LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Diplomityö

*Anton Pesonen*

# LEAN-TYÖKALUJEN HYÖDYNTÄMINEN TEOLLISUUSYRITYKSEN LOGISTIIKASSA

Työn tarkastaja: Petri Niemi

# TIIVISTELMÄ

**Tekijä:** Anton Pesonen

**Työn nimi**: Lean-työkalujen hyödyntämien teollisuusyrityksen logistiikassa

**Vuosi:** 2019 **Paikka:** Porvoo

Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Engineering Science, Tuotantotalouden koulutusohjelma

101 sivua, 28 kuvaa, 25 taulukkoa, 1 liite

Tarkastaja: Petri niemi

Ohjaaja: Petri Niemi

**Hakusanat:** lean, kanban, hukka, setitys, imuohjaus, toimitusketju

**Keywords:** lean, kanban, waste, kitting, pull control, supply chain

Työn tavoitteena oli tutkia, kuinka lean-työkaluja ja –menetelmiä voidaan soveltaa valmistavan teollisuuden yrityksessä. Kehitystoimenpiteillä haettiin näkyvyyttä eri toimintojen soveltuvuuteen kohdeyrityksen toiminnassa. Näiden tulosten perusteella pystyttiin saamaan näkemystä, kuinka yrityksen tulisi toteuttaa lean-periaatetta logistiikassa.

Työn alkuun tehty kirjallisuuskatsaus käsitteli lean-filosofian osa-alueita, jotka olivat oleellisia empiiristä osiota toteuttaessa. Kirjallisuuskatsauksen sekä nykytilan analysoinnin avulla valittiin kehityskohteet, jotka toimivat hyvinä osa-alueina lean-työkalujen jalkauttamisessa. Nykytilan analysoinnissa kerättiin kvantitatiivista dataa tietojärjestelmistä sekä kvantitatiivista dataa eri tehtävissä toimivilta henkilöiltä.

Kehityskohteille rakennettiin toimintamallit, jotka edistivät kohdeyrityksen logistiikkaa sekä veivät käynnissä olevaa lean-kehityshanketta eteenpäin. Muutoskohteet käsittivät kanban-tilausprosessin suunnittelun ja pilottijakson sekä UCL-valulevyjen toimitusten ja varastoinnin uudistamisen. Tuloksissa tutkittiin imuohjauksen, vaihtoehtoisten toimitusmuotojen sekä pienten eräkokojen toteutuksia sekä vaikutuksia toimintaan.

# ABSTRACT

**Author:** Anton Pesonen

**Subject:** Utilizing of lean tools and practices in the logistics of manufacturing company

**Year:** 2019 **Place:** Porvoo

Master's Thesis, Lappeenranta University of Technology

School of Engineering Science, Industrial Engineering and Management

101 pages, 28 figures, 19 tables, 1 appendix

Examiner: Petri Niemi

Instructor: Petri Niemi

**Key words:** lean, kanban, waste, kitting, pull control, supply chain

The aim of this study was to find out how lean tools and practices can be used in a manufacturing industry company. Implementations of the lean tools were made to get understanding of how they would suit the company's needs. Outcome of these results was used to improve the insight of how to logistics could be further improved.

The master's thesis starts with a literature review over lean tools and practices which were relevant for the upcoming improvement pilot and proposals. After analyzing the current situation of the company's different functions, the results and literature review are used to pick the processes that are to be improved.

As a result improved processes were made and the results examined. These processes improved the logistics and pushed to ongoing lean program onwards. Improvements focused on kanban ordering system and reorganizing of UCL foaming sheets delivery and ordering system. The outcome of these was an analysis of how pull, short lead times and different delivery packages affect the logistics.

# ALKUSANAT

Nyt kun opintoni lähenevät maaliviivaa ja valmistuminen näyttää kaikista matkan varrella koetuista epäilyistä huolimatta tapahtuvan, voin käyttää pari lausetta opiskeluajoilleni ja kaikille unohtumattomille toilailuilleni sen varrella. Se että matkaan Lappeenrannan vuosiltani näyttää jäävän diplomi-insinöörin titteli on se kuitenkin toissijainen seikka kaikkien kokemusten ja matkaan jääneiden ystävien rinnalla. Kiitokset kaikille matkan varrella olleille tovereille ja seikkailuille. Hetkeäkään en vaihtaisi.

