päätettiin varastoitavien nimikkeiden varastonohjausmenetelmä. Ohjausmenetelmän valitsemisessa hyödynnettiin toiminnanohjausjärjestelmästä saatua dataa, jota analysoitiin hyödyntämällä kaksidimensionaalista ABC-XYZ-analyysiä. Työkalun avulla pystyttiin hahmottamaan kysynnän luonne erilaisilla nimikkeillä. Näin voitiin päättää, mille nimikkeille voidaan hyödyntää tällä hetkellä toiminnanohjausjärjestelmän käyttämää kiinteän täydennyserän tilauspisteohjausta.

ABC-analyysin kriteerinä oli kappalemääräinen kysyntä ja XYZ-analyysissä kriteerinä oli tilauskertojen määrä (Kuva 8). A-nimikkeiden yhteenlaskettu kappalemääräinen kulutus kattaa 60 % yhteenlasketusta kaikkien nimikkeiden kulutuksesta. X-nimikkeet kattavat 60 % kaikista kulutuskerroista, eli kyseisiä nimikkeitä asiakkaat tilaavat usein. ABC-luokittelussa otettiin erilliseksi luokaksi kysyntäkatteoria D, johon kuuluivat nimikkeet, joilla tarkastelukautena oli kysyntää alle 10 kpl. Tällaisia nimikkeiden kysyntä muodosti 1 % kokonaiskulutuksesta. Kunkin luokan prosentuaaliset osuudet kaikista varastoitavista nimikkeistä on esitetty alla olevassa kuvaajassa.



Kuva 8 Varastonohjausmenetelmän valitseminen hyödyntäen ABC-XYZ-analyysiä

Luokkien AX, AY, BX ja CX nimikkeille suositellaan vakiokokoisien täydennyserän tilauspistemethodia. Nimikkeillä on lähes jatkuvaa tai ainakin usein toistuvaa kysyntää, joten vakiokokoinen täydennyserä voi nostaa varastotasoa hetkellisesti korkealle. Kysynnän ollessa lähes jatkuvaa, ei ole pelkoa, että varastotasot jäisivät korkealle pitkäksi aikaa kyseisillä nimikkeillä.

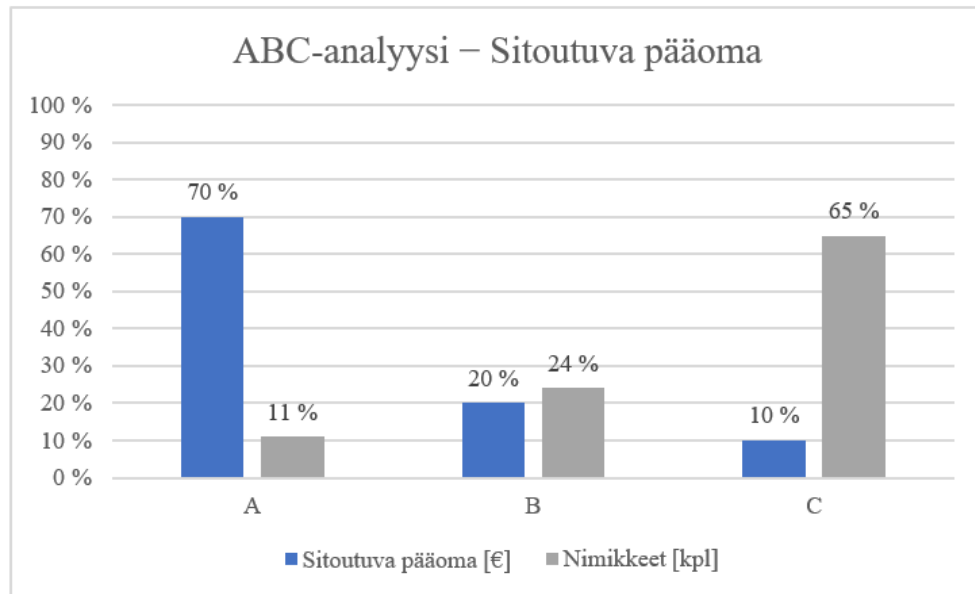
Analyysin yhteydessä tarkasteltiin myös kunkin nimikkeen variaatiokerrointa, joka kertoo kulutuseräkokojen vaihtelevuudesta. Kertoimen avulla huomattiin, että luokkien BY, BZ ja CZ nimikkeillä kulutuserien koko vaihtelee hyvin paljon, mutta asiakastilauksia ilmenee harvoin. Täten kyseisten luokkien nimikkeitä suositellaan ohjaamaan min-max-menetelmällä, jossa varasto täydennetään tiettyyn maksimitasoon. Kulutuseräkokojen ollessa todella vaihtelevat, voi hälytysrajan alittuessa varastotaso olla lähellä hälytysrajaa, tai todella paljon rajan alapuolella. Varastotason ollessa lähellä hälytysrajaa, voi vakiokokoinen täydennyserä kasvattaa varastotason hyvin korkealle. Lisäksi nimikkeiden harvoin esiintyvän kysynnän vuoksi voisi varastotaso olla korkea pitkään. Puolestaan varaston laskiessa hyvin matalalle kysyntäpiikin sattuessa, on mahdollista, ettei vakiokokoinen täydennyserä täydentäisi varastoa

edes hälytysrajaan asti. On lähes mahdotonta luoda vakiokokoista täydennyseräkkoa, joka kysyntäpiikin sattuessa nostattaisi varastotasoa riittävän yli hälytysrajan, mutta samaan aikaan olisi riittävän pieni, jotta täydennystilaus läheltä hälytysrajaa ei nostattaisi varastotasoa hyvin korkealle.

