



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Tuotteen alasajon hallinta tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatoiminnan kannalta

**Product phase-out regarding production
management, supplier relationship management and
spare parts operations**

Kandidaatintyö

Mikko Kivelä

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Mikko Kivelä

Työn nimi: Tuotteen alasajon hallinta tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatoiminnan kannalta

Vuosi: 2018

Paikka: Lappeenranta

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

37 sivua, 3 kuvaa, 1 taulukko ja 1 liite

Tarkastaja: Professori, TkT Timo Pirttilä

Hakusanat: tuotteen alasajo, tuotteen elinkaarihallinta, materiaalinhallinta, toimittajasuhteiden hallinta, varaosatuotanto

Keywords: product phase-out, product lifecycle management, material requirements planning, supplier relationship management, spare parts production

Nykypäivänä tuotteiden elinkaaret ovat huomattavasti aiempaa lyhyempiä. Yrityksien elinkaarihallinta keskittyy usein tuotteen elinkaaren alkuvaiheeseen, koska tuotannon aloittaminen tuottaa yritykselle liikevaihtoa ja mahdollistaa tuloksen tekemisen. Sen sijaan tuotteen alasajo jätetään usein vähemmälle huomiolle.

Työn tavoitteena on luoda kattava katsaus tuotteen alasajoprosessin toimenpiteisiin. Työssä keskitytään tuotteen alasajoon tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatuotannon kannalta. Työssä esitetään laskukaavoja täydennyksien ja varaosatarpeen määrittämiseksi sekä toimenpiteitä tukemaan tuotannonsuunnittelua ja toimittajasuhteiden hallintaa. Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

Työn lopputuloksena on saatu selville, kuinka tuotteen alasajoprosessin aikana materiaalitäydennyksiä kannattaa toteuttaa, kuinka tuotannonohjautuvuus ja varaosatarve vaikuttaa tuotannonsuunnitteluun, miten alasajo vaikuttaa toimittajasuhteisiin ja kuinka varaosatarve voidaan tyydyttää tuotteen alasajon jälkeen.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Työn tausta	3
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	4
1.3	Työn rakenne ja tutkimusmenetelmät.....	4
2	TUOTTEEN ALASAJOPROSESSI JA ELINKAARIHALLINTA	6
2.1	Tuotteen elinkaarihallinta	6
2.2	Tuotteen alasajoprosessi	7
2.2.1	Tuotteen alasajoprosessin strategiat	7
2.2.2	Tuotteen alasajoprosessin vaiheet.....	9
2.2.3	Tuotteen alasajoprosessin haasteet ja hyödyt	10
3	TUOTANNONOHJAUS TUOTTEEN ALASAJON AIKANA	12
3.1	Materiaalinhallinta tuotetta alasajettaessa.....	12
3.1.1	Hankintaerien määrä ja täydennyserätkoko alasajon aikana	12
3.1.2	Odotettu ylijäämävarasto alasajon jälkeen.....	14
3.1.3	Alasajettavan tuotteen osien hyödynnettävyys muissa tuotteissa	17
3.2	Tuotannosuunnittelu tuotteen alasajon aikana	18
3.2.1	Tuotannonohjautuvuuden vaikutus alasajoon ja tuotantokapasiteetin riittävyys.....	19
3.2.2	Last time buy	20
4	TOIMITTAJASUHTEIDEN HALLINTA OSANA TUOTTEEN ALASAJOA	22
4.1	Toimenpiteitä toimittajasuhteiden hallintaan tuotteen alasajon aikana	22
4.2	Analyysi mahdollisista tilanteista toimittajan kanssa alasajon aikana	24
5	VARAOSA- JA HUOLTOPALVELUTOIMINTA ALASAJON JÄLKEEN.....	26
5.1	Varaosastrategiat alasajetulle tuotteelle.....	26
5.2	Varaosatarve alasajettavalle tuotteelle ja sen osille	27
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
	LÄHTEET	36

Liite 1: Materiaalinhallintaan liittyviä apukaavoja muuttujien laskemiseksi

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Nykypäivän kiristyneessä kilpailutilanteessa uusia tuotteita lanseerataan markkinoille aiempaa tiuhempaan tahtiin ja tuotteiden elinkaaret ovat aiempaa lyhyempiä (Pourakbar & Dekker 2012, s. 44). Tuoteportfolioiden kasvaessa tuotteen elinkaarihallinnan merkitys on korostunut ja elinkaarihallintaan panostetaan yhä enemmän ja enemmän. Yritysten elinkaarihallinnan painopiste on yleensä elinkaaren alussa, ja tuotteen alasajo jätetään pienemmälle huomiolle. Tuotteen alasajoprosessi ei tuota yritykselle liikevaihtoa, ja sen merkitystä usein vähätellään. Aiheeseen liittyvää tutkimusta on huomattavasti tuotteen ylösajoa vähemmän. (Wagner 2017, s. 1-2)

Tuotteen alasajon laiminlyöminen voi pahimmillaan aiheuttaa suuret kustannukset ja vanhentuneen varaston (Burkett 2010, s. 6). Alasajo voidaan toteuttaa usealla eri strategialla (Baker ja Hart 2007, s. 478-481), ja hyvin toteutetun tuotteen alasajon seurauksena yritys saa vapautettua resursseja muun tuotannon käyttöön (Hise et al. 1984, s. 56). Tuotteen alasajoprosessin tehokasta toteuttamista varten on otettava huomioon useita eri näkökulmia, kuten esimerkiksi johdon toiminta, materiaalinhallinta ja tuotannosuunnittelu. Myös vaikutukset sidosryhmiin on otettava huomioon tuotteen alasajon suunnittelun ja toteutuksen aikana.

Tuotteen alasajoon liittyy useita eri haasteita. Näistä haasteista merkittävimpiä ovat tuotantokapasiteetin käyttö, ylijäämävaraston muodostuminen, tuote-eräkokojen suunnittelu, sopimusrajoitteet sekä työvoiman vastustus (Wagner 2017, s. 106). Tämä kandidaatintyö pyrkii luomaan vastauksia tuotteen alasajon haasteisiin sekä antamaan kattavan kokonaiskuvan tuotteen alasajoprosessin etenemisestä, eri osa-alueista ja sen vaatimista toimenpiteistä. Työ kokoaa aiheen kirjallisuudesta ja aiemmista tutkimustuloksista johdonmukaisen kokonaisuuden, joka kattaa yksityiskohtaiset laskentamallit ja toimenpiteet tuotteen alasajoon liittyen.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on tutkia tuotteen alasajoprosessia tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatuotannon näkökulmista sekä muodostaa selkeä käsitys lukijalle erilaisista toimenpiteistä, joilla alasajoprosessia voidaan ohjata ja tehostaa. Työssä käydään lävitse erilaisia toimenpiteitä, viitekehyksiä ja laskukaavoja tuotteen alasajoprosessin aikaisen tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden hallinnan ja varaosatuotannon tueksi.

Työssä käsiteltävät tutkimuskysymykset ovat:

- Kuinka varastojen täydennyksiä hallitaan tuotteen alasajon aikana?
- Miten tuotantoa suunnitellaan tuotteen alasajon aikana?
- Kuinka toimittajasuhteita hallitaan ajettaessa tuotetta alas?
- Kuinka varaosien saatavuus varmistetaan tuotannon lopettamisen jälkeen?

Työstä on rajattu ulkopuolelle päätöksenteko tuotteen alasajosta, ja työ keskittyy vain alasajon vaatimiin toimenpiteisiin. Vaikutukset brändiin, asiakastyytyväisyyteen ja myyntiin on myös rajattu työn ulkopuolelle.

1.3 Työn rakenne ja tutkimusmenetelmät

Työ jakautuu johdantoon, neljään käsittelykappaleeseen ja johtopäätöksiin. Johdannossa käydään lävitse työn tausta, tavoitteet, rajaus, tutkimuskysymykset, rakenne ja tutkimusmenetelmät. Ensimmäinen käsittelykappale käsittelee tuotteen alasajoa osana elinkaarihallintaa ja tuotteen alasajoprosessin strategioita, vaiheita, hyötyjä ja haasteita sekä esittelee alasajoprosessimallin. Toinen käsittelykappale keskittyy tuotteen alasajoon kahdesta tuotannonohjauksen näkökulmasta: materiaalinhallinnasta ja tuotannosuunnittelusta. Siinä esitellään laskukaavoja täydennyserien ja odotettujen ylijäämävarastojen laskemiseksi sekä toimenpiteitä tuotannosuunnittelun tueksi. Toisessa käsittelykappaleessa esitellään myös alasajokertoimen kaava, jolla voidaan laskea osien hyödynnettävyyttä muissa tuotteissa. Kolmannessa käsittelykappaleessa perehdytään toimittajasuhteisiin ja

niiden hallintaan tuotteen alasajoprosessin aikana sekä esitellään erilaisia tilanteita toimittajan kanssa alasajon aikana. Neljännen käsittelykappaleen aiheena on alasajettavan tuotteen varaosa- ja huoltopalvelutoiminta, varaosatarpeen määrittäminen ja erilaiset varaosastrategiat. Johtopäätöksissä vastataan tutkimuskysymyksiin ja luodaan kokonaiskuva tuotteen alasajosta tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatoiminnan näkökulmista.

Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena aiheen kirjallisuuteen, tieteellisiin artikkeleihin ja aiempaan tutkimukseen aiheesta. Työn lähteinä on pyritty käyttämään aiheen kannalta olennaisia ja tuoreita julkaisuja. Lähteitä valittaessa niitä on arvioitu kriittisesti, ja lähteiksi on valikoitunut vain luotettavilta tahoilta julkaistuja tieteellisiä artikkeleita ja kirjallisuutta.

2 TUOTTEEN ALASAJOPROSESSI JA ELINKAARIHALLINTA

Tuotteen alasajoprosessi on osa isompaa kokonaisuutta, tuotteen elinkaarihallintaa. Tässä kappaleessa esitetään tuotteen elinkaarihallinnan määritelmä ja osa-alueet, tuotteen alasajoprosessi osana elinkaarihallintaa, tuotteen alasajoprosessin määritelmä, eri strategiat tuotteen alasajoprosessin toteuttamiseksi, tuotteen alasajoprosessin vaiheet ja sen hyödyt ja haasteet.

2.1 Tuotteen elinkaarihallinta

Tuotteen elinkaarihallinta eli ”Product Lifecycle Management (PLM)” tarkoittaa laajaa toimintojen kokonaisuutta tuotteen koko elinkaaren systemaattiseen hallintaan (Sääksvuori & Immonen 2005, s. 9). Tuotteen elinkaarihallinta voidaan myös määrittellä tuotteiden mahdollisimman tehokkaana hallintana aina ensimmäisestä ideasta tuotteeseen liittyen sen elinkaaren loppuun asti, kun tuote ajetaan alas (Stark 2015, s. 1).

