

Henri Saarinen

**KRIITTISTEN MATERIAALIEN HALLINTA
UUDEN TUOTTEEN YLÖSAJO SEKÄ
ALASAJO –PROSESSIEN AIKANA**

Tekniikan ja luonnontieteiden
tiedekunta
Kandidaatintyö
Marraskuu 2018

TIIVISTELMÄ

Henri Saarinen: Kriittisten materiaalien hallinta uuden tuotteen ylösajo sekä alasajo –prosessien aikana
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatintyö, 21 sivua
Marraskuu 2018
Tuotantotekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Materiaalitekniikka
Tarkastaja: TkT Jarkko Pakkanen

Avainsanat: kriittiset materiaalit, tuotannon ylösajo, tuotannon alasajo

Yritysmailmassa sijoitetaan tuotekehitykseen vuosittain suuria summia rahaa, jotta uusia tuotteita saadaan markkinoille ennen kilpailijoita. Tämän prosessin aikana riski sille, että varaosavarastoihin sitoutuu paljon pääomaa, kasvaa. Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tutkia tätä ilmiötä ja miettiä miten näitä nimikkeitä voidaan hallita niin, että varaston arvo pysyy prosessin aikana kohtuullisella tasolla.

Tämä kandidaatintyön on tutkimus asioista ja ilmiöistä, jotka vaikuttavat joko positiivisesti tai negatiivisesti kerääntyvän varaston arvoon. Työn tavoitteena on vastata esille tulleisiin tutkimuskysymyksiin, sekä kehittää prosessikaavio, jonka avulla yritys teorian tasolla kykenisi hallitsemaan kriittisiä materiaaleja sekä kerääntyneen varaston arvoa. Tämä työ tehtiin kirjallisuuskatsauksena.

Tulevaisuudessa aiheesta voisi tehdä tutkimuksen, jossa tutkitaan, kuinka näitä asioita toteutetaan käytännössä eri yrityksissä tai jossain tietyssä yrityksessä.

ABSTRACT

Henri Saarinen: Handling the critical materials during the new product ramp-up process

Tampere University of Technology

Bachelor of Science Thesis, 21 pages

November 2018

Bachelor's Degree Programme in Industrial engineering

Major: Materialscience

Examiner: D.Sc (Tech) Jarkko Pakkanen

Keywords: critical materials, ramp-up, ramp-down

In the corporate world, companies invest a lot of money into product development in order to release new product into markets before competitors. During that process there is increased risk of tying money into warehouse. The main objective of this work is to make a research of this phenomenon and try to think how these items should be handled so the inventory value will not rise too high.

This bachelor thesis is a research of phenomena, which affects to inventory value either positively or negatively. The goal of this work is to answer to research questions and to develop process flow, whereby a company can handle critical materials and inventories on a theory level. This research is made as a literature review.

In the future can be made a research, which investigates how these subjects are handled in practice in different companies.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimussuunnitelma ja työn tavoite	1
1.2	Tutkimusstrategia	2
2.	UUDEN TUOTTEEN KEHITYSPROSESSI	3
3.	TUOTANNON YLÖS-AJO	6
4.	TUOTANNON ALAS-AJO	9
5.	KRIITTISET MATERIAALIT	10
6.	VARASTOJEN HALLINTA.....	12
7.	TUOTTEEN ELINKAARI	14
8.	TULOKSET	16
8.1	Tuotannon ylös - ja alas-ajo	16
8.2	Prosessikaavio	17
9.	YHTEENVETO	19
	LÄHTEET.....	20

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Tyypillinen tuotekehitysprosessi. Muokattu lähteestä [3]</i>	3
<i>Kuva 2. Tuotteen ylösajo ilmiö [8]</i>	7
<i>Kuva 3. ABC-luokitus</i>	11
<i>Kuva 4. Varaston hallinta. Muokattu lähteestä [15]</i>	12
<i>Kuva 5. Tuotteen elinkaari</i>	14
<i>Kuva 6. Eri tuotegeneraatioiden elinkaaret [18]</i>	15
<i>Kuva 7. Tuotannon alasajo</i>	16
<i>Kuva 8. Tuotannon ylösajo</i>	17
<i>Kuva 9. Prosessikaavio tuotekehitysprosessista</i>	17

LYHENTEET JA MERKINNÄT

EOQ	Economic order quantity, Taloudellinen tilausmäärä
ROP	Reorder point, Tilauspiste

1. JOHDANTO

Yrity maailmassa uusia tuoteinnovaatioita sekä tuotelanseerauksia tulee hyvin paljon. Jo pelkästään Suomessa 54% isoista yrityksistä sanoo lanseeranneensa uusia tuoteuutuuksia markkinoille vuosina 2014-2016 [1]. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että otettaessa huomioon globaalit markkinat sekä yritysten lukumäärä, tuotelanseerauksia tulee lähes viikoittain. Jos uusi tuote ei edusta uusinta teknologiaa ja ole täysin uusi markkinoilla, yleensä sen tieltä ajetaan ensin alas vanhan tuotteen tuotanto. Tämä tarkoittaa sitä, että joka päivä jossain ollaan ajamassa tuotantoa alas jonkin tuotteen osalta ja uuden tuotteen tuotantoa ollaan ajamassa ylös. Tällaisessa tilanteessa on riski, että varastoihin sitoutuu liian paljon pääomaa, mikä ei ole useinkaan toivottua.

1.1 Tutkimussuunnitelma ja työn tavoite

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tehdä prosessikaavio, mikä näyttää kuinka tuotekehitysprosessin aikana tulee toimia, jotta kriittisiä materiaaleja voidaan hallita optimaalisella tavalla sekä tunnistaa ylös – ja alasajon vaiheita.

Tuotannon ylös-ajo ja tuotannon alas-ajo ovat termejä, joita kuulee yrity maailmassa lähes päivittäin, vaikka yleisemmin käytetään niiden englannin kielisiä termejä *ramp-up* ja *ramp-down*. Usein ihmisiltä kysyttäessä tiedetään mitkä ovat näiden prosessien halutut lopputulokset, mutta prosessien sisältö aiheuttaa enemmän epävarmuutta. Prosessin toteutustapa riippuu pitkälti siitä toteuttavasta yrityksestä ja se voi vaihdella suuresti jopa yrityksen toimipisteiden sisällä. Lopputulokset johtavat usein samaan, tuotteen alasajoon, mutta olisiko prosessi voitu toteuttaa paremmin? Tästä päästään ensimmäiseen tutkimuskysymykseen:

1. Mitkä ovat tuotannon ylösajon sekä alasajon avaintekijät?

Kriittiset materiaalit ovat tuotteita, jotka ovat yksikköhinnaltaan arvokkaimpia. Usein näillä tuotteilla on myös pitkä toimitusaika. Tuotannon ylös-ajon sekä tuotannon alasajon aikana on kohonnut riski, että varastojen arvo nousee kovinkin korkeaksi, sillä näitä nimikkeitä joudutaan tilaamaan hyvinkin paljon etukäteen. Samaan aikaan yritetään päästä eroon vanhan tuotteen osista ja pyritään kasvattamaan uuden tuotteen varaosavara-astoja, jotta tuotanto kyettäisiin aloittamaan ajallaan ja että se sujuisi ongelmitta. Tästä päästään toiseen tutkimuskysymykseen:

2. Miten hallita kriittisiä materiaaleja tuotannon ylösajon sekä tuotannon alasajon aikana?

Näitä asioita tutkitaan tämän kandidaatintyön aikana. Työn aikana tehdään kirjallisuuskatsaus ja tutkitaan mitkä ovat tällä hetkellä parhaat käytännöt näiden prosessien ympärillä.