AZ- ja CY-nimikkeillä tarkasteltiin nimikekohtaisesti, kumpi ohjausmenetelmä olisi parempi. Mikäli variaatiokerroin oli suuri, valittiin min-max-menetelmä ja variaatiokertoimen ollessa pieni, valittiin tilauspisteohjaus. Kysyntäluokan D nimikkeille tulisi selvittää, onko näitä kyseisiä nimikkeitä tarvetta säilyttää enää varastointinimikkeinä, vai voiko nimikkeet poistaa varastosta niiden hyvin kertaluontoisen kysynnän vuoksi.

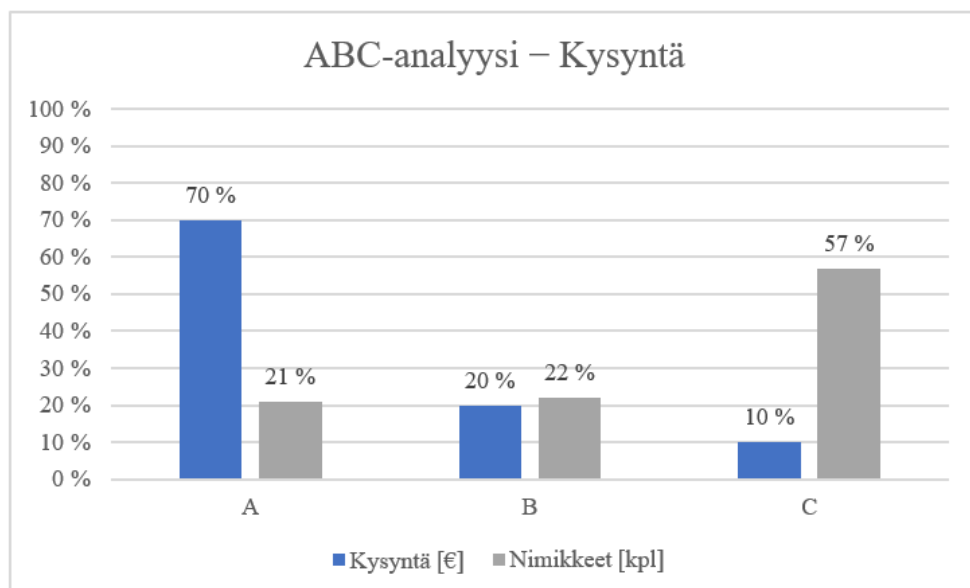
5.5 Varastonohjausarvojen asettamisen periaatteet

Varastonohjasmenetelmän valitsemisen jälkeen luotiin ehdotukset periaatteista varastonohjausohjausarvojen asettamiseksi. Varastoon sitoutuvaa pääomaa analysoitiin ABC-analyysin avulla, jossa tarkasteltiin pelkästään varastoon jätettäviä nimikkeitä (Kuva 9). Analyysissä huomattiin varaston merkittävä jakautuminen. A-nimikkeet sitovat 70 % pääomasta, mutta niihin kuuluu vain 11 % kaikista varastoon jätettävistä nimikkeistä. Merkittävimmin varastoon sitoutuvaa pääomaa saataisiin siis pienennettyä, mikäli näiden nimikkeiden varastotasoa pystyttäisiin laskemaan. Analyysin perusteella huomattiin myös suuri C-nimikkeiden osuus. Vaikka näiden nimikkeiden varastotasoa laskettaisiin, ei se pienentäisi merkittävästi sitoutunutta pääomaa.



Kuva 9 Varastoon jätettävien nimikkeiden ABC-analyysi sitoutuneen pääoman mukaan

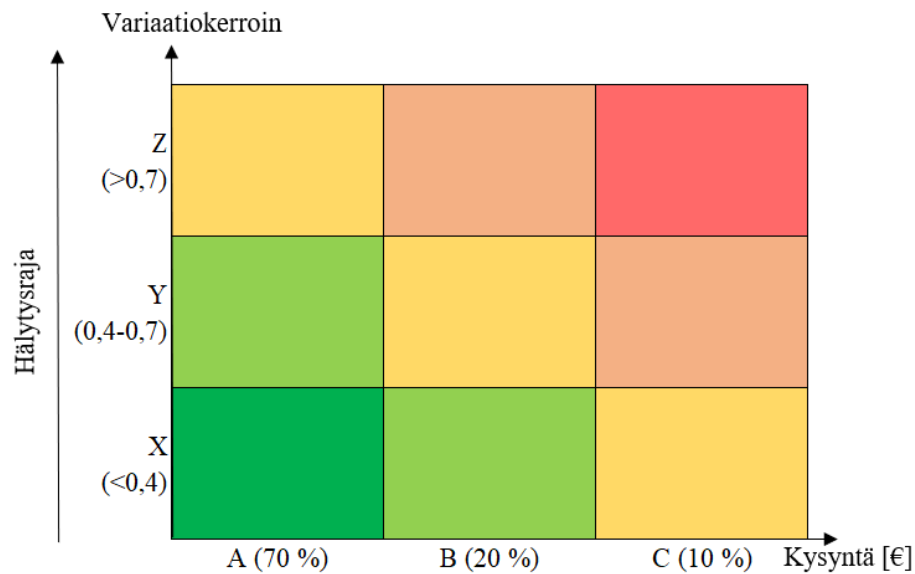
ABC-analyysi tehtiin myös euomääräisen kysynnän perusteella (Kuva 10). Osuudet eivät jakautuneet yhtä merkittävästi, kuin sitoutuneen pääoman tapauksessa. Myynnistä 70 % tulee 21 % nimikkeistä, ja puolestaan vain 10 % kysynnästä tulee 57 % nimikkeistä. C-nimikkeiden suuri osuus kertoo siitä, että varastossa voi olla huomattava määrä nimikkeitä, joilla ei ole myyntiä, ja/tai ne ovat huomattavasti edullisempia hankintahinnaltaan.