Tuotteen elinkaarihallinta koostuu kolmesta osa-alueesta: tuotteesta, elinkaaresta ja siihen liittyvästä hallinnasta. Tuote on hyödyke, jota yritys tarjoaa asiakkailleen. Sen merkitys tuotteen elinkaarihallinnassa on suuri: ilman tuotetta ei yrityksellä ole liikevaihtoa eikä asiakkaita. Yrityksen liikevaihto koostuu jatkuvasta uusien tuotteiden kehittämisestä ja vanhojen tuotteiden päivittämisestä. Tuote voi olla konkreettinen esine, asia tai palvelu. (Stark 2015, s. 5)

Tuotteen elinkaari voidaan määrittellä viiden eri vaiheen kautta. Nämä vaiheet ovat kuvittelu, määrittely, toteutus, käyttö ja tuki sekä käytöstä poisto. Kuvitteluvaiheessa tuote on vasta ideatasolla, määrittelyvaiheessa ideoista kasataan yksityiskohtainen kuvaus tuotteesta, toteutusvaiheessa tuote luodaan aiemmin tehtyjen määrittelyjen pohjalta, käyttö ja tuki -vaiheessa asiakas käyttää tuotetta, ja lopulta kun tuotteen elinkaari tulee päätökseen, poistetaan se käytöstä ja asiakas hylkää tuotteen. Tuotteen elinkaaren eri vaiheet on esitetty kuvassa 1. (Stark 2015, s. 6)



Kuva 1. Tuotteen elinkaaren eri vaiheet Starkin mukaan (2015, s. 6).

Tuotteen hallinta sisältää useita eri toimintoja: organisoinnin, resurssienhallinnan, päätöksenteon, tavoitteiden asettelun ja tuloksien hallinnan. Starkin (2015, s. 7) mukaan tuotetta pitää hallita koko sen elinkaaren ajan, jotta voidaan varmistaa kaiken sujuvan hyvin. Tässä työssä keskitytään tuotteen elinkaaren loppuun ja sen hallintaan eli tuotteen alasajoprosessiin.

2.2 Tuotteen alasajoprosessi

Tuotteen alasajoprosessi, "Product phase-out process", voidaan määritellä prosessina, joka mahdollistaa yrityksille tuotteen poistamisen tuoteportfoliosta. Alasajoprosessi on seuraus tuotteen alasajon päätöksestä, se alkaa alasajon suunnittelulla ja päättyy viimeistelyyn tuotannon loppumisen jälkeen (Wagner & Blecker 2015, s. 76). Burkettin (2010, s. 6-7) mukaan monimutkaiset tuoteportfoliot voivat aiheuttaa jopa 80 % korkeammat suorat toimitusketjun kustannukset, 53 % kasvun ennusteiden virheissä ja 40 % suuremman varianssin tuotannon aikataulutuksessa. Hänen mukaansa tuotteen alasajoprosessin heikko johtaminen voi vaikuttaa yrityksen kilpailukykyyn ja johtaa vanhentuneeseen varastoon. Tästä syystä tuotteen alasajoprosessin huomioiminen yrityksissä on tärkeää.

2.2.1 Tuotteen alasajoprosessin strategiat

Baker ja Hart (2007, s. 478-481) esittelevät viisi erilaista strategiaa tuotteen alasajoprosessin toteuttamiseksi. Nämä strategiat ovat tuotteen välitön alasajo, tuotannon lopettaminen raaka-aineiden loputtua, tuotannon lopettaminen hitaasti, tuotannon myyminen sekä normaalin tuotannon lopettaminen ja uudelleenesittely myöhemmin erikoistuotteena.

Tuotteen välitön alasajo on strategioista radikaalein ja nopein. Heti tuotteen alasajopäätöksen jälkeen tuotanto ja myynti pysäytetään ja asiakkaille ilmoitetaan, että tuotetta ei ole enää saatavilla. Kaikki varastossa olleet tuotteet ja raaka-aineet, joita ei voida enää hyödyntää, poistetaan kustannuksiksi. Tämä strategia ei ole kovin yleinen, ja sitä käytetään lähinnä silloin, kun raaka-aineet, pakkausmateriaalit, työvoima ja tuotantolinjat ovat hyväksikäytettävissä muiden tuotteiden tuotannossa. Strategian yleisempi variaatio on lopettaa tuotanto välittömästi mutta myydä jäljellä oleva lopputuotevarasto poistomyynissä alennetuin hinnoin. Välittömästi lopetettavat tuotteet yleensä lakkautetaan ulkoisten vaikutusten seurauksena (Avlonitis et al. 2000, s. 47).

Tuotannon lopettaminen raaka-aineiden loputtua on yksi suosituimpia tapoja ajaa tuote alas. Tässä strategiassa tuotteen alasajopäätöksen jälkeen raaka-ainevarastoa ei enää täydennetä, mutta varastossa jo olevat raaka-aineet käytetään loppuun, ja jäljellä olevat valmiit tuotteet loppuunmyydään. Myös ennen alasajopäätöstä tehdyt tilaukset voidaan toimittaa normaalisti. Tuotannon lopettaminen raaka-aineiden loputtua on yleinen strategia epäonnistuneiden uusien tuotteiden ja strategisen resurssien vapauttamisen kohdalla (Avlonitis et al. 2000, s. 49-51).

Tuotannon lopettaminen hitaasti eli eliminoitavan tuotteen ”kermankuorinta” soveltuu parhaiten tuotteille, joilla on ollut pitkä ja tuottava elinkaari. Strategian tarkoituksena on vähentää tuotteeseen liittyviä kustannuksia, kuten esimerkiksi markkinointia, ennen lopullista alasajoa voiton maksimoimiseksi. Tyypillisesti tällaisessa strategiassa tuotetta ylläpidetään mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla ilman markkinointia ja lisäinvestointeja. Strategian onnistuminen pohjautuu uskolliseen asiakaskuntaan, joka suosii vanhaa tuotetta uuden vaihtoehdon sijaan. Tätä strategiaa käytetään usein myös silloin, kun uutta korvaavaa tuotetta ollaan kehittämässä: vanhaa tuotetta pidetään markkinoilla, kunnes korvaava tuote on saatu tuotantoon.

Tuotannon myyminen voidaan ajatella kolmella eri tavalla. Ensimmäisessä variaatiossa valmistaja myy koko varastonsa kerralla toimittajalle tai toiselle yritykselle. Myymällä koko varaston kerralla valmistaja poistaa riskin ylijäämävarastosta, mutta

yleensä tuotteiden kate on pienempi verrattuna yksittäismyyntiin. Toisessa variaatiossa lopetettavien tuotteiden tuotanto siirretään jollekin kansainvälisen emoyhtiön tytäryhtiölle. Tämä variaatio vapauttaa valmistajan välittömästi tuotteesta, mutta asiakkaat ja toimittajat eivät jää ilman tuotetta välittömästi. Kolmannessa variaatiossa myydään koko tuotantokapasiteetti toiselle yritykselle: Nokian matkapuhelinliiketoiminnan myynti Microsoftille vuonna 2013 on hyvä esimerkki tästä.

Normaalin tuotannon lopettaminen ja uudelleenesittely myöhemmin erikoistuotteena soveltuu alasajostrategiaksi silloin, kun asiakas suostuu odottamaan tuotetta ja maksamaan korotettua hintaa pientuotannosta. Tämän strategian ansiosta tuotteesta riippuvat asiakkaat eivät joudu vaikeuksiin ja valmistaja saa käännettyä tappiollisen tuotteen tuottavaksi korkeamman hinnan ansiosta.

2.2.2 Tuotteen alasajoprosessin vaiheet

Wagner ja Blecker (2015, s. 74) kuvaavat tuotteen alasajoprosessin nelivaiheisena. Alasajoprosessin vaiheet ovat määrittely, suunnittelu, toteutus ja viimeistely. Wagner (2017, s. 74-103) tarkentaa tuotteen alasajoprosessin kaksiulotteiseksi malliksi, jossa jokaista neljää vaihetta tarkastellaan neljästä eri näkökulmasta. Nämä näkökulmat ovat johto, työvoima, kiinteä pääoma ja käyttöpääoma. Hänen mukaansa määrittelyvaiheessa tehdään alasajon karkea suunnitelma ja päätetään alasajosta, suunnitteluvaiheessa alasajo suunnitellaan yksityiskohtaisesti, toteutusvaiheessa alasajo toteutetaan alusta loppuun asti, ja viimeistelyvaiheessa tehdään tarvittavat viimeistelevät toimenpiteet, kuten lopulliset kustannuslaskelmat ja järjestelyt. Alasajoprosessimalliin on kiteytetty jokaisen alasajon vaiheen kohdalle erilaisia toimenpiteitä, jotka ovat tärkeitä alasajon läpiviemisen kannalta. Se on luotu haastattelemalla yrityksiä heidän alasajoprosesseistaan ja niihin liittyvistä ongelmista. Alasajoprosessimalli on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Alasajoprosessimalli. (Wagner 2017, s. 103)

	Määrittely	Suunnittelu	Toteutus	Viimeistely
Johto	- Alasajotiimin määrittäminen - Alasajon vaikutuksien arviointi - Tiedon jakaminen alasajosta - Mahdollinen yhteys tuotekehitykseen	- Tuotannon suunnitteleminen - Yhteistyö asiakkaan kanssa - Yhteistyö toimittajan kanssa	- Asiakas- ja toimittajasuhteiden seuranta - Budjetointi ja kustannuslaskenta - Tehokkuuden arviointi	- Kustannuksien laskeminen - Asiakastarpeen tyydyttäminen - Havaittujen ongelmien parantelu
Työvoima	- Ammattitaidon siirtymisen varmistaminen - Työntekijöiden motivointi	- Henkilöstötarpeen suunnittelu - Henkilöstötarpeen varmistaminen - Tulevan tarpeen suunnittelu	- Henkilöstötarpeen seuranta - Henkilöstön jatkuva motivointi - Työvoimakustannuksien määrittäminen	- Henkilöstön pitäminen - Henkilöstön siirtäminen toisiin tehtäviin
Kiinteä pääoma	- Tarvittavien kalustomuutoksien analysointi - Laitehuollon suunnittelu - Mahdollisten poistojen tai muutostöiden valmistelu	- Kapasiteetin tasoittaminen - Kapasiteetin vähentäminen	- Muutoksien seuranta - Poistojen analysointi	- Mahdollinen sisäinen tai ulkoinen tuotannon elvyttäminen - Kaluston poistojen viimeistely - Tehtaan uudelleenjärjestely
Käyttöpääoma	- Alasajoon kuuluvien osien tunnistaminen - Päätös alasajosta	- Alasajon tuotannosuunnittelu - Alasajon materiaalinhallinnan suunnittelu - Alasajon aikataulutus	- Alasajon tilausten aloitus - Alasajon tilausten hallinta	- Varastolaskenta - Alasajoon liittyvien kustannuksien laskenta - Mahdollinen tuotteen uudelleenesittely

Alasajoprosessimallin esittämistä toimenpiteistä tässä työssä on perehdytty tarkemmin määrittelyvaiheen osalta tiedon jakamiseen ja alasajoon kuuluvien osien tunnistamiseen, suunnitteluvaiheen osalta tuotannosuunnitteluun, materiaalinhallinnan suunnitteluun, kapasiteetin laskemiseen ja yhteistyöhön toimittajan kanssa, toteutuksen kannalta toimittajasuhteiden seurantaan, kustannuslaskentaan sekä alasajon tilausten hallintaan ja viimeistelyn kannalta lopullisten kustannuksien laskemiseen.