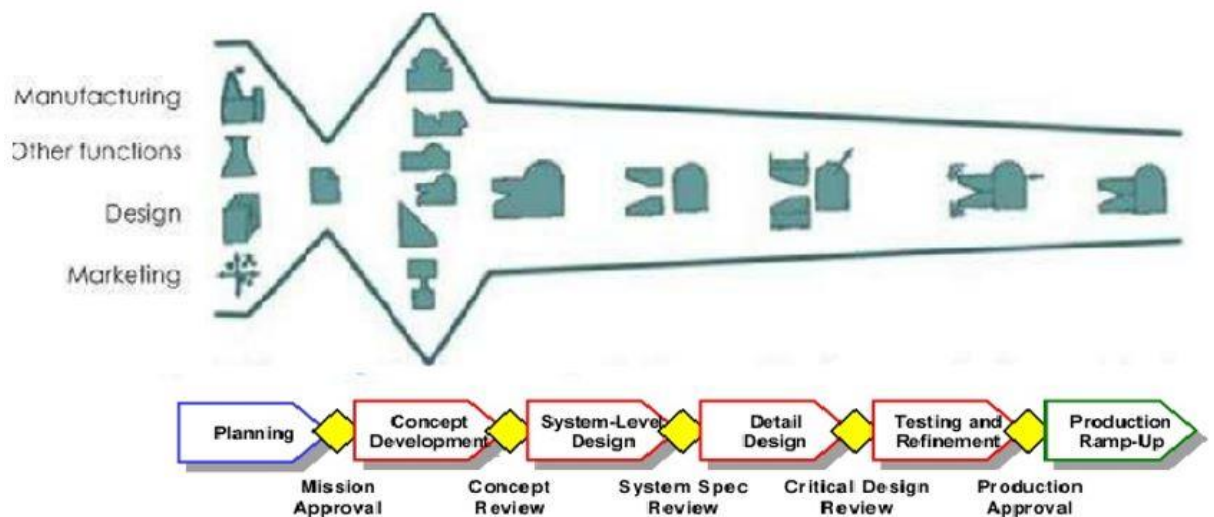
1.2 Tutkimusstrategia

Tämä kandidaatintyö on tehty kirjallisuuskatsauksena. Työn aluksi määritettiin työn kannalta oleelliset termit ja käsitteet, joista sitten alettiin etsiä tietoa. Kirjallisuuskatsauksessa etsitään ja tutkitaan, millaista tietoa jostain tietystä rajatusta aiheesta on olemassa. Yleensä on määritetty tutkimusongelma, mihin etsitään vastausta [2].

2. UUDEN TUOTTEEN KEHITYSPROSESSI

Tämän kappaleen tarkoituksena on käsitellä uuden tuotteen lanseerausprosessia. Kappaleessa tutkitaan mitä eri vaiheita prosessi sisältää ja minkälaisia vaiheita eri prosessin vaiheet sisältävät.

Tyypillinen tuotekehitys prosessi sisältää kuusi eri vaihetta. Nämä ovat suunnittelu, konseptin luominen, systeemitason suunnittelu, yksityiskohtien suunnittelu, testaus sekä tuotannon ylös-ajo. Jokaisen vaiheen jälkeen tulee tarkastusvaihe, jossa tarkistetaan, onko edellinen vaihe saatu päätökseen ja että voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen [3]. Tyypillinen tuotekehitysprosessi on kuvattu Kuva 1, missä on kuvattu eri vaiheet sekä tarkastusvaiheet.



Kuva 1. Tyypillinen tuotekehitysprosessi. Muokattu lähteestä [3]

0. **Suunnittelu:** Ensimmäinen vaihe kuvataan yleensä vaiheena 0. Tämä johtuu siitä, että ennen varsinaisen tuotekehitysprosessin aloitusta vaaditaan suunnittelutyötä sekä projektin hyväksymisen, jotta voidaan siirtyä varsinaiseen tuotekehitysprosessiin. Tämä vaihe alkaa erilaisten mahdollisuuksien kartoittamisella. Erilaisia mahdollisuuksia peilataan yrityksen strategiaan ja sen perusteella päätetään, mitä mahdollisuuksia aletaan jalostaa. Tämän vaiheen tavoitteena on tehdä projektisuunnitelma, jossa kerrotaan markkinat, rajoitteet, tavoitteet sekä keskeiset oletukset [3].
1. **Konseptin luominen:** Tämä vaihe on prosessin suuritöisin ja vaatii eniten yhteistyötä eri osastojen sekä kehitystiimien välillä. Tässä prosessin vaiheessa tavoitemarkkinat täytyy tunnistaa. Vaihtoehtoisia tuotekonsepteja luodaan, joista valitaan joko yksi tai

useampi seuraavaan vaiheeseen etenemistä varten. Tämän vaiheen tavoitteena on saada kuvaus tulevan tuotteen ominaisuuksista sekä toiminnoista. Lisäksi tehdään lista teknisistä tiedoista, vertailu kilpaileviin tuotteisiin sekä hyväksytään projektin taloudelliset tavoitteet. Jotta vaiheesta yksi päästään etenemään seuraavaan vaiheeseen, vaaditaan tiimien ja osastojen välillä saumatonta yhteistyötä [3].

2. **Systemitason suunnittelu:** Tässä vaiheessa määritetään tuotearkkitehtuuri. Tuote jaetaan alikokoonpanoihin ja sen tärkeimmät komponentit suunnitellaan alustavasti. Tässä vaiheessa määritellään myös alustavasti, kuinka tuote tullaan valmistamaan ja kuinka kokoonpano tullaan suorittamaan. Jotta tästä vaiheesta voidaan edetä seuraavaan vaiheeseen, täytyy projekti tiimin tehdä jokaisen alikokoonpanon toiminnallinen määrittäminen, tuotteen geometrinen määrittäminen sekä alustava tuotannon virtauskaavio, eli kuinka tuote tullaan valmistamaan tuotantolinjalla [3].
3. **Yksityiskohtien suunnittelu:** Tässä vaiheessa määritetään tuotteessa käytettävät materiaalit, geometria sekä ainutlaatuisten osien toleranssit. Lisäksi vakio-osat täytyy tunnistaa, jotta ne voidaan tilata osatoimittajilta. Jos yritys valmistaa itse joitain osia itse, niiden valmistus ja työkalut suunnitellaan tässä vaiheessa. Tämän vaiheen tarkoituksena on tehdä dokumentti, joka sisältää jokaisen osan piirustukset, määrittämisen ostettavista osista sekä suunnitelman tuotteen valmistuksesta sekä kokoonpanosta. Tuotteen hinnoittelu, suorituskyvyn määrittäminen sekä materiaalivalinnat täytyy saada myös valmiiksi tässä vaiheessa, jotta kyetään etenemään seuraavaan vaiheeseen [3].
4. **Testaus:** Tämän vaiheen aikana rakennetaan ja testataan useita eri prototyyppisiä valmiista tuotteista. Ulrich & Eppinger [3] mainitsevat, että on olemassa kaksi erityyppistä prototyyppiä, alpha- sekä beta-prototyyppi. Ensimmäinen, alpha-prototyyppi, valmistetaan yleensä osista, joita ei välttämättä olla valmistettu täysin optimaalisella valmistusmenetelmällä, mutta ovat muuten samanlaisia kuin valmiissa tuotteessa tulee olemaan. Alpha-prototyypin tarkoitus on määrittää, että täyttääkö tuote avainasiakkaiden tarpeet ja toimiiko se suunnitelmien mukaisesti. Myöhemmän vaiheen prototyyppisiä kutsutaan beta-prototyypeiksi. Ne on valmistettu valmiin tuotantoprosessin mukaan, mutta kokoonpanoprosessi ei välttämättä ole optimaalinen. Nämä beta-prototyypin tuotteet arvioidaan sekä valmistavassa yrityksessä sisäisesti että asiakkaan ympäristössä ja tämän tavoitteena on määrittää ja löytää mahdolliset muutostarpeet valmiissa tuotteessa [3].
5. **Tuotannon ylös-ajo:** Tuotannon ylös-ajo kuvataan uuden tuotteen tuotekehitysprosessin viimeiseksi vaiheeksi. Tässä vaiheessa tuote valmistetaan ja kokoonpannaan varta vasten suunnitelluilla menetelmillä ja osilla. Tämän vaiheen tarkoituksena on kouluttaa tuotantolinjan työntekijät ja vähentää sitä kautta massatuotannon aikana syntyviä virheitä. Ylös-ajon aikana koneet valmistetaan hyvin tarkasti, jotta strategisesti valikoiduille asiakkaille voidaan toimittaa virheettömät tuotteet. Tuotannon

ylös-ajo on yleensä prosessi, joka etenee asteittain kohti massatuotantoa. Kun haluttu taso on saavutettu, tuote voidaan lanseerata markkinoille, jonka jälkeen tuote on tarjolla kaikille. Tuotelanseerauksen jälkeen saatetaan käynnistää projekti, jossa tutkitaan ja arvioidaan tehdyn prosessin kulkua ja katsotaan, onko siellä jotain, millä voidaan parantaa tulevien tuotekehitysprosessien kulkua [3].