Kuva 10 Varastoon jätettävien nimikkeiden ABC-analyysi euomääräisen kysynnän mukaan

Nykyisten varastonohjausarvojen ongelmakohtien selvittämiseksi nimikkeille tehtiin FSN-analyysi. Kullekin nimikkeelle laskettiin keskimääräinen varastossaoloaika kuukausina ja keskimääräinen kysyntä kuukaudessa. Kysyntärajat asetettiin tiettyjen kappalemäärien mukaisesti ja varastossaoloaika kuukausien perusteella. Mikäli nimikkeen kysyntä kuului suuren kysynnän F-kategoriaan mutta varastossaoloaika on hitaasti kiertävien N-kategoriassa, tarkoitti se nimikkeellä olevan kysyntää mutta varastotaso on liian korkea suhteutettuna kysyntään. Nimikkeille, joilla kysyntä ja varastossaoloaika oli nopeasti kiertävien luokassa F, ei ohjausarvoissa ole ongelmaa. Mikäli nimikkeen kysyntä ja varastossaoloaika oli luokassa N, kyseenalaistettiin varastointitarve. Erityisesti jos nimikkeellä on lyhyt toimitusaika, voi olla kannattavampaa ostaa näitä nimikkeitä vasta tilauksen tullessa.

Periaatteita ohjausarvojen asettamiseen katsottiin ensimmäisenä nimikkeen luokitusta ABC-XYZ-analyysissä, jossa ABC-kriteerinä oli euromääräinen kysyntä ja XYZ-kriteerinä variaatiokerroin (Kuva 11). Kuitenkin tuli tarkastella myös sitä, johtuiko kysynnän A-luokittelu huomattavasti korkeammasta hankintahinnasta ja matalasta kysynnästä. Samoin toimitusajalla on huomattava merkitys ohjausarvojen asettamiseen, jonka vuoksi nimikkeiden toimitusaika oli yksi tarkastelun kohteista. Koska nimikkeet ovat ominaisuuksiltaan, kuten hankintahinnaltaan, toimitusajaltaan ja keskimääräiseltä kulutuseräkoiltaan hyvin erilaisia, on haastavaa antaa yksiselitteisiä ohjaussääntöjä kullekin kategorialle. Kuitenkin yleisellä tasolla, menemättä nimikekohtaisuuksiin, voidaan todeta seuraavia havaintoja eri kategorioille:



Kuva 11 Nimikkeiden kategorisointi ohjausarvojen määrittämiseksi

Ohjausarvot vakiokokoisien täydennyserän ohjauksen nimikkeille

X-luokan nimikkeillä voidaan puhua täydennysajan odotuskulutuksesta, sillä kulutuseräkoot ovat lähes vakiokokoiset ja kysyntä lähes jatkuvaa tai ainakin usein toistuvaa. Lyhyen toimitusajan AX-, BX- ja CX-nimikkeillä hälytysraja voi olla melko lähellä täydennysajan kulutuksen odotuskysyntää. Täydennyseräkooksi suositellaan muutamaa täydennysajan odotetun kulutuksen kerronnaisen vastaista täydennyseräkokoja, jotta kierto nimikkeillä olisi nopeaa. Toimitusajan kasvaessa hälytysrajan kannattaa olla hieman korkeampi, samoin täydennyserä.

AZ-nimikkeillä kulutuseräkokojen heilahteluihin voidaan varustautua korkean hälytysrajan avulla. Nimikkeille ei määritetä toiminnanohjausjärjestelmään varmuusvarastoa, jonka vuoksi ehdotusta varmuusvarastojen koon määrittämiselle ei anneta. Hälytysrajan suuruus on suotavaa määrittää nimikkeen kriittisyyden perusteella. Mikäli nimike halutaan kyetä toimittamaan miltei poikkeuksetta välittömästi varastosta, tulisi hälytysrajaa nostaa hieman korkeammalle, kuin minkä kokoiseen piikkiin halutaan kyetä vastaamaan. Mikäli toinen kysyntäpiikki ilmenee ennen kuin varaston täydennys on saapunut, ilmenee silti puutostilanne. Tällaiseen erikoistilanteeseen varautuminen vaatisi vielä huomattavasti korkeamman hälytysrajan, mikä puolestaan kasvattaa varastoon sitoutunutta pääomaa huomattavasti. Lyhyen toimitusajan nimikkeillä korkeita varastotasoja ei suositella, kuten ei myös vähemmän kriittisille

nimikkeille. Täydennyseräkokojen suositellaan olevan suhteellisen pieniä, jotta kierto nimikkeillä olisi nopeaa. B-nimikkeiden hankintahinnat ovat myös korkeita, joten kannattaa hyödyntää samanlaisia ohjauseria kuin A-nimikkeille.