Kiitos myös erityisesti yrityksessä minua kärsivälisesti ohjanneelle Niko Alaselle, jolta sain valtavasti ohjausta työssäni sekä vapauksia toteuttaa omaa visiotani. Sannalle haluan myös esittää kiitokset, että pelasti minut pilottini aikana selkäsaunalta. Lisäksi kiitos kaikille tiimini jäsenille kannustuksesta ja laumaan ottamisesta. Työn ohjaajalle yliopistolta, Petri Niemelle, haluan antaa tunnustusta joustavasta toiminnasta äkkipikaisten aikataulujeni kanssa.

Suurin kiitos vanhemmilleni, jotka ovat ohjanneet minut elämässäni hyville poluille. Kiitos myös Emmille työn aikana antamastasi tuesta ja pitkäjänteisyydestä.

Näillä sanoilla kohti seuraavia seikkailuja ja kokemuksia.

Helsingissä 5.4.2019

Anton Pesonen

# Sisällysluettelo

1 JOHDANTO ..... 9
1.1 Tutkimuksen tausta ..... 9
1..2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset ..... 10
1.3 Tutkimusmetodologia ..... 11
1.4 Raportin rakenne ..... 12
2 LEAN ..... 14
2.2 Hukat ..... 15
2.3 Arvon tuottaminen ..... 18
2.4 Jatkuva kehitys ..... 19
2.4 JIT ..... 20
2.6 Imuohjaus ..... 24
2.7 Visuaalinen ohjaus ..... 26
2.8 Kanban ..... 29
2.9 Kitting ..... 31
3 NYKYTILAN ANALYSOINTI ..... 33
3.1 Aineiston hankinta ..... 33
3.1 Arvovirtakaavio ..... 34
3.2 Ohutlevyosien tilausprosessi ..... 35
3.3 Ohutlevyosien varastointi ..... 40
3.4 UCL-valu ..... 45
3.4.1 Valuprosessi ..... 45
3.4.2 Valupeltien variaatiot ja kulutukset ..... 47
3.4.3 Valupeltien keräily & varastointi ..... 53

4 KOHDEYRITYKSEN LOGISTIIKAN KEHITTÄMINEN ..... 56
4.1 Kanban-tilausprosessi ..... 56
4.1.1 Nimikkeiden valinta ..... 57
4.1.2 Toimitusten järjestäminen ..... 57
4.1.3 Laatikoiden hyödyntäminen ..... 59
4.1.4 Kanban määrien laskeminen ja ylläpito ..... 61
4.1.5 Prosessin kuvaus ..... 63
4.1.6 Laatikoiden tarpeen laskeminen ..... 66
4.2 Setityksen hyödyntämien toimituksissa ja varastoinnissa ..... 67
4.2.1 Valulevyjen hankinta ..... 68
4.2.2 Valulevyjen valmistus ..... 70
4.2.3 Kärrytoimitusten imu- ja työntöohjaukset ..... 73
4.2.4 Kärryjen vaikutus varastotilaan ja käsittelyihin ..... 77
5 JOHTOPÄÄTÖKSET & TULOKSET ..... 80
5.2 Johtopäätökset kanban-pilotista ..... 80
5.2.1 Toimittajanäkökulma ..... 80
5.2.2 Varastotasot ..... 82
5.2.3 Tilan kulutus ..... 86
5.2.5 Loppupäätelmät kanban-pilotista ..... 87
5.2 Johtopäätökset setityksen hyödyntämisestä ja toimintatavoista ..... 90
6 YHTEENVETO ..... 95
LÄHTEET ..... 98
LIITTEET ..... 101
**LIITE 1** Kanban prosessikaavio ..... 101