Ulrich & Eppinger [3] määrittävät neljä eri tuotekehitysprosessin luokkaa, riippuen siitä, kuinka laajasti kehitysprojekti vaikuttaa olemassa olevaan tuotteeseen.

- 1. Uusi tuotealusta:** Tämän tyyppinen projekti sisältää paljon kehitystyötä, jotta voidaan luoda uusi tuoteperhe vanhalle alustalle. Tämä tuoteperhe sijoittuu olemassa oleville markkinoille.
- 2. Olemassa olevan tuotealustan johdannainen:** Tämän projektin tarkoituksena on laajentaa olemassa olevaa tuotealustaa joko yhdellä tai useammalla tuotteella, jotka sijoittuvat olemassa oleville markkinoille.
- 3. Olemassa olevan tuotteen kehitys:** Tämän tyyppisessä projektissa yritys tekee ainoastaan pieniä muutoksia ja parannuksia olemassa olevaan tuotteeseen, esimerkiksi muuttaa tai parantaa vain jotain tuotteen ominaisuuksista. Tämä tehdään sen takia, että tuote pysyisi vielä kiinnostavana ja kilpailukykyisenä.
- 4. Täysin uusi tuote:** Tämä projekti sisältää täysin uusia tuotteita tai tuotantoteknologioita ja saattaa auttaa luomaan täysin uusia markkinoita yritykselle. Tämän tyyppiset projektit sisältävät luonnollisesti enemmän riskiä kuin aiemmin mainitut, mutta yrityksen olemassaolo voi riippua siitä, miten tällaisia projekteja onnistutaan tekemään ja kuinka niistä opitaan tulevia projekteja varten [3].

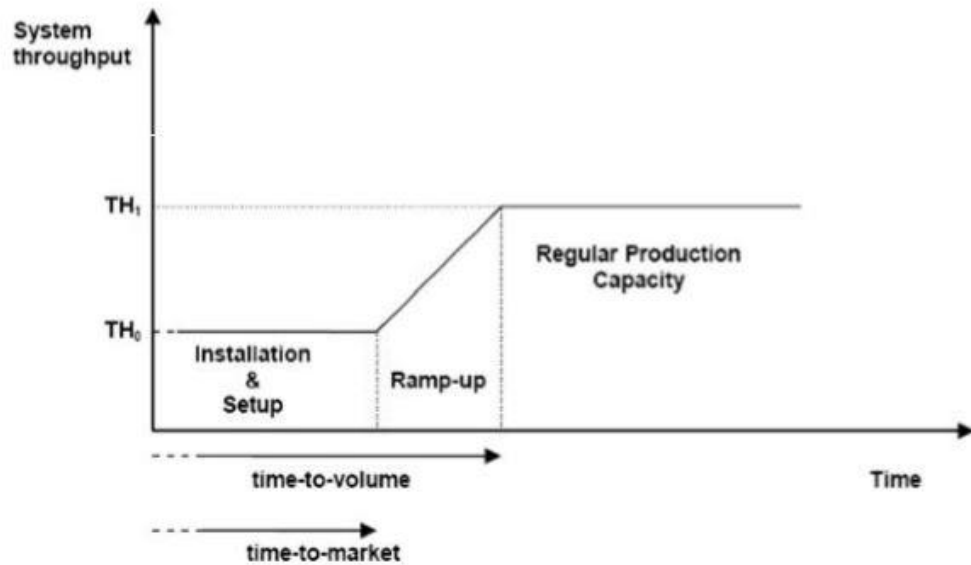
3. TUOTANNON YLÖS-AJO

Tuotannon ylös-ajolla, tai yleisemmin ramp-up-prosessilla on kirjallisuudessa monia erilaisia merkityksiä. Kuitenkin, yleisesti ollaan hyväksytty, että tuotannon ylös-ajo kuuluu osaksi uuden tuotteen tuotekehitysprosessia. Seuraavaksi on esitetty muutama esimerkki, miten tuotannon ylös-ajoa ollaan kuvattu kirjallisuudessa:

1. ” Tuotannon ylös-ajo on tuotekehitysprosessin viimeinen vaihe, jossa tuote valmistetaan ja kokoonpannaan varta vasten suunnitelluilla menetelmillä ja osilla” [3]
2. ”Aika tuotekehityksen ja täyden tuotantokapasiteetin välissä” [4]
3. ”Tuotannon ylös-ajolla tarkoitetaan sitä prosessia, missä tuotannon kapasiteettia nostetaan kohti täyttä potentiaalia”[5]
4. ”Tuotannon ylös-ajo terminä tarkoittaa vaihetta tuote- ja tuotannonkehitysprosessissa, jossa prototyyppin tuotanto muutetaan sarjatuoannoksi”[6]
5. ”Vaihe, jossa normaali tuotantoprosessi muuttuu nolasta täyteen kapasiteettiin sekä laatu- että kustannustavoitteiden sisällä” [7]

Tuotannon ylös-ajolla kuvataan yleensä olevan osa uuden tuotteen tuotekehitysprosessia, mutta on myös tärkeää muistaa, että olemassa olevan tuotannon volyyymia voidaan kasvattaa ja käyttää samoja tuotannon ylös-ajo prosesseja.

Kyky pystyä tekemään tuotannon ylös-ajo tehokkaasti ja sujuvasti on tavoiteltava useille yrityksille etenkin lanseerattaessa uusia tuotteita. Tuotteiden elinkaaret lyhenevät ja tuotteiden kustomointia tehdään yhä enemmän ja enemmän teollisuudessa. Tämä johtaa siihen, että erilaisia tuotannon ylös-ajoja tapahtuu useammin ja tuotannon prosessia täytyy johtaa kustannustehokkaasti samalla kun pyritään pysymään aikataulussa. Minimoimalla se aika, jonka sisällä tuote saadaan markkinoille, minimoidaan samalla myös se aika, jossa tuote alkaa tehdä tuottoa. Tätä kutsutaan TTM- eli time-to-market-periaatteeksi. Tärkeä tekijä on myös TTV eli time-to-volume, joka tarkoittaa sitä hetkeä, jolloin tuote saavuttaa sen maksimaalisen laadun ja tuotantokapasiteetin. Nämä kaksi termiä on esitetty Kuva 2.



Kuva 2. Tuotteen ylösajo ilmiö [8]

Näiden kahden termin ero on siinä, että TTV sisältää tuotteen tuotannon ylös-ajon. Tuotteen tuotanto alkaa, kun TTM piste on saavutettu. Tuotteesta saatavat tulot riippuvat TTV vaiheesta kun taas kulut on aiheutettu jo ennen tuotteen lanseerausta [8].