C-nimikkeissä on muutaman kulutuskerran nimikkeitä. Muutaman yksittäisen ison kulutuserän nimikkeiden kohdalla tulee selvittää, onko näille jatkossa varastointihalukkuutta. Muussa tapauksessa kyseiset nimikkeet suositellaan ostamaan vasta tilauksen tullessa. Jotta suureen kysyntäpiikkiin kyettäisiin vastaamaan, täytyisi varastotaso olla huomattavan korkea. Kysynnän ollessa kuitenkin katkonaista ja harvoin esiintyvää voi nimikkeet joutua olemaan pitkän aikaa varastossa ja muun muassa vanhentua. Kriittisillä nimikkeillä hälytysraja voi vastata muutaman keskimääräisen kulutuskerran tarvetta ja vähemmän tärkeillä nimikkeillä uudelleentilaus tehdään vasta varaston tyhjennyttyä. Edullisilla C-nimikkeillä täydennyserät voivat olla suuremmat ja vastata useamman kuukauden kysynnän tarvetta.

Ohjausarvot min-max-ohjauksen nimikkeille

A-nimikkeet, joille ehdotetaan min-max-ohjausta, ovat kysynnältään vaihtelevien kulutuserien Z-luokassa. Asiakastilauksia ilmenee harvoin, mutta kulutuseräkoot ovat todella vaihtelevan kokoisia ja suurimmat piikit ovat hyvin merkittävän suuruisia. Suurimmalla osalla kyseisen luokan nimikkeistä toimitusaikakin on huomattavan pitkä. Kyseisten nimikkeiden saatavuus asiakkaille halutaan turvata, jonka vuoksi suositellaan korkeita hälytysrajoja. Hälytysraja kannattaa asettaa hieman korkeammaksi, kuin minkä kokoiseen kysyntäpiikkiin halutaan varustautua. Jos kysyntäpiikkejä ilmenee useampi ennen kuin varaston täydennys on saapunut, ilmenee puutostilanne. Kysyntähistoriaan perustuen tällainen tilanteen esiintyminen olisi epätodennäköistä, mutta kuitenkin mahdollista. Mikäli halutaan varustautua useampaan kysyntäpiikkiin, tulisi hälytysrajaa nostaa vielä korkeammaksi, mikä puolestaan sitoisi varastoon paljon pääomaa. Maksimitaso A-nimikkeille ei tarvitse olla hyvin paljoa hälytysrajasta suurempi, sillä kysyntä ilman piikkejä on muutamien kappaleiden luokassa.

B-luokan nimikkeillä kysyntä on harvaa, mutta kulutuseräkoot ovat hyvin vaihtelevia. Kysyntäpiikkeihin voidaan varustautua korkean hälytysrajan avulla. Tässä luokittelussa B-luokan nimikkeet ovat lyhyen toimitusajan nimikkeitä. Nimikkeiden kriittisyydestä riippuen kannattaa asettaa hälytysraja siten, että kriittisillä nimikkeillä piikin sattuessa voidaan toimittaa

suoraan varastosta ja ei-kriittisille kysyntäpiikin sattuessa normaalikysyntää suuremman erät tilataan suoraan toimittajalta.

Edullisille C-luokan nimikkeille voidaan suositella hieman korkeampaa maksimitasoa kuin muille nimikkeille, jotta näitä nimikkeitä ei tarvitsisi tilata kovin usein. Kalliit yksittäisen kysynnän C-luokan nimikkeet suositellaan ohjaamaan kriittisyyden mukaan. Mikäli nimike ei ole kriittinen, voidaan täydennys tehdä varaston tyhjennyttyä, ja kriittisille hälytysrajan taso voi olla muutaman nimikkeen kohdalla.

5.6 Varastonohjaukseen ja kategorisointiin vaikuttavat haasteet ja rajoitteet

Usealla nimikkeellä on toimittajan asettama minimitäydennyserä, jonka vuoksi ohjausarvoja ei kyetä asettamaan aiemmin mainittujen ehdotusten mukaisesti. Tällöin usein nimikkeitä joudutaan ostamaan tarpeettoman suuri määrä. Erityisesti yksittäisten kysyntätapausten tilanteessa täydennyserästä ylijäävät nimikkeet saattavat jäädä pitkiksi ajoiksi varastoon. Minimitäydennyserän lisäksi usealla nimikkeellä on aihio, josta nimike valmistetaan. Yhdestä aihioista saa valmistettua tietyn verran nimikkeitä, jonka vuoksi täydennyserä on sen verran, että koko aihio hyödynnetään. Tällaisissa tilanteissa täydennyseräkokoihin ei kyetä vaikuttamaan.

Kategorisoinnissa havaittiin haasteita, jotka on hyvä pitää mielessä tarkastellessa luokittelun tuloksia. Haasteena olivat muun muassa nimikkeet, joita ostetaan metreinä tai kiloina kappalemäärien sijasta. Kyseiset nimikkeet rajattiin pois kappalemääräisiä arvoja laskettaessa, sillä eri yksiköiden summaaminen väärentäisi lopputulosta. Kategorisoinnissa haasteena ovat myös reuna-alueen nimikkeet. Kategorisoinnin eri luokkien rajat ovat asetettava täsmällisiin kohtiin, jolloin reuna-alueiden nimikkeillä ei välttämättä ole paljoa eroa, vaikka nimikkeet kuuluisivat eri kategorioihin. Näin pelkkiä luokkia tarkastelemalla ottamatta huomioon yksittäisen nimikkeen ominaisuuksia, voi tehdä vääriä ohjaussääntöjä. Lisäksi suurimassa osassa analyysijä luokkia on vain kolme. Näin prosentuaalisten osuuksien perusteella tehtyjen analyysien luokissa voi saman luokan sisällä olla hyvin erilaisia nimikkeitä.