**KUVALUETTELO**

**Kuva 1** Työn rakenne ..... 12
**Kuva 2** Arvon muodostuminen (Naylor et al. 1999) ..... 19
**Kuva 3** Lean osa-alueet (mukaillen Demeter, Matyusz, 2011) ..... 21
**Kuva 4** Imu- ja työntöohjaus (Logistiikan maailma, 2018) ..... 25
**Kuva 5** Visuaalisuuden osa-alueet (Kattman et. al. 2012) ..... 27
**Kuva 6** Tutkimuskohteen arvovirtakaavio. ..... 34
**Kuva 7** Profiiliohjauksen toiminta ..... 37
**Kuva 8** Materiaalivaraston hylly ..... 41
**Kuva 9** Varastotasojen kehittyminen suhteessa kulutukseen ..... 44
**Kuva 10** Varastotasojen ja varaston kierron kehittyminen ..... 44
**Kuva 11** UCL-valun toiminta ..... 46
**Kuva 12** A- ja B-ryhmän kalusteiden kulutus viikkotasolla. ..... 52
**Kuva 13** Valulevyjen varastohyllyjä ..... 54
**Kuva 14** Tilausten toimitukset ..... 58
**Kuva 15** Kanban arvovirtakaavio ..... 63
**Kuva 16** Kanban-kortti ..... 64
**Kuva 17** Kanban-taulu ..... 65
**Kuva 18** Laatikkovarasto takaosa ..... 65
**Kuva 19** Laatikkovarasto edestä ..... 65
**Kuva 20** Tuotantoerän vaikutus kappalehintaan ..... 71
**Kuva 21** Kulutuksen ja variaatioiden kasvun suhde ..... 72
**Kuva 22** Kärryjen imuohjaus ..... 74
**Kuva 23** Imuohjaus 2 kärryä ..... 75
**Kuva 24** Imuohjaus 3 kärryä ..... 75
**Kuva 25** Kärryjen määrä, MRP ..... 76
**Kuva 26** Varastotasojen käyttäytyminen ..... 83
Kuva 27 Keskivarasto ja kysyntä ..... 84
**Kuva 28** Tilan kulutus ..... 87
**Kuva 29** Kokonaiskustannukset ..... 92

**TAULUKKOLUETTELO**

**Taulukko 1**, Lean käsite (Mukaillen Bhamu, Sanfwan, 2016) ..... 15
**Taulukko 2** Ohutlevyosien ostotilaukset ..... 36
**Taulukko 3** Minimitilauserien riitot ..... 39
**Taulukko 4** Varastoitavien nimikkeiden jakautuminen ..... 42
**Taulukko 5** Nimikeryhmien tunnuslukuja ..... 42
**Taulukko 6** Kalusteen mittojen variaatiot ..... 47
**Taulukko 7** MD- kylmäkalusterunkojen variaatiot ..... 48
**Taulukko 8** Tuotteiden kysyntä ..... 49
**Taulukko 9** Ryhmä A:n kalusteet ..... 50
**Taulukko 10** Ryhmän B kalusteet ..... 51
**Taulukko 11** Ohutlevyjen suhteet ..... 52
**Taulukko 12** nimikkeiden laatikot ja tiedot ..... 60
**Taulukko 13** Kanban-korttien määrä nimikkeittäin ..... 62
**Taulukko 14** Laatikoiden tarpeet ..... 67
**Taulukko 15** Kulutuksen ja variaatioiden kasvun suhde ..... 72
**Taulukko 16** Valulevyjen hankintakustannukset ..... 73
**Taulukko 17** Kärryjen tarpeiden jakautuminen ..... 77
**Taulukko 18** Kärryn vaikutus varastotilaan ..... 78
**Taulukko 19** Kärryjen vaikutus tavaran vastaanottoon ..... 79
**Taulukko 20** Kärryn vaikutus keräilyyn ..... 79
**Taulukko 21** Varaston arvon muutos ..... 84
**Taulukko 22** Varaston kierrot, kappalemääräinen ..... 85
**Taulukko 23** Varaston kierrot hankintahintojen mukaan ..... 85
**Taulukko 24** Kokonaiskustannusten erittely ..... 92
**Taulukko 25** Varaston sitoma pääoma ja kierto ..... 93

## LYHENNELUETTELO

| | |
|---|---|
| **PDA** | **K**ämmentietokone *(eng. Personal Digital Assistant)* |
| **QR-koodi** | Ruutukoodi (*eng. Quick Response Code)* |
| **MRP** | Materiaalitarvelaskenta (*eng. Material Requirements Planning)* |
| **ERP** | Toiminnanohjausjärjestelmä (*eng. Enterprise Resource Planning)* |
| **MTS** | Varasto-ohjautuva tuotanto (*eng. Make to Stock)* |
| **MTO** | Tilausohjautuva tuotanto (*eng Make to Order* |
| **TPS** | Toyota Production System |