2.2.3 Tuotteen alasajoprosessin haasteet ja hyödyt

Tuotteen alasajoprosessin toteuttamiseen liittyy useita haasteita, ja siitä voidaan saada erilaisia hyötyjä. Ympäristöstä johtuvia tuotteen alasajon haasteita ovat muun muassa alati lyhentyvät tuotteiden elinkaaret, jotka johtavat helposti vanhentuneeseen materiaaliavarastoon, tarvittavat säännölliset tuoteuudistukset ja inkrementaaliset parannukset nykyisiin tuotteisiin, minkä seurauksena ylijäämävarastoa täytyy korvata tai uudelleenrakentaa, ympäristösäännökset, jotka voivat rajoittaa vanhojen tuotteiden myyntiä sekä osakkeenomistajien paine pääoman tehokkaaseen käyttöön (Burkett 2010, s. 6). Yrityksen sisäisistä alasajoprosessiin liittyvistä haasteista on Wagnerin (2017, s. 106) mukaan tärkeimpiä tuotantokapasiteetin käyttö, ylijäämävaraston muodostuminen, tuote-eräkokojen suunnittelu, sopimusrajoitteet sekä työvoiman vastustus.

Tuotteen alasajoprosessin tehokkaasta toteuttamisesta saatuja hyötyjä ovat muun muassa yrityksen parantunut kannattavuus ja myynti, varastoon sitoutuneen pääoman vähentyminen, resurssien vapautuminen tuottavammille tuotteille ja johdon parempi ajankäyttö (Hise et al. 1984, s. 56).

3 TUOTANNONOHJAUS TUOTTEEN ALASAJON AIKANA

Tuotannonohjaus eli "Production Management" voidaan määritellä kokonaisuutena, joka kattaa kaikki tarvittavat toiminnot lopputuotteen valmistamiseksi. Tuotteen alasajon kannalta tärkeimmät osa-alueet tuotannonohjauksen näkökulmasta ovat materiaalinhallinta ja tuotannonsuunnittelu. Tässä kappaleessa käsitellään tuotteen alasajon aikaista materiaalivarastojen hallintaa ja siihen liittyviä laskentakaavoja sekä tuotannonsuunnittelua.

3.1 Materiaalinhallinta tuotetta alasajettaessa

Yksi suurimpia kustannuseriä epäonnistuneelle tuotteen alasajolle syntyy ylijäämävarastoista. Tuotteen alasajoprosessin aikana on tärkeää, että materiaalivarastojen täydennykset ovat mahdollisimman tarkasti laskettu, jotta ylijäämävarastojen kustannuksilta säästyttäisiin. Tuotteen alasajon aikaiseksi materiaalivarastojen hallinnan tueksi tässä kappaleessa on esitetty laskentakaavat hankintaerien määrän ja täydennyseräkoon sekä odotetun ylijäämävaraston laskemiseksi. Varaosatarpeen laskukaavat on esitetty kappaleessa 5.

3.1.1 Hankintaerien määrä ja täydennyseräkoko alasajon aikana

Materiaalivarastojen täydennyksiä tuotteen alasajon aikana tarvitaan vain silloin, kun tuote ajetaan hitaasti alas. Tuotteen välitön lopettaminen tai tuotannon lopettaminen raaka-aineiden loputtua -strategioissa ei materiaalivarastoja täydennetä ollenkaan, joten täydennyserille ei ole tarvetta.

Materiaalivarastojen täydennyksiä alasajon aikana suunniteltaessa ensimmäinen tehtävä on määrittää jokaisen tuotteeseen tarvittavan osan hankintaerien määrä ja eräkoko standardoidulla deterministisellä kaavalla. Laskennan jälkeen saatuja tuloksia verrataan mahdollisiin sopimusrajotteisiin, kuten esimerkiksi sopimuksen määrittämiin minimieräkokoihin. Tarvittavia hankintaerien määriä ja eräkokoja voidaan laskea kaavan (1) mukaan. (Wagner & Blecker 2015, s. 79-81)

$$aPL_{jt} = \begin{cases} \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^I ar_{ij} \cdot \left\lceil \frac{n_{it}}{LS_{it}} \right\rceil \cdot LS_{it} - s_{jt-1} + sp_{jt}}{PLS_{jt}} \right\rceil & \text{if } n_{it} > 0 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

$$ar_{ij}, PLS_{jt} > 0$$

$$\forall i \in I, j \in J, t \in T$$

aO_{it}	Avoimet tilaukset tuotteelle i ajalla t
aPL_{jt}	Hankintaerien määrä osalle j ajalla t
ar_{ij}	Osan j tarve tuotteen i valmistuksessa
LS_{it}	Tuotantoeräkoko tuotteelle i ajalla t
n_{it}	Tuotteen i tarve aikavälillä t , esim. $aO_{it} - s_{it-1}$
PLS_{jt}	Hankintaeräkoko osalle j ajalla t
sp_{jt}	Osan j varaosatarve j ajalla t
s_{it-1}	Tuotteen i määrä varastossa ajan t alussa
s_{jt-1}	Osan j määrä varastossa ajan t alussa

Kaavassa (1) lasketaan alasajon aikana tarvittavien hankintaerien määrä aPL_{jt} tietyllä hankintaeräkoolla PLS_{jt} käyttämällä apuna tilauskannassa olevia avoimia tilauksia, valmistettavan tuotteen ja siihen tarvittavien osien nykyisiä varastotasoja, tuotantoeräkojoja sekä varaosatarvetta, joka lasketaan kappaleessa 5.2 esitetyillä kaavoilla. Kaavaa on sovellettava jokaiselle alasajettavan tuotteen osalle erikseen. Kaavassa tarvittavien osien määrä tuotetta kohden kerrotaan tuotantotarpeella. Tästä tuloksesta vähennetään osien määrä varastossa ja lisätään mahdollinen varaosatarve, jolloin saadaan kokonaisosatarve osalle j . Tämä tulos vielä jaetaan suunnitellulla hankintaeräkoolla, joten lopputuloksena on hankintaeräkojen määrä. Tulos pyöristetään ylöspäin, ellei toimittaja suostu toimittamaan vajaata erää materiaalia viimeisenä täydennyksenä. Jos varastossa on jo tarvittava määrä osia, antaa kaava tulokseksi nollan. Hankintaeräkoko PLS_{jt} voidaan määrittää joko sopimusrajoitteiden mukaan tai Wilsonin (1934, s. 116-128) optimieräkokokaavan mukaan, jolla voidaan minimoida hankittavaan täydennykseen liittyvät varastointi- ja hankintakustannukset.

Optimieräkkö voidaan laskea, jos tiedetään tuotteen kysyntä, varastointikustannukset ja täydennyserään liittyvät kiinteät kustannukset. Optimieräkkökaava on esitetty alla kaavana (2).

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2)$$

Q	Optimieräkkö
D	Tuotteen kysyntä, tässä tapauksessa osan tarve alasajon aikana
S	Osan täydennyserään kiinteät kustannukset
H	Yhden tilattavan yksikön varastointikustannukset alasajon aikana

3.1.2 Odotettu ylijäämävarasto alasajon jälkeen

Tuotteen alasajon jälkeen jäävä ylijäämävarasto koostuu sekä lopputuotevarastosta että ylijääneistä raaka-aineista, joita ei voida hyödyntää muiden tuotteiden tuotannossa. Usein yritykset pyrkivät myymään ylijäämävarastonsa tyhjäksi laskemalla hintaa tai tarjoamalla asiakkaalle mahdollisuuden ostaa koko varaston tyhjäksi kerralla. Odotettua ylijäämävarastoa varten on laskettava jokaisen osan varastotasot tuotannon loputtua, lopputuotteen ylijäämävarasto avoimien tilauksien toimittamisen jälkeen sekä ylimääräisten osien ja lopputuotteiden aiheuttamat tappiot niiden hankintakustannuksien mukaan. Tarkkoja kustannuslaskelmia tehdessä on otettava huomioon myös FIFO-periaate ("First in, first out"), ja suunniteltujen ajanjaksojen olisi oltava melko lyhyitä, jotta hankintahinta osille voidaan olettaa samaksi. Osien kokonaiskustannukset syntyvät varastointi- ja hankintakustannuksien yhteenlasketusta summasta.

Seuraavaksi esitettyjen kaavojen (3), (4) ja (5) apuna käytetyt kaavat tarvittavien muuttujien laskemiseksi on esitetty liitteessä 1. Kaavalla (3) voidaan laskea odotetut kustannukset osan j ylijäämävarastoille (Wagner & Blecker 2015, s. 84-85).

$$ecRS_{jt} = \begin{cases} RS_{jt}(pu_{jt} + cRS_{jt}) & \text{if } RS_{jt} > 0 \quad \forall j \in J, t \in T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

cRS_{jt}	Ylijäämävaraston käsittelystä aiheutuvat yksikkökustannukset osalle j
$ecRS_{jt}$	Odotetut kustannukset osan j ylijäämävarastoista ajan t lopussa
pu_{jt}	Osan j yksikkökustannukset ajalla t
RS_{jt}	Osan j ylijäämävarasto ajan t lopussa

Kaava (3) antaa tulokseksi odotetut kustannukset osan j ylijäämävarastoista alasajon jälkeen. Kustannukset koostuvat ylijäämävaraston koosta, osan hankintakustannuksista ja ylijäämävarastojen loppukäsittelystä aiheutuvista kuluista. Kaavassa lasketaan ensin yhteen osasta aiheutuvat yksikkökustannukset sekä ylijäämävaraston käsittelystä aiheutuvat kustannukset, jotta saadaan kokonaiskustannukset yhden osan kohdalta. Tämä summa kerrotaan ylijäämävaraston koolla, ja tuloksena on kokonaiskustannukset osan ylijäämävarastosta. Ylijäämävaraston käsittelystä aiheutuvat yksikkökustannukset cRS_{jt} voivat olla joko positiivisia tai negatiivisia riippuen siitä, kuinka ylijäämävarastot käsitellään (esim. kierrätys, myynti, hävittäminen, hyväksikäyttö muissa tuotteissa). Jos osan ylijäämävarastot saadaan myytyä tai hyväksikäytettyä muissa tuotteissa, on yksikkökustannus käsittelylle negatiivinen ja sillä on osaan liittyviä kokonaiskustannuksia alentava vaikutus. Alasajettavan tuotteen käyttämien osien hyödynnettävyys muissa tuotteissa lasketaan myöhemmin kaavalla 6. Jos osan ylijäämävarasto RS_{jt} on alasajon jälkeen nolla, ovat myös osan aiheuttamat kustannukset nolla.