Kategorisoinnit on tehty perustuen historiatietoon. Vaikka historiatietoa tutkittiin pitkältä aikaväliltä, ei tulevaisuus välttämättä tule olemaan historian kaltaista. Esimerkiksi joistakin

kategorisoinnissa havaituista vähäisen kysynnän nimikkeistä saattaa muodostua suuren kysynnän nimikkeitä. Puolestaan tällä hetkellä suuren kysynnän nimikkeistä saattaa kysyntä loppua yllättäen, esimerkiksi päivitetyn teknologian ansioista.

Luokittelun avulla voidaan antaa suuntaviivoja ohjausarvojen määrittämiseksi. Etenkin kalliiden nimikkeiden kohdalla nimikkeitä on käsiteltävä yksitellen, sillä samankin ABC-XYZ-kategorian sisällä voi olla hyvinkin eri myyntivolyymisiä nimikkeitä. Ohjausarvojen periaatteiden määrittämisessä hyödynnettiin tämän hetkisten luokittelujen tuloksia, joten myöhemmin jos luokittelu toistetaan, ei välttämättä samat ohjaussäännöt ole päteviä.

6 KEHITYSEHDOTUKSET JA SYSTEMATISOINNIN HYÖDYT

Luvussa esitetään kehitysehdotuksia nimikkeiden hallintaan ja varastonohjauksessa havaittuihin ongelmiin. Lisäksi kappaleessa esitetään hyötyjä, joita systematisoinnin avulla voidaan saavuttaa.

6.1 Nimikkeiden hallintaan liittyvät kehitysehdotukset

Uusi varasto laitenimikkeille

Koska varastossa säilytetään sekä varaosia että yksittäisiä laitteita, on yksittäisien kalliiden laitteiden olemassaolo jäänyt vähälle huomiolle. Osasyynä tähän on nimikkeiden paljous, jolloin laitteet ovat tavallisia nimikkeitä muiden vähemmän arvokkaiden joukossa. Näille yksittäisille laitteille, joille ei määritellä varastonohjausarvoja varaosien tavoin, voisi luoda toiminnanohjausjärjestelmään oman varaston. Tämä mahdollistaisi case-tutkimuksen kohdistuvassa varastossa olevan vain vara- ja kulutusosia, joille on asetettu varastonohjausarvot. Jos laitteet olisivat toiminnanohjausjärjestelmän mukaan omassa varastossa, pystyisi laitteita myös tarkkailemaan paremmin. Nimikkeiden tarkkailu luultavasti lisäisi tietoisuutta kyseisten laitteiden olemassaolosta ja lisäisi tätä kautta niiden jälleenmyyntiaktiivisuutta.

Prosessi nimikkeen ottamiseksi varastoon

Nimikkeiden kartoittamisen aikana löytyi laitteita, joita ei oltu merkattu toiminnanohjausjärjestelmään. Nämä nimikkeet tulisi kirjata järjestelmään ja mikäli tarvittavaa oikeaa nimikettä ei ole olemassa, tulisi näille luoda omat nimikenumeronsa. Jatkossa, jotta tällaisia kirjaamattomia nimikkeitä ei olisi, tulisi luoda prosessi nimikkeen varastoon ottamista varten. Näin jokaisesta nimikkeestä olisi merkintä järjestelmässä, sekä yksittäisten nimikkeiden tiedot olisivat usean ihmisen tarkasteltavana eikä hiljaisen tiedon varassa. Näin tiedon jakaminen olisi helpompaa, sekä nimikkeiden olemassaolo ei unohtuisi.

Kriittisyysanalyysi kaikille varaosanimikkeille

Tällä hetkellä vain yhden laitteen varaosille on tehty kriittisyysanalyysi. Jokaiselle varaosanimikkeelle tulisi tehdä tällainen luokittelu, jotta tiedetään, mitä nimikkeitä varastossa

kannattaisi varastoida mahdollisesti vielä enemmän. Kriittisten nimikkeiden saatavuus toimittajilta on mahdollisesti huono, tai nimikkeen rikkoutuminen voi aiheuttaa merkittävää rahallista tappiota asiakkaalle. Nimikkeen rikkoutuminen voi pysähdyttää koko laitteen toiminnan ja pahimmillaan laitteen toimimattomuus voi johtaa koko sellutehtaan tuotannon pysähtymiseen. Toisaalta kriittisyysanalyysin avulla saadaan myös selville, minkä tuotteiden osalta varastotasoja voidaan pitää vielä ehdotettuja matalampana, sillä mahdollinen puutetilanne ei ole yhtä kriittinen laitteen toiminnalle tai varastontäydennys on helposti saatavilla. Kriittisyysanalyysin tulee olla informatiivinen, mutta kuitenkin yksinkertaisesti tehtävissä. Tämän vuoksi analyysissä tulisi ottaa huomioon ainakin laitteen kriittisyys koko tuotantoprosessille, nimikkeen kriittisyys laitteen toiminnalle ja nimikkeen saatavuus.

Toiminnanohjausjärjestelmän kehitysideat

Varastojen hallintaa pystyttäisiin kehittämään myös pienien toiminnallisuuksien lisäämisellä toiminnanohjausjärjestelmään. Ostokehotusta tehtäessä projektille, nimikkeen löytyessä jo varastosta, antaisi toiminnanohjausjärjestelmä ilmoituksen. Ilmoituksessa järjestelmä huomauttaisi, että nimikettä ei tarvitse ostaa, vaan tarvittava määrä löytyy varastosta.