Tuotannon ylös-ajoon vaikuttavat tekijät

Tuotannon ylös-ajoon vaikuttaa sekä sisäisiä, että ulkoisia tekijöitä, jotka saattavat aiheuttaa häiriöitä tuotannon ylös-ajossa. Sisäiset tekijät ovat yleensä systeemiin ja sen häiriöihin kuuluvia tekijöitä. Ulkoiset tekijät vaikuttavat epäsuorasti tuotannon ja sen systeemin käyttäytymiseen [9]. Esimerkkejä sisäisistä syistä:

- **Inhimilliset virheet ja hidas oppimisprosessi:** jokaisen prosessin heikon lenkki on aina ihminen. Ihmiset tekevät virheitä ja joutuvat oppimaan uusia asioita, joka vie aikaa. Virheiden korjaaminen ja niiden ennaltaehkäiseminen ovat asioita, jotka aiheuttavat tuotannon hidastumista ja ylös-ajo prosessin hidastumista.
- **Tuotantojärjestelmän huono suunnittelu:** Jos järjestelmän suunnittelijalla ei ole tietoa tai taitoa tehdä optimaalista tuotantojärjestelmää, se johtaa siihen, että järjestelmä ei toimi kunnolla tai niin kuin optimaalisessa tilanteessa kuuluisi toimia.
- **Tehdasjärjestelmän huono suunnittelu:** Systemien tila ja määrittäminen täytyy pystyä määrittämään mahdollisimman tarkasti, jotta voidaan tehdä sellainen järjestelmä, jossa ei ole huonosti toimivia logikoita tai ohjelmistoja.
- **Osien vaihtelevuus:** Todellisessa elämässä tuotantolinjalle tulevissa osissa ja nimikkeissä on vaihtelevuutta, vaikka niiden pitäisi periaatteessa olla täysin samantyyppisiä. Linjan suunnitteluvaiheessa tällaisiin asioihin ei paljoa oteta kantaa, mikä voi johtaa siihen, että esimerkiksi osat tipahtelevat roboteilta.

- **Työkalujen käyttäytyminen:** Työkaluista voi syntyä ongelmia, kun niitä ollaan integroimassa tuotelinjalle. Työkalujen valmistaja määrittää usein standardiolosuhteet, standardivahingot ja säännölliset huoltoajat, joiden perusteella työkalut valmistetaan. Käytännössä näissä on hyvinkin paljon vaihtelua, joka saattaa aiheuttaa työkalujen toimimisessa ongelmia.
- **Tapahtumat mitä syntyy, kun järjestelmään integroidaan resursseja monista lähteistä:** Kun olemassa oleviin järjestelmiin integroidaan uusia komponentteja, niiden integrointi saattaa aiheuttaa ongelmia normaalissa toiminnassa. Näitä viikoja on vaikea huomata tai löytää suunnitteluvaiheessa, joten ne tulevat ilmi vasta kun ne ovat toiminnassa [9].

Esimerkkejä ulkoisista syistä:

- **Raaka-aineen sopimattomuus tai raaka-aineen kunto:** Jokaisella raaka-ainetoimittajalla on omia tuotteitansa koskevat laatustandardit. Jos jollain nimikkeellä on useita eri toimittajia, voi raaka-aineiden kunnossa olla suurtakin vaihtelua. Tämä voi aiheuttaa ongelmia tuotannon toiminnassa, koska järjestelmät täytyy konfiguroida uudelleen.
- **Tehtaan palvelut:** Tehtaat ovat suunniteltu toimimaan tietyillä parametreilla esimerkiksi sähkön ja veden suhteen. Oikeassa elämässä voi olla sähkökatkoja tai muita puutteita, jotka aiheuttavat tehtaan normaalissa käyttöasteessa muutoksia.
- **Kulttuurilliset sekä organisatoriset ongelmat:** Ihmiset ja organisaatiot reagoivat muutoksiin aina omaan tapaansa. Ongelmia saattaa ilmetä, jos työntekijöiltä puuttuu työhön tarvittavaa osaamista tai työntekijäjakauma ei ole tasainen [9].

Sekä ulkoiset että sisäiset syyt aiheuttavat keskeytyksiä tuotannossa esimerkiksi koneiden rikkouduttua tai odottamattomien laatu ongelmien takia. Tämä johtaa kulujen nousuun sekä aikataulun venymiseen[9].

4. TUOTANNON ALAS-AJO

Tuotannon alasajosta on tehty hyvin vähän tutkimusta verrattuna tutkimuksen määrään ylösajosta. Periaatteessa alasajolla tarkoitetaan aktiviteetteja, joilla ajetaan jonkin tuotantolinjan tai tehtaan toiminnot alas. Käytännössä valmistavassa teollisuudessa tuotannon alas-ajo tarkoittaa nykyisten resurssien optimointia, esimerkiksi optimoidaan työvoiman määrää tai optimoidaan varaosavarastoja. Tuotannon alas-ajolla voidaan myös jossain merkityksissä tarkoittaa tehtaan tai tuotantolinjan sulkemista kokonaan [10].

Empiiristen havaintojen perusteella projektiorganisaatiossa tuotannon alasajo voi merkitä esimerkiksi työntekijöiden uudelleen sijoittamista tai huonoimmassa tapauksessa työsuhteen päättämistä. Yleensä työntekijöiden tiedot ja taidot pyritään pitämään organisaation sisällä, joten uudelleen sijoittaminen on usein päävaihtoehto. Tuotantolaitoksessa, missä on useita valmistuslinjoja, yhden linjan alas-ajo aiheuttaa sen, että kyseisen linjan työntekijät sijoitetaan uudelleen muille valmistuslinjoille, jos alasajetulle linjalle ei ole tulossa mitään korvaavaa tuotetta. Yleensä tuotannon ylös- ja alasajo tehdään samaan aikaan: toisen linjan sulkeutuessa toinen aloittaa samalla paikalla, joten työntekijät voidaan vain vaihtaa projektien kesken.

Varaosavarastoja täytyy myös optimoida. Projektiorganisaatiossa se saattaa tarkoittaa, että varastoja täytyy huonoimmassa tapauksessa tuhota. Tuotantolaitoksessa yritys usein pyrkii käyttämään vanhalta linjalta ylijääneet osat mahdollisimman hyvin hyödykseen, jottei syntyisi vanhentunutta (*obsolete*) varastoa, esimerkiksi joitain vanhan mallin osia kyetään käyttämään hyödyksi uudemmassa mallissa.