# 1 JOHDANTO

Lisäarvon tuottaminen asiakkaalle tarjoamalla tapauskohtaista lopputuotteen räätälöintiä vaatii yrityksen materiaalienhallinnalta suuria ponnistuksia. Käytettävien nimikkeiden suuri määrä, kysynnän vaihtelu sekä rajalliset varastot asettavat monia vaatimuksia toimivalle logistiikan järjestelylle. Varastotasojen laskeminen ja materiaalivirran tehostaminen vaativat yhteistyön kehittämistä toimittajien kanssa, jotta valmistuksen kustannukset saadaan pidettyä kurissa. Kustannusten näennäinen laskeminen suurten tuotanto- ja tilauserien kautta on helppo ja houkutteleva tie, joka kätkee sisäänsä suuret ja kasaantuvat ongelmat säilytyksessä ja varastonkierroissa. Toiminnan kehityksen lähtökohtana on nykyisin kasvavassa määrin lean-periaatteen noudattaminen. Leanin avulla pyritään yritysten prosesseja kehittämällä saavuttaa etuja läpi kaikkien yrityksen toimintojen. Tehostetulla prosessien toteutuksella ja hukan poistamisella saavutetaan tuotannossa näkyviä etuja, joiden on tarkoitus näyttäytyä kannattavampana yrityksenä.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimuksen kohdeyritys on Porvoossa sijaitseva kylmälaitteita valmistava teollisuuden yritys. Yhtiö on saksalainen perheyritys, joka toimii lämmityksen, kylmälaitteiden sekä teollisuuden markkinoilla, jotka muodostavat yrityksen kolme divisioonaa. Porvoossa toimiva tehdas valmistaa kylmäkalusteita, joihin lukeutuvat kylmäkaapit, -altaat sekä erilaiset palvelutiskit. Näiden pääasiakkaat ovat elintarvikkeita jälleenmyyvät kaupalliset yritykset, eli ruokakaupat, kioskit ja huoltoasemat. Kohdeyritys on erityisen vahva asema markkinoilla Pohjoismaissa sekä jatkuvasti kasvava panostus muuallakin Euroopassa. Porvoon tehtaan kilpailukyky sekä erottuvuus muista alan toimijoista perustuu tuotteiden asiakaskohtaisesta räätälöinnistä kunkin asiakastarpeen mukaan.

Viimeisten vuosien aikana kohdeyritys on aloittanut laajamittaisen kehitystyön kohti kannattavampaa ja kilpailukykyisempää toimintaa, jonka keskiössä toimii lean-periaate. Toimitusketjun näkökulmasta leanin soveltaminen tarjoaa paljon ratkaisuja, joiden avulla kyetään kehittämään yrityksen toimintaa. Eteenkin Porvoon tehtaan toimintamalli, jossa

asiakasräätälöinti määrittää lopputuotteet, vaatii luovia ratkaisuja jotta varastonkiertoa ja sitoutunutta pääomaa kyetään laskemaan sekä samanaikaisesti takaamaan tuotteiden saatavuus linjastolla. Näitä ratkaisuja tulee miettiä niin sisäisen materiaalihallinnan kautta kuin myös logististen toimitusratkaisujen näkökulmasta. Logistiset ratkaisut voivat toimia käsikädessä sisäisten prosessien parantamisessa. Näiden muutosprosessien tavoitteena on kehittää toiminnan tehokkuutta ja täten kasvattaa kohdeyrityksen kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla.

Kohdeyrityksellä on havaittu ongelmia suurissa varastoissa, jotka sitovat suuret määrät pääomaa sekä vievät paljon varastotilaa. Suuret varastot eivät silti ole estäneet materiaalipuutteita linjastoilla, josta toiminta on kärsinyt. Materiaalien määrä ei ole ollut ongelma vaan niiden virtaaminen tarvepaikalle oikeaan aikaan on tuottanut haasteita. Materiaalien tilaus-toimitusprosessi on havaittu kankeaksi, eikä se pysty palvelemaan yrityksen asiakasräätälöinnin myötä syntyviä tarpeita käsitellä suurta määrää nimikkeitä, joiden kysynnässä on keskenään suuria vaihteluita. Näiden asioiden ratkaisemiseksi on ilmaistu mielenkiinto erilaisten kehitysideoiden ja toimintamallien aktiiviseen pilotointiin ja käytännön kokeiluihin, jotta näistä metodeista saadaan sekä oppeja että kyetään näkemään miten ne palvelevat yrityksen toimintaa.