Toinen kehitysehdotus toiminnanohjausjärjestelmään on statuksen lisääminen nimikkeelle. Tällä hetkellä, kun toiminnanohjausjärjestelmästä ottaa raportin tietystä varastosta, saa listauksen kaikista nimikkeistä, joita on ostettu kyseiseen varastoon toiminnanohjausjärjestelmän käytön aikana. Tämän vuoksi listauksessa on mukana useita satoja nimikkeitä, joita ei enää säilytetä varastossa. Tämän vuoksi olisi kätevää, jos nimikkeille voisi antaa statuksen, mikäli nimike on varastoon ostettava nimike vai ostetaanko se suoraan asiakasprojektille. Näin ottamalla toiminnanohjausjärjestelmän antaman listauksen tietystä varastosta saisi listauksen vain oikeasti varastoitavista nimikkeistä. Tällöin toiminnanohjausjärjestelmän analyysit antaisivat relevantteja tuloksia, eikä analyysija tarvitsisi tehdä manuaalisesti. Valmiit toiminnanohjausjärjestelmän analyysit mahdollistavat varaston nykytilan analysointia vaivattomasti ja nopeasti, joka edesauttaisi varaston nykytilan säännöllistä tarkastelua.

6.2 Varastonohjaukseen liittyvät kehitysehdotukset

Min-max-menetelmä toiminnanohjausjärjestelmään

Tällä hetkellä toiminnanohjausjärjestelmään voi asettaa ohjausarvoiksi hälytysrajan ja täydennyseräkoon. Kuitenkin osalla nimikkeistä varaston tasoon täydentäminen min-max-menetelmällä on soveltuvampi vaihtoehto vaihtelevien kulutuseräkokojen ja harvoin esiintyvän kysynnän vuoksi. Olisi siis hyödyllistä kartoittaa, voiko toiminnanohjausjärjestelmään asettaa nimikkeille vaihtoehdon ohjausmenetelmästä. Järjestelmään syötettäisi vakiokokoinen täydennyserä, mikäli nimikettä ohjataan vakiokokoinen täydennyserän tilauspistemenetelmällä. Puolestaan min-max-ohjattaville nimikkeille syötettäisi haluttu maksimitaso täydennykselle. Tällöin varastontäydennystä tehtäessä järjestelmä ehdottaisi kiinteää täydennyserää tai järjestelmän laskemaa vaihtuvan kokoista täydennyserää. Järjestelmä laskisi täydennyserän siten, että maksimivarastosta vähennettäisi varastotaso täydennysimpulssin kohdalla sekä tilauksessa olevat nimikkeet. Näin otettaisiin huomioon, onko hälytysraja alittunut vain hieman, vai onko varasto lähes tyhjä.

FIFO-periaatteen tarkka noudattaminen

Varastoa pyritään ohjaamaan FIFO-periaatteen (first-in-first-out) mukaisesti, jonka mukaan varastoon ensimmäisenä saapunut nimike tulisi ottaa käyttöön ensimmäisenä. Kuitenkin varastoinventaarion yhteydessä huomattiin, että periaatteen noudattamisessa voi olla toisinaan haasteita. Kaikkien nimikkeiden pakkauksissa ei ole ostopäivää, jonka vuoksi nimikkeitä ollessa varastossa useampi mutta ne ovat ostettu varastoon eri täydennyserissä, on vaikea tietää mikä on ollut varastossa ensimmäisenä. Tämän vuoksi jokaisessa pakkauksessa tulisi olla ostopäivämäärä, ja nimikkeet tulisivat järjestää hyllyköihin siten, että vanhin on helposti otettavissa ensimmäisenä.

Ohjausarvojen säännöllinen tarkastaminen

Asetettujen varastonohjausarvojen ajankohtaisuutta tulisi seurata vähintään kerran vuodessa. Mikäli puutostilanteita on esiintynyt tarkastelujaksolla useampia, tulisi ohjausarvoja nostaa. Puolestaan mikäli kysyntä on ollut oletettavaa pienempää, voisi ohjausarvoja laskea. Kuitenkaan yksittäisen kysyntäpiikin takia ei ole suositeltavaa nostaa ohjausarvojen rajoja, sillä kyse ei ole välttämättä trendistä. Ohjausarvoja tulisi tarkastella tutkimalla

toiminnanohjausjärjestelmästä nimikkeiden kiertonopeuksia, sekä puutostilanteiden määrää. Lisäksi perehtymällä säännöllisin väliajoin nimikkeiden kiertonopeuksiin, paikannetaan ei-kiertävät nimikkeet ja voidaan tarvittaessa poistaa nämä varastosta. Tällöin varastonhallinta pysyy ajan tasalla, eikä yksittäisiä aikaa vieviä varaston läpikäyntejä tarvitse järjestää.

6.3 Systematisoinnin hyödyt

Pelkästään poistamalla alaskirjausvarauksen saaneet nimikkeet, jotka ovat saaneet hyväksynnän romuttamiselle tai myymiselle, varaston arvo pienenee 7 %. Poistamalla kyseiset nimikkeet varastosta, on varastoitavia nimikkeitä 25 % vähemmän kuin alkutilanteessa.

Nimikkeiden pienempi määrä vapauttaa fyysistä tilaa varastosta, jolloin nimikkeitä, joita on tarpeen varastoida, voidaan järjestellä varastossa tehokkaammin. Samoin nimikkeitä ei välttämättä tarvitsisi säilyttää yhtä monessa eri varastossa, vaan nimikkeet voisivat olla muutamassa varastossa.