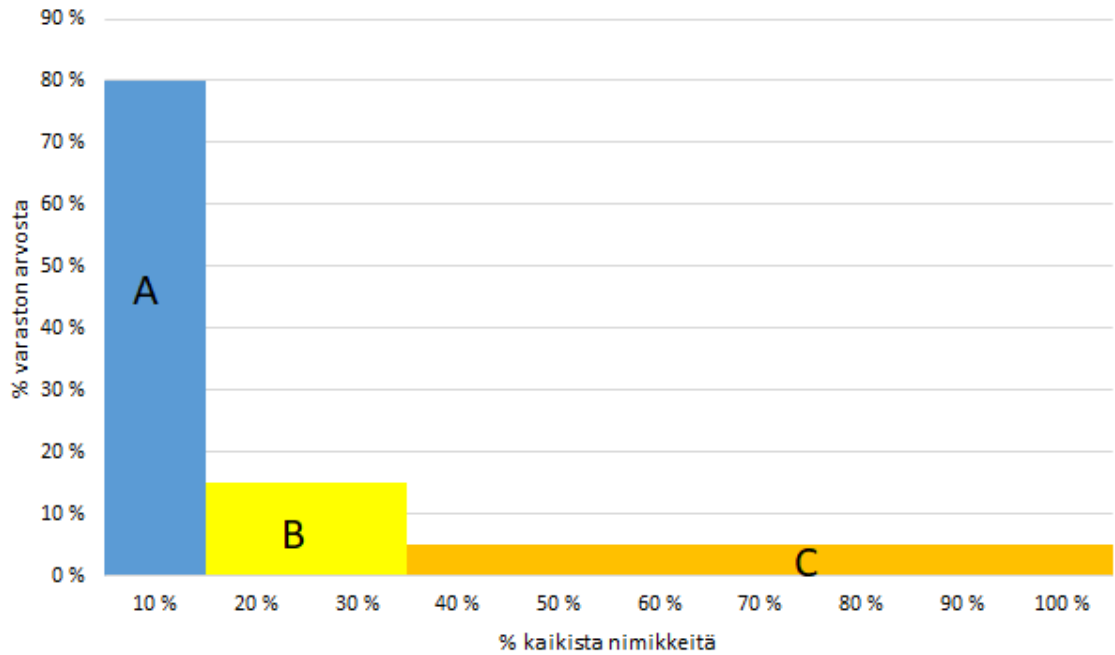
5. KRIITTISET MATERIAALIT

ABC-analyysi on periaate, jota voidaan käyttää varastojen ja varastotasojen hallintaan ja eri materiaalien ja nimikkeiden kriittisyyden määrittämiseen [11]. Tämä periaate perustuu ilmiöön, jonka ekonomi Vilfredo Pareto kehitti. Pareto huomasi, että 20 %:a Italian kansalaisista omisti 80 %:a käytetystä pinta-alasta. Myöhemmin Pareto huomasi, että tämä samaan ilmiöön törmäsi myös teollisuudessa. Periaatteessa teollisuusympäristössä, se tarkoittaa sitä, että 20 %:a yrityksen materiaalinimikkeistä aiheuttaa 80 %:a kaikista materiaalikustannuksista ja toisin päin: 80 %:a yrityksen materiaalinimikkeistä edustaa vain 20 %:a yrityksen materiaalikustannuksista tai sen koko myynnistä [11].

Kyseisestä ilmiöstä on tehty erittäin paljon tutkimuksia, joissa yritykset ja tutkimuslaitokset ovat tutkineet ja vertailleet yrityksiä, jotka käyttävät ABC-analyysiä omassa toiminnassaan. Useimmissa tapauksissa analyysin tuloksena oli, että yritykset, jotka käyttävät ABC-analyysiä omassa varaston hallinnassaan, pitävät sitä toimivana ja hyödyllisenä [12] [13].

ABC-luokitus on yksi eniten käytetty menetelmä varastojen hallintaan teollisuudessa. Sen ideana on jakaa varastonimikkeet kolmeen eri luokkaan, esimerkiksi A-, B- ja C-luokkiin. A-luokka koostuu yritykselle tärkeimmistä nimikkeistä ja se on suhteellisen pieni ryhmä, johon kuuluu ainoastaan noin 10 %:a kaikista nimikkeistä. Kuitenkin taas A-luokan nimikkeet muodostavat suurimman osan varaston arvosta, yhteensä jopa 70-80 %:a, joten tästä johtuen A-luokan nimikkeet vaativat paljon huomiota.

B-luokan nimikkeet vastaavat noin 20 %:a nimikkeistä ja edustavat 15-25 %:a varaston arvosta. B-luokan nimikkeet vaativat myös huomiota, jotta niiden arvo ei nouse liian korkeaksi, mutta suhteessa vähemmän huomiota kuin A-luokan nimikkeet. C-luokan nimikkeet koostuvat 70 %:sta vähiten tärkeitä nimikkeistä, joiden jokaisen yksittäinen arvo on pieni. C-luokan nimikkeet muodostavat vain 5-15 %:a varaston arvosta, vaikka määrällisesti niitä on eniten. A-, B- ja C-luokitus on esitelty kuvassa 3. C-luokan nimikkeille annetaan vähiten huomiota näistä kolmesta [13].



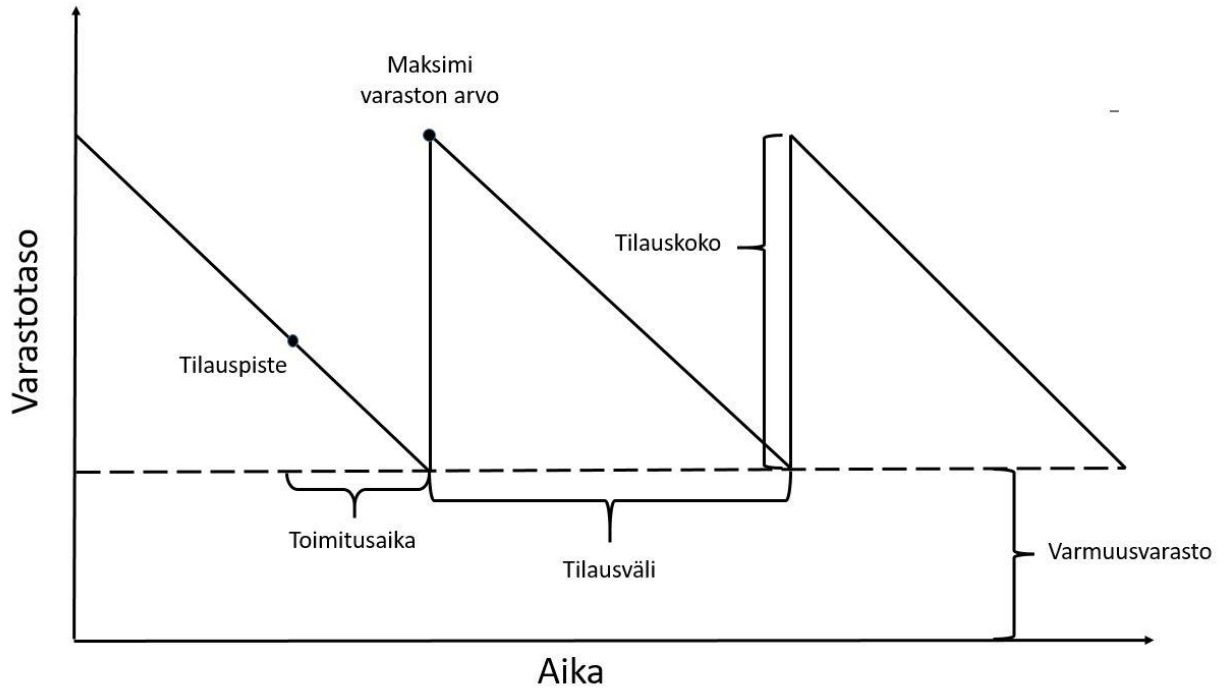
Kuva 3. ABC-luokitus

Nimikkeet on luokiteltu sen mukaan, kuinka suuren varaston arvon ne vuosittain aiheuttavat. Varastot ja niiden arvot elävät päivittäisen toiminnan mukana ja mahdollisesti jokin nimike voi arvonsa puolesta joutua joko ylemmälle tai alemmalle nimikkeelle. Tästä syystä nimikelistaa täytyy päivittää säännöllisesti. Luokittelun tarkoituksena on asettaa jokaiselle nimikkeelle ja luokalle standardisoitu valvonnan taso, jotta varaston arvo pysyy hallinnassa paremmin ja näiden nimikkeiden käyttöä ymmärrettäisiin paremmin [13].

ABC-luokittelu on vain esimerkki, sillä jokin yritys voi käyttää neljä- tai jopa viisiasteista luokittelua. Tällöin idea on täysin sama, mutta luokat on jaettu hieman pienempiin osiin. Luokkien lukumäärä ja niiden rajat eivät ole millään tavalla kiinteät ja jokainen yritys voi määrittää niiden rajat täysin omien tarpeidensa mukaan [14].