Kaavan (3) kanssa hyvin samankaltaisella kaavalla (4) voidaan laskea odotetut kustannukset tuotteen i ylijäämävarastolle. Kuten kaavassa (3), myös kaavan (4) tuotteen i ylijäämävaraston käsittelyn yksikkökustannus cRS_{it} voi olla positiivinen tai negatiivinen riippuen ylijäämävaraston käsittelytavasta. Mikäli ylijäämävarasto saadaan myytyä pois esimerkiksi alennettuun hintaan, on yksikkökustannus käsittelylle negatiivinen ja sillä on kokonaiskustannuksia alentava vaikutus. Jos

alasajettavan tuotteen ylijäämävarasto RS_{it} on nolla, ovat myös tuotteen ylijäämävaraston aiheuttamat kustannukset nolla. (Wagner & Blecker 2015, s. 86-87)

$$ecRS_{it} = \begin{cases} RS_{it}(cp_{it} + cRS_{it}) & \text{if } RS_{it} > 0 \quad \forall i \in I, t \in T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

cp_{it}	Yksikkökustannukset tuotteen i valmistukselle ajalla t
cRS_{it}	Ylijäämävaraston käsittelystä aiheutuvat yksikkökustannukset tuotteelle i
$ecRS_{it}$	Odotetut kustannukset tuotteen i ylijäämävarastoista ajan t lopussa
RS_{it}	Tuotteen i ylijäämävarasto ajan t lopussa

Summaamalla edellä esitettyjen kaavojen (3) ja (4) tulokset yhteen saadaan laskettua tuotteen alasajosta aiheutuvien kokonaiskustannusten määrä. Odotettuja kokonaiskustannuksia laskettaessa on huomioitava se, että jokaiselle alasajettavan tuotteen osalle on laskettava erikseen odotetut kustannukset ja ne kaikki on laskettava yhteen. Kaava (5) antaa vastaukseksi odotetut kokonaiskustannukset kaikkien osien ja alasajettavan tuotteen ylijäämävarastoille jokaisella ajanjaksolla t suunniteltavalle ajanjaksojen määrälle T , kunnes tuotanto lopetetaan. Kaava (5) on esitetty kahden summan summana, mutta jos alasajettavia tuotteita on vain yksi, lasketaan yhteen kaikkien tuotteen osien aiheuttamat kustannukset ja itse tuotteen valmistamisesta aiheutuvat kustannukset. (Wagner & Blecker 2015, s. 87-88)

$$tcRS_t = \sum_{i=1}^I ecRS_{it} + \sum_{j=1}^J ecRS_{jt} \quad \forall t \in T \quad (5)$$

$ecRS_{it}$	Odotetut kustannukset tuotteen i ylijäämävarastoista ajan t lopussa
$ecRS_{jt}$	Odotetut kustannukset osan j ylijäämävarastoista ajan t lopussa
I	Alasajettavien tuotteiden määrä
J	Alasajettavissa tuotteissa käytettävien osien määrä
$tcRS_t$	Kokonaiskustannukset tuotteiden alasajosta johtuville ylijäämävarastoille ajalla t
T	Ajanjaksojen määrä

3.1.3 Alasajettavan tuotteen osien hyödynnettävyys muissa tuotteissa

Tuotetta alasajettaessa on tärkeää arvioida alasajettavan tuotteen käyttämien osien hyödynnettävyyttä muualla. Mikäli osia ei voida hyödyntää muissa tuotteissa, on niiden täydennykset lopetettava ja mahdollisesti katkaistava toimitussuhde toimittajan kanssa. Toimittajasuhteiden hallintaa osana alasajoa käsitellään kappaleessa 4. Jos osat ovat hyödynnettävissä muissa tuotteissa, näkyvät mahdolliset muutokset niiden tarpeessa suoraan täydennysväleissä. Tästä syystä alasajon jälkeen on syytä laskea uudelleen varmuusvarastot ja täydennyseräkoot osille, jotka ovat hyödynnettävissä muissa tuotteissa. Niiden osien, joita ei enää tarvita alasajon jälkeen, varmuusvarasto asetetaan nolnaan alasajon alussa (Wagner 2017, s. 165).

Holtsch (viitattu Wagner & Blecker 2015 s. 86) esittelee kaavan alasajokerroimen laskemiseksi osalle j . Alasajokerroin kuvastaa osan j käyttöastetta alasajettavassa tuotteessa. Jos osaa j voidaan hyödyntää muissa tuotteissa, tulee alasajokerroimeksi osalle j alle 1. Alasajokerroimen laskeminen on esitetty kaavassa (6).

$$cPO_j = \sum_{t=1}^T \frac{\sum_{i=1}^I (ar_{ij} \cdot ao_{it})}{(\sum_{l=1}^L ar_{lj} \cdot ao_{lt} + \sum_{i=1}^I ar_{ij} \cdot ao_{it})} \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$ar_{lj}, ar_{ij} > 0 \quad \forall i \in I, j \in J, l \in L, t \in T$$

ao_{it}	Avoimet tilaukset tuotteelle i ajalla t
ao_{lt}	Avoimet tilaukset vaihtoehtoisille tuotteille l ajalla t
ar_{ij}	Osan j tarve tuotteen i valmistuksessa
ar_{lj}	Osan j tarve tuotteen l valmistuksessa
cPO_j	Alasajokerroin osalle j [0, 1]
I	Alasajettavien tuotteiden määrä
L	Vaihtoehtoisten tuotteiden määrä
T	Ajanjaksojen määrä

Kaavassa lasketaan ensin osan j käyttöaste alasajettavassa tuotteessa kertomalla osan tarve avoimien tilauksien määrällä. Jos alasajettavia tuotteita on useampia, lasketaan osan käyttö kaikilta alasajettavilta tuotteilta yhteen. Seuraavaksi lasketaan osan kokonaiskäyttöaste laskemalla yhteen edellä laskettu käytettävyys alasajettavassa tuotteessa ja käytettävyys kaikissa muissa vaihtoehtoisissa tuotteissa. Lopuksi osan käytettävyys alasajettavissa tuotteissa jaetaan kokonaiskäytettävyydellä, ja tulokseksi saadaan alasajokerroin. Kaava on esitetty summana ajanjaksoille, mutta se voidaan laskea suoraan koko alasajon ajalle asettamalla ajan t pituudeksi suunniteltu alasajon kesto. Tällaisessa tilanteessa ajanjaksojen määrä T on yksi.

Alasajokertoimen avulla voidaan laskea ne osat, joista syntynyt ylijäämävarasto ei aiheuta kuluja. Kun ylijäämävarasto kerrotaan alasajokertoimella, saadaan tulokseksi se määrä osia, joka lasketaan kustannuksia aiheuttaviksi ylijäämävarastoiksi. Mikäli ylijäämävaraston osia voidaan hyödyntää toisissa tuotteissa, on yleensä viisaampaa varastoida kyseisiä osia, kunnes varastotasot laskevat uudelle normaalitasolle. Tällöin alasajosta syntyvät kustannukset kyseisille osille syntyvät varastointikustannuksista, ja hankintahinta voidaan jättää huomioimatta, eli $pu_{jt} = \text{varastointikustannukset}$.

3.2 Tuotannosuunnittelu tuotteen alasajon aikana

Tuotannosuunnittelussa tuotteen alasajon aikana täytyy ottaa kaksi kokonaisuutta huomioon: avoimien tilausten täyttäminen ja mahdollisen varaosatarpeen tyydyttäminen. Varaosatarvetta käsitellään tarkemmin kappaleessa 5. Tuotteen alasajon aikaiseen tuotannosuunnitteluun vaikuttaa alasajettavan tuotteen tuotannonohjautuvuus. Alasajettava tuote voi olla joko tilausohjautuva, varasto-ohjautuva tai niiden yhdistelmä, jossa osavalmistus on varasto-ohjautuvaa ja kokoonpano tilausohjautuvaa.

3.2.1 Tuotannonohjautuvuuden vaikutus alasajoon ja tuotantokapasiteetin riittävyys

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa eli MTS-tuotannossa (Make to stock) lopputuotteella on varasto ja tilauspiste. Kun lopputuotteen varastosaldo menee alle tilauspisteen, siirtyy varastontäydennyserä tuotantoon. Wagnerin (2017, s. 121) mukaan yritysten, joiden alasajettava tuote on MTS-ohjautuva, olisi syytä siirtyä alasajon ajaksi MTO-tuotantoon ja asettaa lopputuotteen varmuusvarasto nolnaan. Hänen mukaansa kysynnän epävarmuus voi aiheuttaa suuria ylijäämävarastoja tai toimittamattomia tilauksia, mitkä vaikuttavat alasajon kustannuksiin ja asiakastyytyvyyteen. Jos tuotannonohjausstrategian vaihtaminen ei ole mahdollista esimerkiksi voimassa olevien sopimuksien takia, voidaan kysyntää pyrkiä ennustamaan tarjoamalla "Last time buy" mahdollisuutta asiakkaille tai käyttämällä kysynnän ennustamiseen historiallisia tilaustietoja. "Last time buy" on käsitelty tarkemmin kappaleessa 3.2.2.

Tilausohjautuvassa tuotannossa eli MTO-tuotannossa (Make to order) lopputuotevarastoa ei ole ja tuote menee tuotantoon vasta tilauksen jälkeen. Kun alasajettava tuote on tilausohjautuva, ei varmuusvarastoa tarvitse erikseen asettaa nolnaan. Tuotannonsuunnittelu toteutetaan normaalisti tilauksien mukaan ja lisäämällä tarvittava varaosatarve tuotantoon mukaan ennen tuotannon lopettamista.

Varasto- ja tilausohjautuvan tuotannon yhdistelmässä eli ATO-tuotannossa (Assemble to order) tuotteen kokoonpano tapahtuu vasta tilauksen jälkeen, mutta kokoonpanossa tarvittavat osat ovat varasto-ohjautuvia. Kun alasajettava tuote on ATO-ohjautuva, on jokaisen osan tarve määritettävä aiemmin esitetyllä alasajokertoimen kaavalla ja tarvittaessa asetettava varmuusvarastot nolnaan niille osille, joita ei enää tarvita alasajon jälkeen. Muille osille, joiden tarve vähenee alasajon seurauksena, on laskettava uudet varmuusvarastot ja tilauspisteet.