## 1..2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on esittää lean-kehitystä tukevia kehitysideoita ja toimintamalleja, jotka pyritään saamaan pilottivaiheeseen mahdollisimman nopeasti. Näiden tarkoituksena on tuoda kohdeyritykselle esimerkkejä käytettävissä olevista lean-työkaluista sekä niiden soveltuvuuksista yrityksen toimintaan. Pyrkimys on jalkauttaa teoriamallin pohjalta kehitetyt ideat mahdollisimman pitkälle käyttöönottoa varten. Työhön on varattu kuusi kuukautta, mikä tuo omat haasteensa toimintamallien pilottivaiheeseen viemisessä. Tutkimuskysymykset, joita lähdetään selvittämään ovat:

- *Miten kohdeyrityksen logistiikassa voidaan hyödyntää lean-periaatteita?*
- *Miten imuohjaus soveltuu kohdeyrityksen toimintaan?*

- *Miten lean-periaatteen hyödynnetyt keinot edesauttavat toimintaa?*
- *Miten nämä vaikuttavat hukan poistamiseen prosesseissa?*

Tutkimuksessa keskitytään ainoastaan Porvoon tehtaan kolmannelle linjastolle, joka tuottaa MD5 sekä MD5 Eco tuotesarjan hyllyköitä. Tarkoitus on oppia käyttöönottamaan sekä arvioida erilaisia työkaluja, joita voidaan kopioida myöhemmin myös muille linjastoille. Työ ei puutu itse tuotantolinjan toimintaan tai sen työvaiheisiin, vaan paino on logististen ratkaisujen myötä tuoda hyötyä tuotannolle sekä tehostaa perinteisiä varastoinnin tunnuslukuja.

## 1.3 Tutkimusmetodologia

Työn toteutus tehdään selvittämällä nykytila hyödyntäen haastatteluja ja keskusteluja eri työntekijöiden kanssa sekä keräämällä kvantitatiivista dataa kohdeyrityksen tietokannoista ja raporteista. Tämän lisäksi työn alussa toteutetaan viikon mittainen jakso, jossa työskennellään tuotantolinjan eri prosesseissa.

Näiden pohjalta valitaan prosesseja jotka tarjoavat hyviä toimintaympäristöjä uusien toimintamallien kehittämiseen. Lisäksi kehitettävien kohteiden tulee olla siirrettävissä myös muille tuotantolinjoille, jotta työn mukana kehitettävät parannukset saadaan laajemmin käyttöön. Kehitettävät prosessit valitaan niiden työhön ja tutkimuskysymyksiin soveltuvuuden mukaan. Oleellista on myös valita sellaiset kehityskohteet, joiden myötä saadaan mahdollisimman paljon näkyvyyttä lean-työkalujen toiminnasta.

Näiden kehitettävien toimintamallien myötä pyritään ne jalkauttamaan pilottivaiheeseen. Tavoite on saada vähintään yksi pilotti toteutettua ja arvioitua työn aikana. Toimintamallit, joita ei työn aikataulun puitteissa ehditä pilotoimaan, pyritään kvantitatiivisen datan avulla mallintamaan mahdollisimman tarkkaan muotoon.

## 1.4 Raportin rakenne

Raportti (kuva 1) jakautuu kolmeen eri osa-alueeseen. Ensimmäinen osa, eli luku 2, käsittelee kirjallisuuskatsauksena leania ja siihen liittyviä osa-alueita, jotka ovat oleellisia kohdeyrityksen kannalta tässä tutkimuksessa. Työkalujen valintaan vaikutti yrityksen esittämät toiveet ja visiot, joiden lisäksi on tuotu omia näkemyksiä hyödyllisistä toimenpiteistä, jotka ovat sopivia esitetyn vision kehittämisessä.

**Kuva 1** Työn rakenne

Toisessa osassa, eli luvussa kolme, tehdään nykytila-analyysiä yrityksen osa-alueista. Aluksi hahmotetaan kohdealueen, eli kolmannen linjaston, ympärille arvovirtakaavio. Tämän jälkeen kuvataan kohdeyrityksen hankintaprosessi sekä varastoinnin tila, jonka jälkeen käydään läpi lopputuotteiden runkojen valmistus sekä sen vaatimien valupeltien varastointi.

Työn kolmas osa koostuu luvuista 4, 5 ja 6, jotka käsittelevät näiden toimenpiteiden soveltamista kohdeyrityksen toimintaan ja kehityskohteiden konkreettisen tason suunnitelmia. Kehitysideoiden eteenpäinvienti on esitetty laskennallisina malleina sekä käytännön toteutuksina. Näiden pohjalta johtopäätöksissä käydään läpi aikaansaatuja tuloksia sekä kehityskohteiden jatkosuunnitelmia.