Ostotilausten tekeminen yksinkertaistuisi, kun nimikkeitä ohjattaisi kahdella valmiiksi määritellyllä menetelmällä. Jokaisen ostotilauksen yhteydessä ei tarvitsisi miettiä, minkä kokoinen täydennyserä olisi sopiva, vaan toiminnanohjausjärjestelmän antama ehdotus olisi järkevä. Lisäksi asettamalla kaikille varastoon jätettäville nimikkeille ohjausarvot, ei yllättäviä puutetilanteita pääsisi esiintymään. Myös määrittämällä maksimitasot ryöppyisen kysynnän nimikkeille, voitaisi ennaltaehkäistä pääoman sitoutumista pitkiksi ajoiksi nimikkeeseen. Tällöin voitaisi myös ennaltaehkäistä nimikkeen joutumista vanhentuneeksi nimikkeeksi. Pienemmät varastointimäärät nostattaisivat myös varaston kiertonopeutta.

Luokittelemalla nimikkeet erinäisin kriteerein ja luomalla ohjausperiaatteet eri luokille, on ohjauksessa logiikka, mutta ohjaus voidaan silti tehdä nimikekohtaisesti. Systematisoinnin avulla voidaan priorisoida kriittisiä nimikkeitä varmistamalla niiden saatavuus ja vapauttaa pääomaa vähemmän kriittisten nimikkeiden varastoinnissa. Uusien varastonohjausarvojen avulla usean nimikkeen varastotaso laskee, jonka seurauksena varastoon sitoutuva pääoma pienenee. Harvakysyntäisten nimikkeiden kohdalla tasojen laskeminen voi viedä aikaa, jonka

vuoksi joidenkin nimikkeiden kohdalla systematisoinnin hyödyt voivat näkyä vasta pidemmän ajan päästä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä perehdyttiin varaosavarastoinnin kehittämiseen service-liiketoiminnassa. Työssä käsiteltiin varaosaliiketoiminnan haasteita, joiden vuoksi varastonohjaus ja -hallinta on kompleksinen ongelma. Työssä perehdyttiin myös erilaisiin kategorisointimenetelmiin, joita voi hyödyntää varaosien varastonohjausperiaatetta valitessa ja ohjausarvojen asettamisen suunnittelussa.

Yrityksen varastonohjauksen nykytilassa merkittävin ongelma on se, ettei varaston nykytilaa ole analysoitu tarkasti moneen vuoteen. Näin ollen varastossa on useita nimikkeitä, joilla ei ole kysyntää, toiminnanohjausjärjestelmän mukaan varastossa on nimikkeitä, jotka ovat joko myyty tai kadonneet, sekä nimikkeitä ohjataan samoilla ohjausarvoilla useita vuosia. Täten osaa nimikkeistä tilataan tarpeettoman suuria ennalta määrättyjä täydennyseriä, kun taas toisia nimikkeitä tilataan lähes joka kerta eri määrä, kun ohjausarvot eivät ole tarkoituksenmukaisia. Liian suuret täydennyserät ovat johtaneet korkeisiin varastotasoihin, suureen sitoutuneeseen pääomaan ja nimikkeiden hitaisiin kiertonopeuksiin.

Varastonohjauksen systematisoimiseksi kohdeyrityksessä oli kolme tärkeää askelta. Ensimmäisenä määritettiin nimikkeet, joita aiotaan varastoida jatkossa. Toiseksi nimikkeille asetettiin kysynnän luonnetta vastaava varastonohjausmenetelmä. Kolmantena vaiheena oli nimikkeille määrittää säännöt varastonohjausarvojen asettamiseksi.

Kohdeyrityksen tapauksessa havaittiin, että varastosta saadaan vapautettua huomattava määrä pääomaa pelkästään poistamalla nimikkeitä, joiden varastoiminen ei ole kannattavaa. Varastoon sitoutuvan pääoman ABC-analyysin A-kategorian nimikkeiden varastotasojen pienilläkin alentamisilla tullaan saamaan merkittäviä säästöjä aikaan, mutta hitaasti kiertävien nimikkeiden osalta tässä voi kestää ajallisesti kauan.

Tutkimuksen aikana huomattiin, että varaosia tulee luokitella usealla kriteerillä. Kuitenkin nimikkeiden ollessa hyvin erilaisia, ongelmia tuottaa nimikkeiden sijoittuminen eri luokkiin eri kriteereillä. Näin yleisluontoisten johtopäätöksien tekeminen kategorisointien perusteella on haastavaa ja kalliiden varaosien tapauksessa on nimikkeitä siltikin tutkittava nimikekohtaisesti.

Tärkeimpänä luokittelukriteerinä varaosilla kannattaa kuitenkin pitää nimikkeen kriittisyyttä. Kriittisyys voidaan määrittää hyödyntäen useaa kriteeriä, mutta tärkeimpinä kriteereinä on suotavaa pitää laitteen merkitystä tuotantoprosessille, nimikkeen vaurioitumisen merkitystä laitteen käytettävyydelle ja nimikkeen saatavuutta.

LÄHTEET

ANDRITZ. 2019a. ANDRITZ GROUP: Solid business development with record order intake. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.3.2019]. Saatavissa: <https://www.andritz.com/group-en/news-media/news/2019-03-06-results-full-year-2018-group>

ANDRITZ. 2019b. ANDRITZ Oy in Finland. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.3.2019]. Saatavissa: <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy>

Babai, M.Z., Dallery, Y. 2009. Dynamic versus static control policies in single stage production-inventory systems. *International Journal of Production Research*. Vol. 47, nro. 2, s. 415.

Babai, M.Z., Syntetos, A.A., Dallery Y. & Nikolopoulos, K. 2009. Dynamic re-order point inventory control with lead time uncertainty: Analysis and empirical investigation. *International Journal of Production Research*. Vol. 47, nro. 9, s. 2461-2483.