6. VARASTOJEN HALLINTA

Varaston arvo ilmaisee sen, kuinka monen päivän myynti tietyllä hetkellä varastossa on. Tuo arvo määrittää sen, kuinka kauan kestää tuoda uusi tuote markkinoille [15]. Kuva 4 on kuvattu tämän varastojen hallintaprosessin perusidea ja samalla on esitelty aiheeseen liittyviä tärkeitä termejä:



Kuva 4. Varaston hallinta. Muokattu lähteestä [15]

Varmuusvarastolla tarkoitetaan sitä varastontason määrää, jolla pienennetään varastojen keskenloppumisen riskiä. Varmuusvarasto mahdollistaa toimintojen jatkumisen ilman häiriöitä suunnitelmien mukaisesti, vaikka joitain häiriöitä tavarantoimituksessa tapahtuisikin [13]. Varmuusvaraston suuruus voidaan laskea kaavalla (1).

$$\text{Varmuusvarasto} = \left(\frac{\text{Max käyttö päivässä}}{\times} \right) - \left(\frac{\text{Keskim. päivittäinen käyttö}}{\times} \right) \cdot \left(\frac{\text{Max toimitusaika}}{\text{Keskim. toimitusaika}} \right)$$

Toimitusaika on se aika, joka jää tilauksen asettamisen ja toimitusten vastaanottamisen väliin. On tärkeää tiedostaa, kuinka pitkä toimitusaika kullakin tuotteella tai nimikkeellä on. Jos valmiiseen tuotteeseen tehdään muutoksia ja se vaikuttaa esimerkiksi pitkän toimitusajan omaaviin nimikkeisiin, niin koko toimitusprojekti saattaa tästä syystä myöhä-

tyä. Lisäksi täytyy ottaa huomioon toimitusajan aikainen tarve, jotta voidaan laskea tilauspiste. Tilauspiste esitellään tässä työssä hieman myöhemmin. Tarve toimitusajan aikana voidaan laskea kaavalla (2).

$$\text{Tarve toimitusajan aikana} = \text{toimitusaika} \times \text{keskim. käyttö päivässä.} \quad (2)$$

Tilauspiste on käytännössä minimivarastotaso, joka aloittaa kyseisen nimikkeen varastojen täydennysprosessin. Eli kun nimikkeen varastotaso laskee määritellylle tasolle, yrityksen tulee tilata näitä nimikkeitä lisää [16]. Tilauspiste (reorder point, ROP) voidaan laskea kaavalla (3).

$$\text{ROP} = \text{tarve toimitusajan aikana} + \text{varmuusvarasto} . \quad (3)$$

Tilauksen määrä, joka tilataan tilauspisteessä. Taloudellinen tilausmäärä (economic ordering quantity, EOQ) voidaan laskea kaavalla (4). Tämä kaava tunnetaan myös Wilsonin kaavana,

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot O}{I}} \quad (4)$$

missä C on vuosittainen tarve, O on tilauksen kustannus ja I on vuosittainen kustannus, joka syntyy tuotteen varastoinnista. Jotta voidaan laskea varaston kiertonopeus (inventory turnover, ITO), täytyy ensin laskea keskimääräinen varastotaso, kaava (5).

$$\text{Keskim. varastotaso} = \frac{\text{varasto alussa} + \text{varasto lopussa}}{2} \quad (5)$$

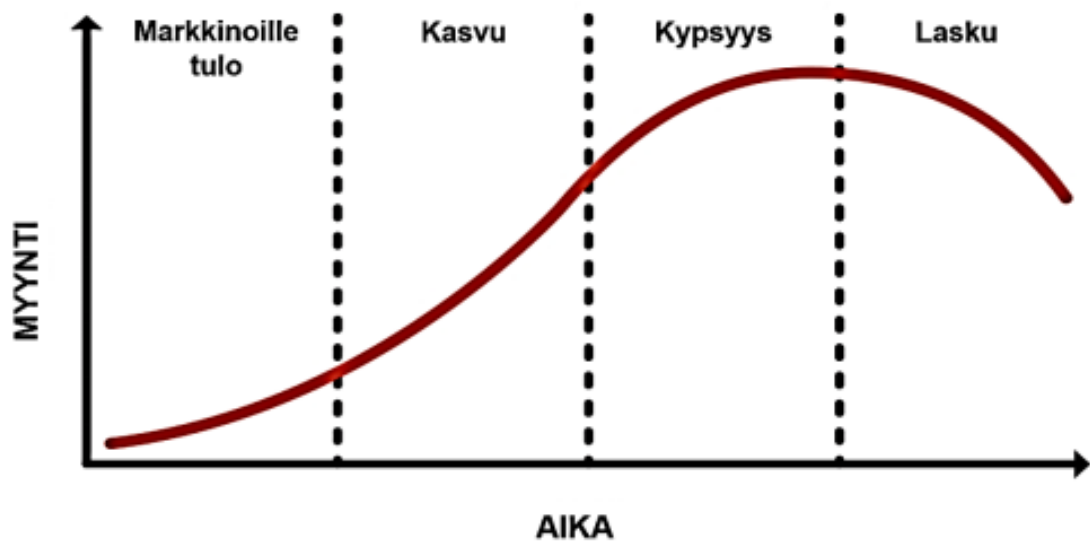
Varaston kiertonopeudella voidaan määrittää eri yritysten varastojen suorituskykyä [17]. Kiertonopeus lasketaan jakamalla myytyjen tuotteiden hinta keskimääräisellä varastotasolla, kaava (6).

$$\text{ITO} = \frac{\text{Myytyt tuotteet}}{\text{keskim. varastotaso}} \quad (6)$$

Varaston kiertonopeutta, ITO, käytetään yleisesti mittaamaan varaston suorituskykyä. Kaavasta lopputuloksena saatu suhdeluku mahdollistaa vertailun muiden yritysten kesken [17].

7. TUOTTEEN ELINKAARI

Tuotteen elinkaarta kuvataan yleisesti kirjallisuudessa S-käyrällä, missä kuvataan miten vuosittaiset myyntivolyymit käyttäytyvät ajan funktiona. Tuotteen elinkaari sisältää neljä eri vaihetta: markkinoille tulo, kasvun, maturiteetin eli kypsyyssvaiheen ja tuotteen hylkäysvaiheen, jossa tuotteen vuosittainen myynti alkaa laskea. Kuva 5 voidaan nähdä, kuinka tuotteen lanseerauksen jälkeen sen vuosittaiset myyntilukemat alkavat pikkuhiljaa nousta. Kypsyys- tai maturiteettivaiheessa myyntiluvut eivät enää nouse, vaan alkavat pikkuhiljaa pudota lasku-vaiheessa [18].



Kuva 5. Tuotteen elinkaari

Markkinoille tulo: Ensimmäistä vaihetta kutsutaan markkinoille tulo vaiheeksi. Tässä vaiheessa tuotetta ei vielä valmisteta kovinkaan suuria määriä, toisin sanoen tuotanto on vielä ylös-ajo -vaiheessa. Tässä kohtaa tuotantokustannukset ovat vielä suhteellisen suuret ja tuotantotavat täytyy pitää joustavana, jotta mahdollisiin muutoksiin voidaan reagoida tulevaisuudessa. Tuotteen markkinointi on vasta alkanut ja myyntivolyymi alkaa pikkuhiljaa kasvaa [18].