Kun kysyntä on määritetty ja tarvittava tuotanto laskettu sisältäen mahdollisen varaosatarpeen, voidaan laskea kapasiteetin riittävyys tarvittavalle tuotannolle. Koska alasajon aikainen tuotanto ei poikkea normaalista tuotannosta mitenkään, voidaan

tuotantokapasiteetin riittävyys laskea Gravesin (2001, s. 732) esittämällä kaavalla. Kapasiteetin riittävyys tarvittavalle tuotannolle lasketaan kaavalla (7). Kaavassa esitetty muuttuja a_{ik} kuvastaa kapasiteettitarvetta yhtä valmistettavaa tuotetta kohden.

$$\sum_{i=1}^I a_{ik} \cdot (aLmud_{it} + aLa_{it}) \cdot LS_{it} \leq b_{kt} \quad \forall k \in K, t \in T \quad (7)$$

a_{ik}	Resurssiyksiköiden k tarvittava määrä valmistettavaa tuotetta i kohden
aLa_{it}	Ylimääräisten tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t
$aLmud_{it}$	Minimimäärä tuotantoeriä avoimien tilauksien täyttämiseksi tuotteelle i ajalla t
b_{kt}	Vapaiden resurssien k määrä ajalla t
LS_{it}	Tuotantoerä koko tuotteelle i ajalla t

Kaavassa lasketaan ensin yhteen tuotantoerien määrä avoimien tilauksien täyttämiseksi alasajettavalle tuotteelle alasajon aikana ja ylimääräisten tuotantoerien määrä alasajon aikana eli varaosatarpeen täyttämiseen tarvittavien tuotantoerien määrä. Tämä summa kerrotaan tuotantoeräkoolla, jotta saadaan tulokseksi kokonaistuotannon tarve alasajettavalle tuotteelle. Kokonaistuotannon tarve kerrotaan resurssiyksiköiden tarvittavalla määrällä yhtä tuotettavaa tuotetta kohden. Resurssiyksikkö voi esimerkiksi olla läpimenoaika yhdelle tuotteelle. Tuloksena saatua resurssiyksiköiden tarvetta koko tuotantotarpeen täyttämiseksi verrataan vapaana olevien resurssiyksiköiden määrään. Jotta kapasiteettia olisi tarpeeksi, on tarpeen oltava pienempi tai yhtä suuri kuin vapaana olevat resurssiyksiköt.

3.2.2 Last time buy

”Last time buy” eli viimeinen ostomahdollisuus tarkoittaa yleensä suurta viimeistä ostoerää, jonka tarkoituksena on ostaa poistuvaa tuotetta varastoon riittävästi korkean palveluasteen ylläpitämiseksi (Behfard et al. 2015, s. 498). Tuotteen alasajon näkökulmasta ”Last time buy” on keino antaa asiakkaille mahdollisuus hankkia tuotetta varastoon riittävästi tulevaisuuden varalle. ”Last time buy” voidaan myös nähdä niin,

että alasajoa suunnitteleva yritys hankkii riittävän määrän varaosia alasajettavan tuotteen huoltoon varten, jos yritys tarjoaa huoltosopimusta valmistamiinsa tuotteisiin. Tarjoamalla "Last time buy" -mahdollisuutta asiakkailleen voi tuotetta alasajava yritys ennustaa tarvittavat tuotantomäärät ennen tuotannon lopettamista ja helpottaa tuotannosuunnitteluaan. Kun tarkka kysyntä on tiedossa, on riski ylijäämävarastojen syntymiseksi pieni.

4 TOIMITTAJASUHTEIDEN HALLINTA OSANA TUOTTEEN ALASAJOA

Toimittajasuhteiden hallinta tuotteen alasajon aikana nousee esille, kun alasajettavan tuotteen käyttämien osien tarve muuttuu tuotannon loppuessa. Toimittajasuhteiden hallinta voidaan määritellä toimenpiteinä, joilla luodaan, kehitetään, ylläpidetään ja poistetaan tilaus-toimitussuhteita nykyisten toimittajien kanssa sekä seurataan markkinoilla olevia, mahdollisia tulevia toimittajia. Toimittajasuhteiden hallinnan tärkein tehtävä on saavuttaa mahdollisimman hyvä toimittajaportfolio (Moeller et al. 2006, s. 73). Tässä kappaleessa käsitellään tuotteen alasajon aikaisia toimenpiteitä toimittajasuhteiden hallinnan näkökulmasta ja perehdytään mahdollisiin tilanteisiin, joita yritys voi kohdata toimittajien kanssa alasajon seurauksena.

4.1 Toimenpiteitä toimittajasuhteiden hallintaan tuotteen alasajon aikana

Toimittajasuhteiden hallinta voidaan jakaa kolmeen osaan: toimittajiin, joiden kanssa ei vielä ole yhteistyötä, toimittajiin, joiden kanssa on aktiivista yhteistyötä ja toimittajiin, joiden kanssa toimittajasuhde päätetään (Moeller et al. 2006, s. 73). Tuotteen alasajon kannalta tärkeimmät toimittajasuhteiden hallinnan osa-alueet ovat mahdollisten uusien toimittajien arviointi, toimittajasuhteiden kehittäminen ja toimittajasuhteiden lakkauttaminen, koska alasajosta voi seurata toimittajasuhteen lopetus ja uuden toimittajasuhteen aloitus tai nykyisen toimittajasuhteen kehittäminen. Alasajosta seuraavia tilanteita toimittajien kanssa käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.2.

Tuotteen alasajon näkökulmasta on tärkeää ylläpitää suhteita toimittajiin, joiden kanssa ei vielä ole toimintaa, sillä alasajon jälkeen uusien toimittajasopimuksien luominen voi olla tarpeen. Tällaisten toimittajien hallinnan tärkein näkökulma on mahdollisten toimittajien tarkkailu ja vertailu, jotta tiedostetaan parhaat vapaina olevat toimittajat markkinoilla. Vertaillessa toimittajia yritykset yleensä vertailevat hintoja, toimitusaikoja, luotettavuutta ja laatua. Erityisesti tilanteessa, jossa yksi päätoimittaja toimittaa valtaosan tai kaikki yrityksen tarvitsemat materiaalit, on mahdollisten toimittajien arviointi tärkeää, koska päätoimittajan menettäminen tai ongelmat

toimittajasuhteessa voivat aiheuttaa vakavia toimitusongelmia. Mahdollisia toimittajia arvioitaessa on otettava huomioon arvioinnin kustannukset sekä vaikeus vertailla nykyisiä toimittajasuhteita mahdollisten uusien toimittajasuhteiden kanssa. (Moeller et al. 2006, s. 73-75)

Nykyisten toimittajien hallinta tuotteen alasajon näkökulmasta tulee esille esimerkiksi silloin, kun tarve alasajettavan tuotteen käyttämille osille muuttuu tai osaa toimittajan toimittamista osista ei enää tarvita ollenkaan. Nykyisten toimittajien hallintaan kuuluu tärkeänä osana toimittajasuhteen kehittäminen. Toimittajasuhteen kehittämiseen kuuluu nykyisten toimintatapojen arviointi ja kehittäminen tekemällä tarvittavia toimenpiteitä sekä sijoituksia toimittajasuhteisiin. Esimerkiksi jakamalla tietoa tehokkaammin voidaan tehostaa ja automatisoida tilaus-toimitusprosessia toimittajien kanssa, mikä auttaa lyhentämään toimitusaikoja. Toimittajasuhteen laatua voidaan arvioida tuotteen, palvelun, osaamisen, viiveen ja sosiaalisen hyödyn kautta. Tuotteen alasajo voi pakottaa yrityksen kehittämään toimittajasuhdetta, mikäli tarve osalle toimittajan toimittamista osista muuttuu merkittävästi. Tällaisessa tilanteessa on pyrittävä laatimaan yhdessä toimittajan kanssa uudet toimitusvälit ja toimituseräkoot. (Moeller et al. 2006, s. 78)

Toimittajasuhteen päättäminen on tuotteen alasajon kannalta tarpeen silloin, kun toimittajan toimittamia osia ei enää tarvita ollenkaan tai tarve on niin pieni, että on kustannustehokkaampaa hankkia ne yksittäistilauksina muualta. Toimittajasuhteen päättäminen voidaan määritellä siten, että toimittajan ja yrityksen välillä ei enää vaihdeta resursseja. Moeller et al. (2006, s. 83-84) mukaan toimittajasuhde voidaan päättää joko suorasti ilmoittamalla toimittajalle suhteen päättämisestä tai epäsuorasti toimimalla niin, että toimittajasuhde päättyy toimittajan osalta. Toimittajasuhteen päättämiseen kuuluu neuvottelut sopimuksen loppumisesta, ylijäämävarastojen käsittelystä ja viimeisestä laskutuksesta. Toimittajasuhdetta päätettäessä on tärkeää, että tuotetta alasajava yritys pyrkii välttämään sopimusriitoja ja niistä mahdollisesti aiheutuvia oikeudenkäyntikuluja.

4.2 Analyysi mahdollisista tilanteista toimittajan kanssa alasajon aikana

Kappaleessa 3.1.3 esitetyllä kaavalla (6) voidaan laskea alasajettavan tuotteen käyttämien osien hyödynnettävyys muissa valmistettavissa tuotteissa. Kaavalla laskettavan alasajokertoimen avulla voidaan määrittää uusi tarve osille kertomalla nykyinen tarve alasajokertoimella ja vähentämällä se nykytarpeesta. Nykyinen tarve osalle j ajalla t voidaan määrittää esimerkiksi historiallisista varastotiedoista tai toimittajalta. Kaavassa (8) on esitetty uuden tarpeen määrittäminen osalle j .

$$nN_{jt} = cN_{jt} \cdot (1 - cPO_j) \quad (8)$$

cN_{jt} Nykyinen tarve osalle j ajalla t

cPO_j Alasajokerroin osalle j [0, 1]

nN_{jt} Uusi tarve osalle j ajalla t

Alasajokertoimen cPO_j ollessa yksi antaa kaava vastaukseksi nollan ja tarvetta osalle j ei enää ole. Tarpeen loppuessa on toimitussuhde toimittajan kanssa lakkautettava kyseisen osan kohdalla ja mahdolliset ylijäämävarastot joko palautettava toimittajalle mahdollisuuksien mukaan tai kierrätettävä. Jos toimittaja toimittaa vain osia, joita ei enää tarvita, on koko toimittajasuhde lakkautettava, mutta toimittajan toimittaessa myös muita osia, on toimittajat kyseisille osille kilpailutettava uudestaan. Tällaisessa tilanteessa voi joskus olla kustannustehokkaampaa hankkia kaikki osat muilta toimittajilta.

Alasajokertoimen cPO_j ollessa lähellä nollaa ei osan j tarve muutu merkittävästi. Tällaisessa tilanteessa toimitussuhde osan suhteen jatkuu normaalisti, mutta alasajon jälkeen osalle lasketaan uudet tilauseräkoot, varmuusvarastot ja tilauspisteet. Mahdolliset sopimusrajoitteet on otettava huomioon, ja niistä syntyvät ylimääräiset varastointikustannukset voidaan laskea mukaan alasajosta aiheutuviin kustannuksiin.