Benkachcha, S., Benhra, J. & El Hassani, H. 2013. Causal Method and Time Series Forecasting model based on Artificial Neural Network. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 75, nro. 7, s. 37-42.

Bošnjaković, M. 2010. Multicriteria inventory model for spare parts. *Tehnicki Vjesnik*. Vol. 17, nro. 4, s. 499-504.

Botter, R. 2000. Stocking strategy for service parts – a case study. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 20, nro. 6, s. 656-674.

Braglia, M., Grassi, A. & Montanari, R. 2004. Multi-attribute classification method for spare parts inventory management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 10, nro. 1, s. 55-65.

Erridge, P. 2006. The Pareto Principle. *British Dental Journal*. Vol. 201, nro.7, s. 419.

Fortuin, L. & Martin, H. 1999. Control of service parts. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 19, nro. 9, s. 950-971.

Gajpal, P.P., Ganesh, L.S. & Rajendran, C. 1994. Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*. Vol. 35, nro. 1, s. 293-297.

Gelders, L.F. & Van Looy, P.M. 1978. An inventory policy for slow and fast movers in a petrochemical plant: a case study. *The Journal of the Operational Research Society*. Vol. 29, nro. 9, s. 867-874.

Guvenir, H.A. & Erel, E. 1998. Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*. Vol. 105, nro. 1, s. 29-37.

Gzara, F., Nematollahi, E. & Dasci, A. 2014. Linear location-inventory models for service parts logistics network design. *Computers & Industrial Engineering*. Vol. 69, nro. 1, s. 53-63.

Huiskonen, J. 2001. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*. Vol.71, nro. 1, s. 125-133.

Kauppalehti. 2019. Andritz Oy. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.3.2019]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/andritz+oy/10453978>

Logistiikan maailma. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi, Saarijärjen Offset Oy. 88 s.

Logistiikan maailma. 2019a. Varastoinnin toiminnan mittaaminen. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.2.2019]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/varaston-toiminnan-mittaaminen/>

Logistiikan maailma. 2019b. Varastointi kuuluu niin sinun kuin yritystenkin arkeen. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.2.2019]. Saatavissa:

<http://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/varastoinnin-logistiikka/>

Logistiikan maailma. 2019c. Varastointikustannukset. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.2.2019]. Saatavissa:

<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastointikustannukset/>

Logistiikan maailma. 2019d. Varastonohjaus. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.2.2019].

Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/>

Mitra, S., Reddy, M.S. & Prince, K., 2015. Inventory Control Using FSN Analysis – A Case Study on a Manufacturing Industry. *International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology*. Vol 2, nro. 4, s. 322-325.

Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L. & Waeyenbergh, G. 2012. Criticality classification of spare parts: a case study. *International Journal of Production Economics*. Vol. 140, nro. 2, s. 570-578.

Morris, M. 2013. Forecasting challenges of the spare parts industry. *The Journal of Business Forecasting*; Vol. 32, nro. 3, s. 22, 26-27.

Nenes, G., Panagiotidou, S. & Tagaras, G. 2010. Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*. Vol. 205, nro. 2, s. 313-324.

Ng, W.L. 2007. A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*. Vol. 177, nro. 1, s. 344-353.

Partovi F.Y. & Anandarajan, M. 2002. Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers and Industrial Engineering*. Vol. 41, nro. 4, s. 389-404.

Partovi, F.Y. & Hopton, W.E. 1994. The analytic hierarchy process as applied to two types of inventory problems. *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 35, nro. 1, s. 13-19.

Pirttilä, T. 2018. Tuotannonohjaus, kurssimoniste

Poole, K. 2003. Seizing the potential of the service supply chain. *Supply Chain Management Review*. Vol. 7, nro. 4, s. 54-61, 3.

Razi, M. 1999. Periodic review inventory control model for slow moving spare parts. Väitöskirja. Virginia Commonwealth University, School of Business. Richmond, Virginia. 102 s.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta: B2B – Vähemmällä enemmän. Helsinki, Hakapaino Oy. 125 s.

Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C. & Bergmann, J. 2012. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 61, nro. 4, s. 445-451.

Stoll, J., Kopf, R., Schneider, J. & Lanza, G. 2015. Criticality analysis of spare parts management: a multi-criteria classification regarding a cross-plant central warehouse strategy. *Production Engineering*. Vol. 9, nro. 2, s. 225-235.

Suomala, P., Sievänen, M. & Paranko, J. 2002. The effects of customization on spare part business: A case study in the metal industry. *International Journal of Production Economics*. Vol. 79, nro. 1, s. 57-66.

Syntetos, A.A., Keyes, M. & Babai, M.Z. 2009. Demand categorisation in a European spare parts logistics network. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 29, nro. 3, s. 292-316.

Unleashed. 2019. FSN Analysis – How it can be a useful tool for inventory management. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.3.2019]. Saatavissa: <https://www.unleashedsoftware.com/blog/fsn-analysis-can-useful-tool-inventory-management>

Wagner, S.M., Jönke, R. & Eisingerich, A.B. 2012. A strategic framework for spare parts logistics. *California Management Review*. Vol. 54, nro. 4, s. 69-92.

Williams, T. M. 1982. Reorder Levels for Lumpy Demand. *The Journal of the Operational Research Society*. Vol. 33, nro. 2 s. 185-189.

Williams, T.M. 1984. Stock control with sporadic and slow-moving demand. *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 35, nro. 10, s. 939-948.

Liite 1. Prosessi nimikkeen poistamiseksi varastosta