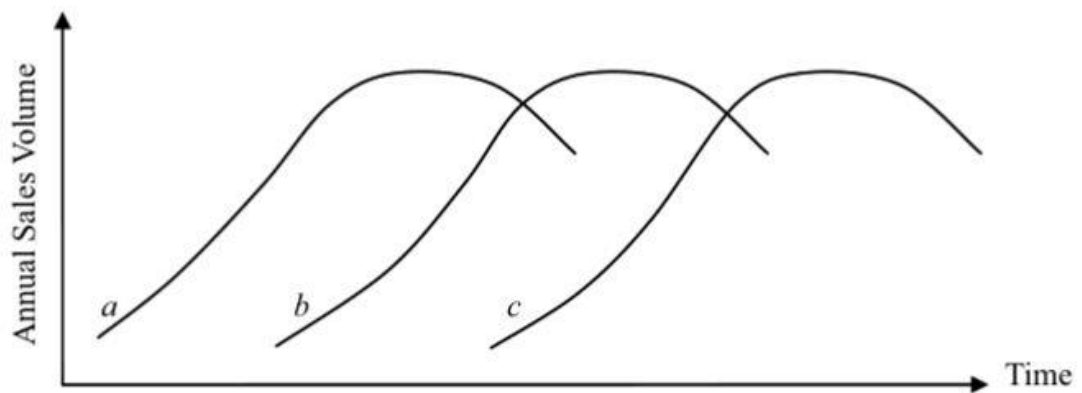
Kasvu: Kasvuvaiheessa myyntivolyymit kasvavat hyvin nopeasti. Jos tuotantotavat vaativat parannuksia, niin niiden aika on tässä vaiheessa, jotta kyettäisiin valmistamaan vaadittavat volyymit. Tässä vaiheessa yritys käyttää hyvin paljon energiaa ja vaivaa saadakseen mahdollisimman suuren markkinaosuuden, kun kilpailevia tuotteita alkaa ilmestyä markkinoille [18].

Kypsyys: Kun tuote saavuttaa kypsyyssvaiheen, tuotteella on enää hyvin vähän mahdollisuuksia kasvattaa myyntivolyymia, eikä suurempien erien valmistus ole enää mahdollista

tuotantotapojen puitteissa. Markkinointiin ei enää panosteta edellisen tapaan, vaan tuotetta pyritään myymään hinnoittelemalla se kilpailukykyisesti. Yleensä käytetään tehokainta, mutta halvinta tuotantotapaa valmistaa tuote [18].

Lasku: Neljäs ja viimeinen elinkaaren vaihe on myynnin laskun vaihe, jolloin tuote pikkuhiljaa väistyy pois markkinoilta. Tässä vaiheessa pyritään maksimoimaan myynti tehokkaalla ja luovalla markkinoinnilla. Tuotetta pyritään mahdollisesti myös muokkaamaan, jolloin samalla sen elinkaari ja samalla myös markkinoilla olo hieman venyy [18].

Jokaisella tuotteella ja tuoteryhmällä on oma elinkaarensa. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että valmistavassa teollisuudessa yrityksillä on haasteita ajoittaa uusi tuote tai uusi tuoteteknologia, jottei se syö myyntiä omalta, vanhemmalta tuotteelta.



Kuva 6. Eri tuotegeneraatioiden elinkaaret [18].

Kuva 6 on kuvattu teorian tasolla, kuinka eri tuotemallit sijoittuvat aikajanelle. Tässä mallissa tuote a on oman elinkaarensa kasvun vaiheessa, kun tuote b on juuri lanseerattu markkinoille. Kun tuotteen a laskun vaihe alkaa, on tuote b jo sen nopean kasvun vaiheessa ja tällöin jo tuote c julkaistaan. Jos yritys pystyy toimimaan tällä tavoin, pysyy se dynaamisena ja kilpailukykyisenä [18].

8. TULOKSET

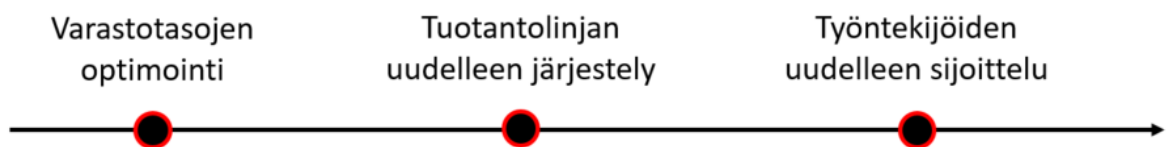
Tämän työn tarkoituksena oli tehdä kuvaaja yhdestä teoreettisesta projektista, missä näytetään teorian tasolla, kuinka tällainen projekti tulisi ajoittaa eri prosessien osalta ja kuinka kriittisiä materiaaleja hallitaan siinä samalla. Tavoitteena on, että varastossa ei missään vaiheessa olisi liikaa uusia komponentteja ja vanhat komponentit saadaan poistettua hallitusti.

Tuotteen vanhentuessa ja tullessaan elinkaarensa päähän sen toiminta ja tuotanto täytyy ajaa alas. Yleensä tällaisessa tilanteessa, jossa yksi tuote vanhenee ja toinen tuote tulee samoille markkinoille, täytyy vanhan tuotteen tuotanto ajaa ylös. Kuvan 6 perusteella voidaan todeta, että tuotteiden elinkaaret sijoittuvat strategisesti osittain päällekkäin: kun tuotteen b kasvun kausi alkaa, on vanhan, markkinoilta poistuvan tuotteen a tuotannon alas-ajo käynnissä.

8.1 Tuotannon ylös - ja alas-ajo

Yhtenä työn tavoitteena oli määrittää tuotannon ylös-ajon sekä alas-ajon avaintekijöitä kirjallisuuskatsauksen mukaan. Tuotannon ylös-ajon on määritelty olevan tuotekehitysprosessin viimeinen vaihe, mutta vaiheiden sisältöä ei ole määritelty.

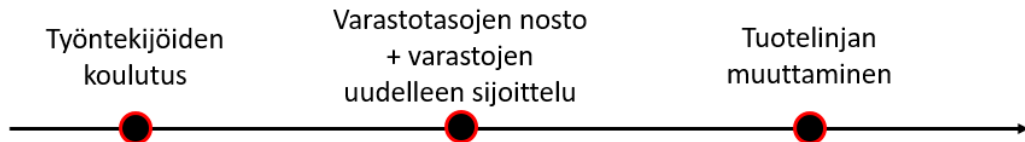
Tuotannon alas-ajo prosessina sisältää työntekijöiden uudelleen sijoittelun, tuotelinjan muuttamisen vastaamaan joko uutta tuotetta tai sitten tuotelinjan alas-ajoa kokonaan. Viimeisenä kuuluu vanhojen nimikkeiden varastotasojen optimointi ja poistaminen, Kuva 7.



Kuva 7. Tuotannon alasajo

Tuotannon ylös-ajo, Kuva 8, sisältää työntekijöiden koulutuksen uuteen tuotteeseen, uusien nimikkeiden varastotasojen noston ja varastojen uudelleen sijoittelun vastaamaan uuden tuotteen tarpeita. Viimeiseksi tuotelinja täytyy muuttaa vastaamaan uuden tuotteen tarpeita, eli esimerkiksi työkalujen hankkimista ja niiden sijoittelua. Vaikka tuotannon ylös-ajo ollaan merkitty yhdeksi pisteeksi tuotekehitysprosessissa, niin kirjoittajan mielestä sen pitäisi ajatella olevan laajempi kokonaisuus, joka kattaa vaiheita jo esimerkiksi

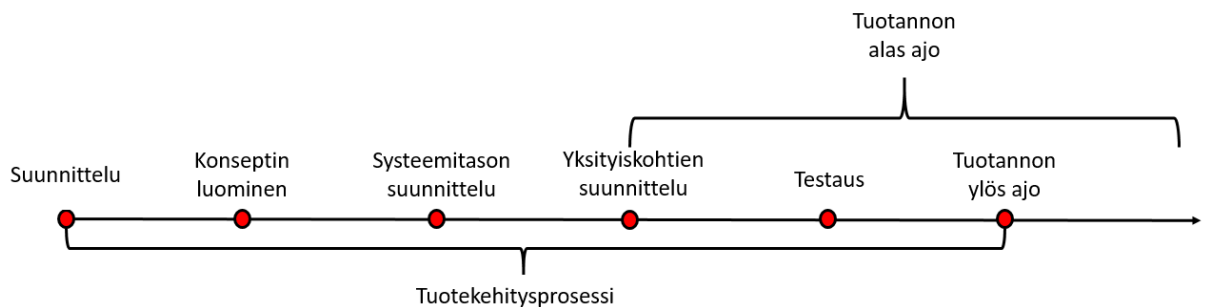
testausvaiheessa. Esimerkiksi testausvaiheessa prototyypit tehdään niiden ihmisten toimesta, jotka loppuvaiheessa myöskin kokoavat konetta, joten tämän voidaan olettaa olevan osa työntekijöiden koulutusta, jolloin se kuuluu tuotannon ylös-ajo -vaiheeseen.