Alasajokertoimen cPO_j ollessa lähellä yhtä pienenee osan j tarve merkittävästi, mutta sitä tarvitaan edelleen. Jos tarve osalle vähenee merkittävästi, on osan

varastointitarpeen ja toimitussopimusten uudelleenarviointi tärkeää. Osan varastointi ei välttämättä tällaisessa tilanteessa ole enää järkevää hitaan varastonkiertoajan takia, ja esimerkiksi siirtyminen yksittäistoimituksiin tarvittaessa voi olla kustannustehokkaampi ratkaisu. Toimittajat kannattaa kilpailuttaa tarpeen muuttuessa merkittävästi, sillä toimittajanvaihdoksella voidaan esimerkiksi karsia pieni toimittaja pois ja sisällyttää vähäisen tarpeen osa samaan toimituserään muiden toisen toimittajan toimittamien osien kanssa. Jos toimittaja toimittaa myös muita osia vähäisen tarpeen osan *j* lisäksi, voidaan pyrkiä neuvottelemaan yksittäistoimituksista osalle muiden toimituksien mukana.

5 VARAOSA- JA HUOLTOPALVELUTOIMINTA ALASAJON JÄLKEEN

Tässä kappaleessa käsitellään erilaiset varaosastrategiat tuotteen alasajon jälkeen sekä varaosatarpeen määrittäminen. Varaosa- ja huoltopalvelutoiminnan ottaminen huomioon tuotteen alasajossa on tärkeää varsinkin kestävien, pitkäikäisten tuotteiden kohdalla (Alexander 1964, s. 6). Varaosa voidaan määritellä osana, yksikkönä tai kokonaisuutena tuotteena, jonka tarkoituksena on korvata viallinen, loppuun käytetty tai puuttuva osa, yksikkö tai kokonainen tuote. Ennen tuotannon lopettamista varaosia tuotetaan osana normaalia tuotantoa, mutta tuotannon lopettamisen jälkeen varaosatarve on täytettävä muilla varaosastrategioilla, kunnes tuotteen palvelusuhde loppuu (Wagner 2017, s. 44). Jos varaosat tuotannosta ei ole voimassa olevaa sopimusta asiakkaan kanssa, voi alasajon suorittava yritys tarjota kappaleessa 3.2.2 esiteltyä ”Last time buy” -mahdollisuutta asiakkaalle ison viimeisen hankintaerän ostamiseksi varaosiksi.

5.1 Varaosastrategiat alasajetulle tuotteelle

Dombrowski ja Bothe (viitattu Wagner 2017, s. 45) esittelevät viisi erilaista varaosastrategiaa varaosatarpeen tyydyttämiseksi tuotteen alasajon jälkeen. Nämä strategiat ovat korvaavat yhteensopivat tuotteet, varaosat tuotanto alasajon jälkeen, hajoavien tuotteiden korjaus, palautettujen tuotteiden uudelleenkäyttö ja varaosien varastointi tuotannon lopettamisen jälkeen. Sopiva varaosastrategia valitaan kustannuslaskelmien, teknologian soveltumisen, ennusteiden, riskin ja ennusteiden laadun perusteella.

Korvaavat yhteensopivat tuotteet ovat ominaisuuksiltaan samanlaisia alasajettavan tuotteen kanssa tai standardisoituja, joten niitä voidaan käyttää suoraan varaosina alasajettavalle tuotteelle. Korvaavat yhteensopivat tuotteet tukevat aiemmin tuotetun tuotteen alasajoa, koska niihin yleensä soveltuvat samat raaka-aineet ja asiakastyytyväisyys ei kärsi tuotteen alasajon seurauksena tapahtuvasta palveluasteen laskemisesta. (Wagner 2017, s. 45)

Varaosatuotanto alasajon jälkeen vaatii yritykseltä mahdollisuutta tuottaa alasajettua tuotetta edelleen sisäisesti tai ulkoisesti. Sisäinen tuotanto voidaan toteuttaa joko ajoittaisilla pienen volyymin tuotantoerillä tai yksittäistuotantona. Ulkoistettu varaosatuotanto on usein seuraus myydystä tuotantokapasiteetista. Yleensä varaosatuotannossa alasajon jälkeen yksikkökustannukset ovat normaalia sarjatuotantoa korkeammat ja palveluaste on matalampi (Aurich et al., viitattu Wagner 2017, s. 46).

Hajoavien tuotteiden korjaus ja palautettujen tuotteiden uudelleenkäyttö ovat luonteeltaan hyvin samankaltaisia varaosastrategioita ja eroavat vain siten, että ensin mainitussa palautetut tuotteet korjataan ja käytetään varaosina, kun jälkimmäisessä korjaustarvetta ei ole. Näiden strategioiden toimiminen vaatii sen, että asiakkaat ovat valmiita vastaanottamaan käytettyjä tuotteita varaosiksi (Krikke & van der Laan 2011, s. 5186).

Varaosien varastointi tuotannon lopettamisen jälkeen strategiassa tuotteen alasajon aikana valmistetaan varastoon suuri erä varaosia, joiden on laskettu riittävän tuotteen huoltosuhteen päättymiseen asti (Wagner 2017 s. 46). Strategiassa on alasajon aikana tuotantoon otettava mukaan tilattujen toimitusten lisäksi varaosatuotanto. Varaosien varastointi tuotannon lopettamisen jälkeen on usein ainoa mahdollinen varaosastrategia alasajettavan tuotteen luonteen ja ominaisuuksien takia. Strategian suurin heikkous on siitä aiheutuvien varastointikustannuksien suuruus. Jotta varaosia voitaisiin varastoida tuotannon lopettamisen jälkeen, on selvitettävä varaosatarpeen suuruus ja tuotettava varaosat ennen tuotannon lopettamista.

5.2 Varaosatarve alasajettavalle tuotteelle ja sen osille

Varaosatarve voidaan määrittellä suunniteltujen korvattavien osien määränä huoltosuhteen loppuun mennessä. Suunniteltu korvattavien osien määrä voidaan määrittellä joko kaikkina huoltosuhteen aikana korvattavina osina tai pienimmät kustannukset aiheuttavana määränä. Sahyouni et al. (2010, s. 794) esittelevät laskukaavan varaosakustannuksien minimoimiseksi, kun korvattavien tuotteiden

määrä on tiedossa. Wagner (2017, s. 126-131) laajentaa tätä näkökulmaa luomalla mallin korvattavien tuotteiden odotetun määrän laskemiseksi käyttäen apuna Ritchien ja Wilcoxin (1977, s. 90-91) kehittämää mallia varaosatarpeen määrittämiseksi.

Wagnerin malliin sisältyy useita vaiheita. Mallin mukaan selvitetään tuotteiden kokonaismäärä markkinoilla tuotannon loppuessa, laskentaan sisällytetään sekä tuotteen että varaosilla korvattavien yksittäisten osien hajoamisprosentti ja mahdolliset uudelleenajoamiset korjatuille osille. Lopuksi kaikki vaaditut osat huoltosuhteen ajalle lasketaan yhteen ja määritetään varaosatarve. Mallissa käytetty tuotteen käyttöikä vaikuttaa hajoamisprosenttiin: mitä pidempään tuote on käytössä, sitä suurempi todennäköisyys on sen hajoamiselle. Tuotteen hajoamisprosentti riippuen sen iästä voidaan määrittää historiallisista tuotetiedoista, testaamalla tai asiantuntijoiden arviolla. Tuotteiden kokonaismäärä markkinoilla tuotannon loppuessa voidaan laskea kaavalla (9). (Wagner 2017, s.123-126)

$$Q_{iat} = QP_{iat} + (1 - \lambda_{ia}) \cdot Q_{iat-1} \quad \forall a \in A, i \in I, t \in T \quad (9)$$

λ_{ia}	Hajoamisprosentti tuotteelle i riippuen sen iästä a
a	Ikä a (Nykyinen aika vähennettynä myyntipäivämäärällä)
i	Tuotteen tyyppi
Q_{iat}	Tuotteiden i määrä markkinoilla ajan t lopussa iällä a
Q_{iat-1}	Tuotteiden i määrä markkinoilla ajan t alussa iällä a
QP_{iat}	Tuotettujen tuotteiden i määrä ajanjaksolla t iällä a
t	Ajanjakso

Kaavassa lasketaan ensin markkinoilla olevien tuotteiden määrän kehitys alasajon aikana vähentämällä yhdestä hajoamisprosentti ja kertomalla se markkinoilla olevien tuotteiden määrällä alasajon alussa. Markkinoilla olevien tuotteiden määrä alasajon alussa voidaan määrittää esimerkiksi historiallisista myynti- ja palautustiedoista. Jos tuotteen huoltosuhte on jo päättynyt, voidaan se laskea poistuneeksi markkinoilta. Kun markkinoilla olevien tuotteiden määrän kehitys alasajon aikana on laskettu, lisätään

siihen alasajon aikana tuotettujen tuotteiden määrä, ja tulokseksi saadaan markkinoilla olevien tuotteiden kokonaismäärä tuotannon loppuessa.

Tuotannon lopettamisen jälkeen ei markkinoille tule enää uusia tuotteita ja tuotteiden määrä laskee nolnaan hajoamisprosentin määrittämällä nopeudella. Tuotteiden määrän markkinoilla laskemisen jälkeen yhdistetään tuotetiedot ja varaosatiedot. Varaosien hajoamiskäyttäytyminen ei riipu tuotteen hajoamiskäyttäytymisestä, joten jokaisella korjattavalla osalla on oma hajoamisprosentti. Kaava (10) seuraa kaavan (9) rakennetta, ja siihen on lisätty korjattavien osien vaikutus. Korjauksen jälkeen osan elinikä on nolla, koska varastoinnilla ei ole vaikutusta käyttöikänsä. Kaavalla (10) lasketaan hajoavien osien määrä.

$$\begin{aligned}
 QF_{jat} &= \lambda_{ja} \cdot (Q_{jat} - QF_{jat-1} + QFR_{jat-1}) \\
 &= \lambda_{ja} \left(\sum_{i=1}^I Q_{iat} \cdot ar_{ij} - QF_{jat-1} + QFR_{jrt-1} \right)
 \end{aligned} \tag{10}$$

$\forall j \in J, r \in R, t \in T$

λ_{ja}	Hajoamisprosentti osalle j riippuen sen iästä a
a	Ikä a (Nykyinen aika vähennettynä korjaus- tai myyntipäivämäärällä)
ar_{ij}	Osan j tarve tuotteen i valmistuksessa
I	Kaikkien mahdollisten tuotteiden määrä
Q_{iat}	Tuotteiden i määrä ajan t lopussa iällä a (Kaava 9)
Q_{jat}	Osien j määrä ajan t lopussa iällä a
Q_{jat-1}	Osien j määrä ajan t alussa iällä a
QF_{jat}	Hajoavien osien j määrä ajan t lopussa iällä a
QF_{jat-1}	Hajoavien osien j määrä ajan t alussa iällä a
QFR_{jat-1}	Hajoavien osien j määrä, jotka korjattiin ajan t alussa iällä a (Kaava 12)

Kaavassa lasketaan hajoavien osien määrä huoltosuhteen ajalla kertomalla markkinoilla olevien tuotteiden määrä siihen tarvittavien osien määrällä, vähentämällä saadusta tuloksesta jo ennen alasajoa hajonneiden osien määrä ja lisäämällä

tulokseen hajoavien osien määrä, jotka on jo korjattu. Saatu tulos kerrotaan hajoamisprosentilla, ja lopputuloksena on hajoavien osien määrä.

Osia ei korjata niiden hajottua, jos ne ovat merkityksettömiä tai niiden korjaaminen olisi liian kallista. Osat, joita ei korjata, vaikuttavat negatiivisesti todelliseen varaosatarpeeseen. Todennäköisyys μ_{ja} sille, että hajoavaa osaa ei korvata, on määritettävä ennen kaavan käyttöä. Jos yritys aikoo korjata kaikki hajoavat osat, saa μ_{ja} arvon 0, jolloin pätee $eQF_{jat} = QF_{jat}$. Todellinen varaosien tarve hajoavien osien korjaamiseksi lasketaan kaavalla (11). (Ritchie & Wilcox 1977, s. 91)

$$eQF_{jat} = QF_{jat} \cdot e^{-\mu_{ja}} \quad \forall a \in A, j \in J, t \in T \quad (11)$$

μ_{ja} Todennäköisyys, että hajoavaa osaa j ei korjata riippuen iästä a

eQF_{jat} Korjattavien osien j määrä ajan t lopussa iällä a

QF_{jat} Hajoavien osien j määrä ajan t lopussa iällä a

Kun kaavassa (11) laskettuja osia j korjataan, on korjattavien osien ikä asetettava nolnaan. Kaavalla (12) lasketaan korjattavien osien j määrä tietyssä päivänä, jotta niiden ikä voidaan asettaa nolnaan.

$$QFR_{jrt} = \sum_{t=s}^r eQF_{j(t-s)t} = \sum_{a=0}^{r-s} eQF_{jat} \quad (12)$$

a Ikä a (Nykyinen aika vähennettynä korjaus- tai myyntipäivämäärällä)

eQF_{jat} Korjattavien osien j määrä iällä a (Kaava (11))

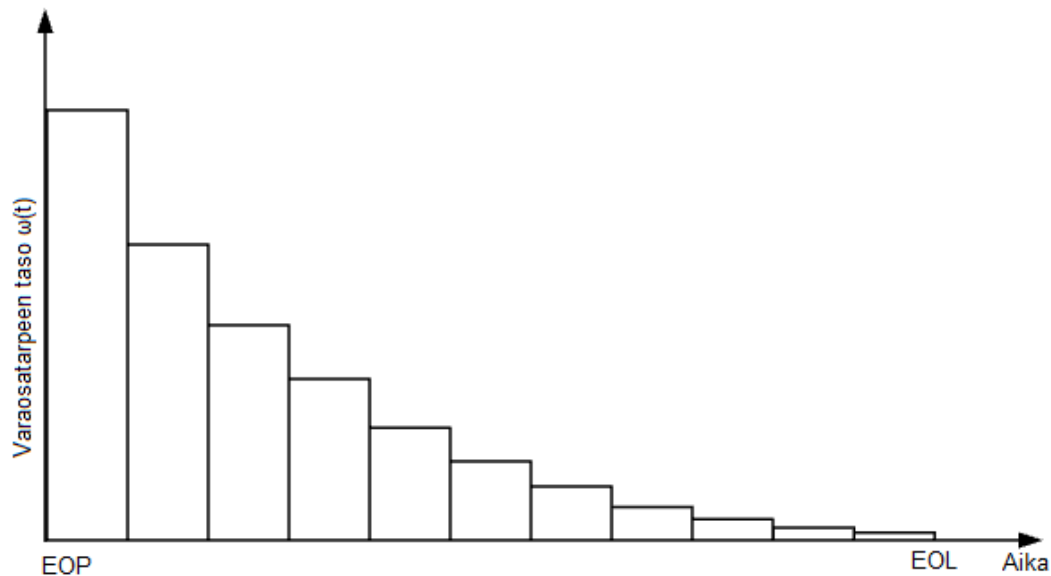
QFR_{jrt} Korjattavien osien j määrä korjauspäivämäärän r aikana

r Korjauspäivämäärä

s Myyntipäivämäärä

t Ajanjakso

Varaosatarpeen tason voidaan katsoa olevan korvattavien osien määrä tietyllä ajanhetkellä. Koska korvattavien osien ikä asetetaan nolnaan ja markkinoilta poistuu tuotteita jatkuvasti, laskee varaosatarpeen taso ajan kuluessa. Varaosatarpeen tason kehittyminen ajan myötä on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Varaosatarpeen tason kehittyminen ajan myötä. (Wagner 2017, s. 129)

Varaosatarpeen taso eli palautusaste ajalla t lasketaan summaamalla yhteen korvattavien osien määrä tietyssä korjauspäivämääränä kaikilta mahdollisilta korjauspäivämääriltä. Varaosatarpeen tason laskeminen on esitetty kaavassa (13).

$$\omega_{jt} = \sum_{r=0}^R QFR_{jrt} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (13)$$

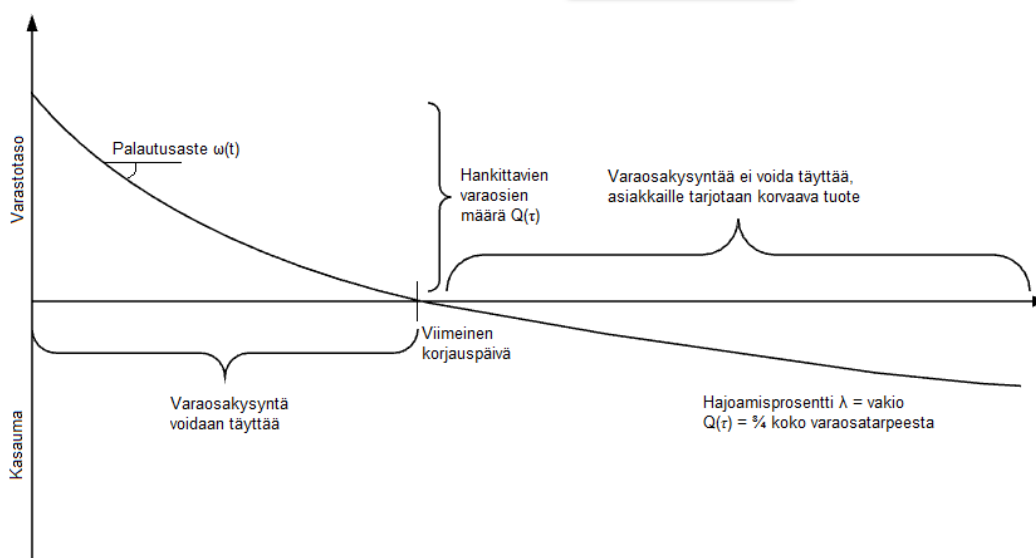
ω_{jt}	Palautusaste (Varaosatarpeen taso) ajalla t
QFR_{jrt}	Korvattavien osien j määrä korjauspäivämäärän r aikana (Kaava 11)
r	Korjauspäivämäärä (R = kaikki mahdolliset korjauspäivämäärät)
t	Ajanjakso

Yritys voi tuottaa kaikki varaosatarpeen määrittämät varaosat ennen tuotannon lopettamista ja varastoida niitä, kunnes palvelusuhte tuotteen osalta loppuu. Tällaisessa tapauksessa varaosatarve saadaan suoraan kaavalla (14), kun viimeinen korjauspäivä τ asetetaan palvelusuhteen loppumispäivään ja lasketaan yhteen kaikki varaosatarpeen tasot ajalle.

$$Q_j(\tau) = \sum_{t=0}^{\tau} \omega_{jt} \quad \forall j \in J \quad (14)$$

ω_{jt} Palautusaste (Varaosatarpeen taso) ajalla t
 $Q_j(\tau)$ Varaosatarve osalle j
 τ Viimeinen korjauspäivä

Yritykset pyrkivät minimoimaan kustannuksia, joten yleisempi lähestymistapa varaosatarpeen määrittämiseksi on laskea pienimmät kustannukset koko varaosatoiminnalle. Sahyouni et al. (2010, s. 793) esittelevät mallin, jolla voidaan laskea pienimpien varaosakustannuksien aiheuttava varaosatarve tietyllä huoltosuhteen pituudella. Mallissa joko korjataan rikkoutunut osa tai korvataan se korvaavalla tuotteella. Mallin logiikka on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Korjaus-korvaus päätös varaosatarpeesta (Wagner 2017, s. 130)

Esitetyssä mallissa Sahyouni et al. (2010, s. 794) olettaa, että palautusaste ω_{jt} on tiedossa, mutta Wagnerin (2017, s. 126-130) esittelemillä kaavoilla (Kaavat (9) – (13)) se voidaan määrittää laskennallisesti. Koska palautusaste ω_{jt} ei ole jatkuva funktio, se täytyy esittää summana, joka esittää jatkuvaa funktiota laskemalla yhteen eri päivinä korjatut osat. Kaavalla (15) lasketaan varaosatarve $Q_j(\tau)$, josta syntyy pienimmät mahdolliset kustannukset. Kaava ottaa huomioon korvauskustannukset, varastointikustannukset, korjauskustannukset, hankintahinnat ja kiinteät kustannukset korjaukseen liittyen.

$$\begin{aligned} \min_{\tau} \quad & \{F_{jt}(\tau) + V_j + H_j + R_j + P_j\} \\ = \min_{\tau} \quad & \left\{ F_j(\tau) + v_j Q_j(\tau) + \sum_{t=0}^{\tau} h_{jt} \sum_{s=t}^{\tau} \omega_{js} + r_j \left(\sum_{t=\tau}^T \omega_{jt} \right) + \sum_{t=0}^{\tau} pu_{jt} \omega_{jt} \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

F_{jt}	Kiinteät kustannukset yksikköaikaa kohden korjauskapasiteetin ylläpidosta
h_{jt}	Varaosien varastointikustannukset yksikköaikaa kohden
H_j	Kaikki varastointikustannukset tuotteen palvelusuhteen päättymiseen asti
n	Kontrollimuuttuja
P_j	Hankintahinta kaikille osille j
pu_{jt}	Yksikkökustannukset osalle j ajalla t
r_j	Yksikkökustannukset tuotteen korvaamisesta
R_j	Kaikki korvaamiskustannukset korjaamisen loppumisesta palvelusuhteen päättymiseen asti
$Q_j(\tau)$	Varaosatarve osalle j
T	Suunniteltu aikahorisontti
v_j	Muuttuvat kustannukset yhden tuotteen korjaamista kohden
V_j	Kaikki muuttuvat kustannukset tuotteiden korjaamiselle
τ	Korjaamisen lopettamispäivämäärä
ω_{jt}	Palautusaste (Varaosatarpeen taso) ajalla t

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kandidaatintyön tavoitteena oli tutkia tuotteen elinkaaren loppuvaihetta eli tuotteen alasajonprosessia. Työ keskittyi alasajoprosessiin tuotannonohjauksen, toimittajasuhteiden ja varaosatuoannon kannalta. Työtä varten laadittiin neljä tutkimuskysymystä, joihin työ pyrkii vastaamaan.