Kuva 8. Tuotannon ylösajo

8.2 Prosessikaavio

Kuva 9 esitetään prosessikaavio, jolla kriittiset materiaalit saadaan hallintaan tuotekehitysprosessin aikana. Tuotekehitysprosessin aikana, kun päästään yksityiskohtien suunnitteluun ja komponenttien tilaamiseen, täytyy samaan aikaan aloittaa vanhan tuotannon alas-ajo. Komponenttien tilaamisen aikana niiden toimitusajat täytyy pystyä määrittää sen verran tarkasti, etteivät ne heti ala täyttää yrityksen varastoja. Tästä syystä toimittajien kanssa täytyy sopia, koska näitä komponentteja voidaan alkaa toimittaa.



Kuva 9. Prosessikaavio tuotekehitysprosessista

Ensimmäiset toimitukset toimittajilta täytyy tulla jo tuotteen testausvaiheessa, jotta prototyypit voidaan valmistaa suunnitelmien mukaan. Kun lähestytään tuotteen lanseerausta ja tuotannon ylösajo -vaihetta, yrityksen täytyy alkaa rakentaa uuden tuotteen varaosavaraa sekä varmuusvarastoa, jotta tuotanto voi jatkua sujuvasti. Tähän mennessä on myös täytynyt määrittellä uusien tuotteiden kriittisyys, eli ovatko ne A-, B- vai C-luokan nimikkeitä, ja mitkä ovat niiden varastojen arvot. Kuten kappaleessa 6 todettiin, nimikkeitä tilataan varastoon ja niitä hallitaan kunkin luokan kriittisyyden mukaan.

Kun lähestytään uuden tuotteen ylösajoa, sen kriittisiä nimikkeitä ja standardikomponentteja on oltava varastossa optimimäärät sekä tuotantolinjan ja varastopaikkojen on oltava

valmiina uutta tuotetta varten. Samaan aikaan vanhan tuotteen varaosavarastot on analysoitu ja niille on löydetty käyttökohteita, esimerkiksi käytetty toisiin laitteisiin, myyty eteenpäin, käytetty varaosina tai jopa tuhottu, jos muutakaan käyttökohdetta ei olla löydetty. Tämä prosessi jatkuu usein hieman pidempään kuin tuotannon ylös-ajo, koska kaikkea toimintaa ei voida lopettaa kuin seinään uuden tuotteen ilmestyessä markkinoille.

Toimimalla Kuva 9 osoittamalla tavalla varmistetaan, että yrityksen kriittisimmät materiaalit pysyvät hallinnassa eli niihin ei sitoudu yrityksessä liikaa pääomaa eikä liian aikaisin. Samoin, kun tuotannon alasajo aloitetaan ajoissa, jää kriittisten materiaalien poistamiseen tai hyväksikäyttämiseen tarpeeksi aikaa, eikä niitä pitäisi teorian tasolla jäädä varastoon suuria määriä.

9. YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tavoite oli tutkia, kuinka teorian tasolla kriittisiä materiaaleja hallitaan tuotannon ylösajon sekä alasajon aikana. Samalla määrittää, millaisia vaiheita ylösajoon sekä alasajoon kuuluu. Työn aikana havaittiin, että esitetyistä aiheista, pois lukien tuotannon alasajo, on tehty paljon tutkimusta erikseen, mutta kuinka näitä esitettyjä teorioita yhdistetään ja käytetään käytännön tasolla limittäin, on tutkimusta aika vähän.

Työn tuloksena saatiin kehitettyä prosessikaavio, kuinka prosesseja pitäisi limittää, jotta kriittisiä materiaaleja voidaan hallita eikä varaston arvo nouse liian suureksi prosessien aikana. Samaten saatiin kehitettyä ylösajon sekä alasajon prosessikuvaajat, joista löydetään molempien prosessien kriittiset vaiheet. Käytännössä yrityksissä toteutetaan näitä kyseisiä prosesseja jatkuvasti ja näiden vaiheiden on oltava yleisessä tiedossa.

Kuten mainittu, kokonaisprosessista ei ole tehty paljoa tutkimusta. Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia, kuinka tällainen prosessi toteutetaan käytännössä ja tehdä sitä kautta samankaltainen prosessikaavio, kuin tämän kandidaatintyön tuloksena saatiin, mutta vain käytännön tasolla ja mahdollisesti tätä kautta pyrkiä tekemään yleispätevä prosessikaavio, jota voidaan käyttää eri toimialoilla toimivissa yrityksissä.

LÄHTEET

- [1] Tuotteisiin ja prosesseihin liittyvä innovaatiotoiminta, Tilastokeskus, Saatavissa (3.11.2018): https://www.stat.fi/til/inn/2016/inn_2016_2018-04-12_kat_003_fi.html
- [2] Opinnäytetyön ohjaajan käsikirja, JAMK, Saatavissa (07.11.2018): <https://oppi-materiaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/kirjallisuuskatsaukset/>
- [3] K. Ulrich, S.Eppinger, Product design and development, 5th edition, 2012
- [4] C. Terwiesch, R.E. Bohn, Learning and process improvement during production ramp-up, 1999
- [5] M. Haller, A. Peikert, J. Thoma, Cycle time management during production ramp up, 2003, pp. 183-188
- [6] A. Kampker, C. Deutskens, K. Deutschmann, A. Maue, A. Haunreiter, Increasing Ramp-Up Performance By Implementing the Gamification Approach, vol. 20, 2014, pp. 74-80
- [7] C. Terwiesch, Roger E. Bohn, and Kuong S. Chea (2001): ‘International product transfer and production ramp-up: a case study from the data storage industry’. R&D Management, vol. 31(4): pp. 435–451
- [8] A. Matta, M. Tomasella, A.Valente, Impact of ramp-up on the optimal capacity-related reconfiguration policy, 2007, p. 174
- [9] M. Colledani, T. Tolio, A. Yemane, Production quality improvement during manufacturing systems ramp-up, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2018, pp. 1-10
- [10] R. Grussenmeyer, S. Gencay, T. Blecker, Production Phase-Out During Plant Shutdown, Procedia CIRP, Vol.19, 2014, pp. 111-116
- [11] M. Rusănescu, ABC analysis, model for classifying inventory, Hidraulica, 04/2014, Issue 2, pp. 17-20
- [12] S. Nallusamy, (2016), “A proposed model for lead time reduction during maintenance of public passenger transport vehicles”, International Journal of Engineering Research in Africa, Vol. 23, pp. 174-180

- [13] S. Nallusamy, R. Balaji, S. Sundar (2017), Proposed model for inventory review policy through ABC analysis in an automotive manufacturing industry, *International Journal of Engineering Research in Africa*; Zurich Vol. 29, pp.166-174
- [14] I. Kubasakova, B. Poliakova, J. Kubanova, ABC Analysis in the Manufacturing Company, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 803, 2015, pp 33-39
- [15] Y.C. Wei, Wang and Qi, (2013), "On the stability and bullwhip effect of a production and inventory control system", *International Journal of Production Research*, Vol. 51, pp.154-171
- [16] C. Gorse, D. Johnston, M. Pritchard, *A Dictionary of Construction, Surveying and Civil Engineering*, Oxford University Press, 2013
- [17] G. Hançerlioğulları, A. Şen, E. Ağca Aktunç, Demand uncertainty and inventory turnover performance: An empirical analysis of the US retail industry, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 46, Issue 6/7, pp. 681-708
- [18] B. Malakooti, *Operations and Production Systems with Multiple Objectives*, 2014