1. Kuinka varastojen täydennyksiä hallitaan tuotteen alasajon aikana?

Varastojen täydennykset tuotteen alasajon aikana riippuvat valitusta alasajostrategiasta. Jos tuote päätetään lopettaa heti tai ajaa alas varaston loputtua, ei varastoja täydennetä ollenkaan. Jos tuote ajetaan alas hitaasti, ovat varastojen täydennykset tarpeellisia ja niitä varten on laskettava täydennyseräkoot ja täydennyserien määrä työssä esitetyllä kaavalla. On tärkeää laskea täydennykset tarkkaan, koska ylijäämävarastoista aiheutuvat kustannukset voivat olla merkittäviä. Odotettuja ylijäämävaraston kustannuksia varten on myös esitetty laskentamalli, joka ottaa huomioon osien hyödynnettävyyden muissa tuotteissa ja mahdollisuuden palauttaa ylijäämävarastot toimittajalle tai myydä ne alennettuun hintaan. Tuotteen alasajon jälkeen osille lasketaan uudet varmuusvarastotasot, täydennyseräkoot ja tilauspisteet.

2. Miten tuotantoa suunnitellaan tuotteen alasajon aikana?

Tuotannosuunnitteluun tuotteen alasajon aikana vaikuttaa tuotannonohjautuvuus. MTS- ja ATO-tuotannosta on suositeltavaa siirtyä MTO-tuotantoon alasajon ajaksi, mikäli se on mahdollista asiakasvaatimuksien salliessa. Tuotteen alasajon alussa tuotteiden varmuusvarastot asetetaan nolnaan, jotta ylijäämävarastoja ei syntyisi lopputuotteista. Tuotantotarve lasketaan ennustamalla kysyntä tuotannon lopettamispäivään mennessä. Kysyntäennuste voidaan laatia historiallisista tilaustiedoista, avoimesta tilauskannasta tai tarjoamalla viimeistä ostomahdollisuutta asiakkaille. Kysynnän lisäksi tuotantoon on lisättävä varaosatarve, koska tuotannon

lopettamisen jälkeen ei varaosia voida enää valmistaa. Tuotanto toteutetaan normaalisti, ja kapasiteetin riittävyys voidaan laskea työssä esitetyllä kaavalla.

3. Kuinka toimittajasuhteita hallitaan ajettaessa tuotetta alas?

Toimittajasuhteiden hallinta nousee esille tuotteen alasajossa, kun alasajetun tuotteen osien tarve muuttuu tai lakkaa kokonaan. Toimittajasuhteiden hallinnassa on tärkeää arvioida ja vertailla mahdollisia tulevia toimittajia, jos tuotteen alasajon seurauksena on tehtävä toimittajan vaihdos. Nykyisten toimittajien kanssa on toimittajan toimittamien osien tarpeen muuttuessa kehitettävä toimittajasuhdetta ja laskettava uudet täydennysvälit ja täydennyseräkoot. Toimittajasuhteen lakkauttaminen on edessä, jos alasajettavan tuotteen käyttämän osan tarve vähenee nolnaan ja toimittaja ei toimita muita osia. Myös vähäisen tarpeen kohdalla alasajettavan tuotteen osalle on syytä kilpailuttaa toimittajat ja toimitusvaihtoehdot, koska yksittäistoimitukset joltain toiselta toimittajalta voivat olla kustannustehokkaampi ratkaisu. Jos osaa voidaan hyödyntää muissa tuotteissa merkittävässä määrin, ei usein alasajo aiheuta suurempia toimenpiteitä toimittajan kanssa. Aina alasajon jälkeen osien tarpeen muuttuessa on laskettava uudet toimituseräkoot ja toimitusvälit.

4. Kuinka varaosien saatavuus varmistetaan tuotannon lopettamisen jälkeen?

Varaosien saatavuus tuotannon lopettamisen jälkeen voidaan varmistaa useilla eri varaosastrategioilla. Varaosastrategia voi olla korvaava tuote, alasajon jälkeiset tuotantoerät alasajetulle tuotteelle, tuotteiden korjaus tai varaosien varastointi tuotannon jälkeen. Yleensä ainoa mahdollinen varaosastrategia on niiden varastointi huoltosuhteen loppumiseen saakka. Varaosatarve voidaan laskea työssä esitetyllä laskentamallilla ja tekemällä päätös siitä, kuinka suuri osa hajoavista osista aiotaan korjata. Varaosien tuotanto toteutetaan tuotteen alasajon aikana osana normaalia tuotantoa. Varaosista aiheutuvien kustannuksien optimointia varten työssä on esitetty laskentakaava, joka tasapainottaa varaosista, korjaamisesta ja korvaamisesta aiheutuvat kustannukset.

LÄHTEET

Alexander, R. S. 1964. The death and burial of “sick” products. *Journal of Marketing*. Vol. 28, nro. 2, s. 1-7.

Avlonitis, G., Hart, S. & Tzokas, N. 2000. An analysis of product deletion scenarios. *Journal of Product Innovation Management*. Vol. 17, nro 1, s. 41-56.

Baker, M. & Hart, S. 2007. *Product Strategy and Management*. Second Edition. Harlow, Prentice Hall. 560 s.

Behfard, S., van Der Heijden, M. C., Al Hanbali, A. & Zijm, W. H. M. 2015. Last Time Buy and Repair Decisions for Spare Parts. *European Journal of Operational Research*. Vol. 244, nro. 2, p. 498-510.

Burkett, M. 2010. Planning a Product's End of Life. *Supply Chain Management Review*. Vol. 14, nro 1, s. 6-7.

Graves, S. C. 2001. Manufacturing Planning and Control. Teoksessa: P.M. Pardalos & M. G. C. Resende (Eds). *Handbook of applied optimization*. New York, Oxford University. s. 728-746.

Hise, R., Parasuraman, A. & Viswanathan, R. 1984. Product Elimination: The Neglected Management Responsibility. *The Journal of Business Strategy*. Vol. 4, nro 4, s. 56-63.

Krikke, H. & van der Laan, E. 2011. Last time buy and control policies with phase-out returns: a case study in plant control systems. *International Journal of Production Research*. Vol 49, nro 17, s. 5183-5206.

Moeller, S., Fassnacht, M. & Klose, S. 2006. A Framework for Supplier Relationship Management (SRM). *Journal of Business-to-Business Marketing*. Vol 13, nro 4, s. 69-94.

Pourakbar, M. & Dekker, R. 2012. Customer differentiated end-of-life inventory problem. *European Journal of Operational Research*. Vol. 222, nro 1, s. 44-53.

Ritchie, E. & Wilcox, P. 1977. Renewal theory forecasting for stock control. *European Journal of Operational Research*. Vol. 1, nro 2, s. 90-93.

Sahyouni, K., Savaskan, R. C. & Daskin, M. S. 2010. The effect of lifetime buys on warranty repair operations. *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 61, nro 5, s. 790-803.

Stark, J. 2015. Product Lifecycle Management (Volume 1): 21st Century paradigm for product realisation. Third Edition. Switzerland, Springer International Publishing. 356 s.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2005. Product Lifecycle Management. Second Edition. Berlin Heidelberg, Springer. 247 s.

Wagner, R. & Blecker, T. 2015. Material Requirements Planning under Phase-out Conditions. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics*. Vol. 22, nro 1, s. 73-95.

Wagner, R. 2017. Production Phase-Out: Process Modelling Including Adaptions for Production Planning and Control. Köln, Josef EUL Verlag. 238 s.

Wilson, R. H. 1934. A Scientific Routine for Stock Control. *Harvard Business Review*. Vol. 13, s. 116-128.

Liite 1. Materiaalinhallintaan liittyviä apukaavoja muuttujien laskemiseksi

$$s_{jt} = aPL_{jt} \cdot PLS_{jt} + s_{jt-1} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (16)$$

aPL_{jt}	Hankintaerien määrä osalle j ajalla t
PLS_{jt}	Hankintaeräkoko osalle j ajalla t
s_{jt}	Osan j määrä varastossa ajan t lopussa
s_{jt-1}	Osan j määrä varastossa ajan t alussa

$$aL_{ijt} = \left\lfloor \frac{s_{jt} - sp_{jt}}{LS_{it} \cdot ar_{ij}} \right\rfloor \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (17)$$

$$ar_{ij}, LS_{it} > 0 \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T$$

aL_{ijt}	Tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t osien j määrällä
ar_{ij}	Osan j tarve tuotteen i valmistuksessa
LS_{it}	Tuotantoeräkoko tuotteelle i ajalla t
s_{jt}	Osan j määrä varastossa ajan t lopussa
sp_{jt}	Osan j varaosatarve j ajalla t

$$aLm_{it} = \min_{j \in J} \{aL_{ijt}\} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (18)$$

aL_{ijt}	Tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t osien j määrällä
aLm_{it}	Pienin mahdollinen tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t

(Jatkuu)

$$RS_{it} = aLm_{it} \cdot LS_{it} + s_{it-1} - ao_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (19)$$

aLm_{it}	Pienin mahdollinen tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t
ao_{it}	Avoimet tilaukset tuotteelle i ajalla t
LS_{it}	Tuotantoeräkoko tuotteelle i ajalla t
s_{it-1}	Tuotteen i määrä varastossa ajan t alussa
RS_{it}	Tuotteen i ylijäämävarasto ajan t lopussa

$$RS_{jt} = s_{jt-1} - sp_{jt} + aPL_{jt} \cdot PLS_{jt} - \sum_{i=1}^I aLm_{it} \cdot ar_{ij} \cdot LS_{it} \quad \forall j \in J, t \in T \quad (20)$$

aLm_{it}	Pienin mahdollinen tuotantoerien määrä tuotteelle i ajalla t
aPL_{jt}	Hankintaerien määrä osalle j ajalla t
ar_{ij}	Osan j tarve tuotteen i valmistuksessa
I	Alasajettavien tuotteiden määrä, jotka käyttävät osaa j
LS_{it}	Tuotantoeräkoko tuotteelle i ajalla t
PLS_{jt}	Hankintaeräkoko osalle j ajalla t
RS_{jt}	Osan j ylijäämävarasto ajan t lopussa
s_{jt-1}	Osan j määrä varastossa ajan t alussa
sp_{jt}	Osan j varaosatarve j ajalla t