# 2 LEAN

Luvussa tutustutaan lean-filosofiaan sekä sen hyödyntämiseen yritysten toiminnassa. Lisäksi käsitellään leanin yhteydessä käytettäviä työkaluja sekä niiden käyttämistä koko toimitusketjun optimoinnissa. Nämä teoriat toimivat työkaluina myöhemmässä empiirisessä osuudessa.

Lähtökohtana lean-ajattelulle on kaiken turhan, joka ei luo arvoa, poistaminen toiminnasta. Lähtökohtana on pyrkiä tekemään kaikki toiminnot mahdollisimman tehokkaasti ja kasvattamaan arvoa tuottavan työn osuus mahdollisimman suureksi, samalla karsien pois asioita, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Lean-ideologialle ei ole kirjallisuudessa muodostunut tarkkaa yleisesti käytettyä määritelmää, jota tutkijat käyttäisivät yhteisymmärryksessä. Eri lähteissä on erimielisyyksiä mitkä ominaisuudet tulisi liittää tähän toimintamalliin ja mitkä ovat sen varsinaiset ajurit. Bhamu & Sangwan (2016) ovat esittäneet mitä eri lähteissä on pidetty leanin määritelminä, skaaloina sekä tavoitteina. Nämä ovat kuvattuna taulukossa 1. (Bhamu, Sangwan, 2016)

**Taulukko 1**, Lean käsite (Mukaillen Bhamu, Sanfwan, 2016)

| Määritelmä | Skaala | Tavoite |
|---|---|---|
| - **Tapa**<br>- **Prosessi**<br>- **Joukko työkaluja ja tekniikoita**<br>- **Ohjelma**<br>- **Tuotannon ajatusmalli**<br>- **Lähestymistapa**<br>- **Konsepti**<br>- **Filosofia**<br>- **Systeemi** | - Tuotekehitys<br>- Toimintojen johtaminen<br>- Koko toimitusketju<br>- Ihmisjohtaminen<br>- Tuotantomuoto<br>- Markkinoiden kysyntä<br>- Ympäristön muutokset | - Suuri määrä tuotteita ja vähän puutteita<br>- Integroitu tuotekehitys, toimitusketju ja toiminnanohjaus<br>- Kustannusten vähentäminen sekä kyky tuottaa enemmän vähemmällä<br>- Toimitusajan lyhentäminen<br>- Varastotasojen minimointi<br>- Kapasiteetin tasoittaminen<br>- Laadun kehittäminen<br>- Ketteryyden kehittäminen |

Edellä mainittu kuvaus on varsin abstrakti. Yksinkertaistetummin kuvattuna lean voidaan nähdä koko yrityksen kattavana toimintatapana, joka tähtää järjestelmällisesti tehostamaan laatua, kustannuksia ja toimituskykyä sekä –varmuutta. Tämän toteutetaan poistamalla prosesseista hukkaa, luomaan niihin virtausta sekä kasvattamaan yrityksen kykyä reagoida asiakastarpeisiin. (Plenert, 2007, 146)

## 2.2 Hukat

Hukka tarkoittaa yrityksen prosesseissa tapahtuvia toimintoja, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Hill (2018) toteaa, että yrityksen toiminnot voidaan lean-periaatteen mukaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen, Nämä ovat arvoa tuottavat toiminnot, arvoa tuottamattomat mutta välttämättömät toiminnot sekä arvoa tuottamattomat toiminnot. Arvoa tuottamattomat toiminnat on jaettu kirjallisuudessa usein seitsemään eri osa-alueeseen, jotka ovat:

- Tarpeeton kuljettaminen
- Liiallinen varastointi
- Turha liike
- Odottaminen
- Ylituotanto
- Ylijalostus
- Puutteet (Hill, 2018)

Tarpeeton kuljettaminen viittaa nimikkeiden, puolivalmisteiden tai valmiiden tuotteiden turhaan kuljetukseen. Tämän poistamiseksi toiminnan virtaus tulee olla yhdensuuntainen ja jatkuva, jotta mikään tuote ei kulje kuin yhteen suuntaan, kohti lopputuotetta. Työpisteiden väliset matkat tulevat myös olla niin lyhyitä kuin mahdollista. Käytännössä tämä tarkoittaa materiaalien käsittelyn järjestelemistä niin, että ne kulkevat tehokkainta ja lyhyintä reittiä tarvepaikalle. Kaikki kuljettaminen lisää prosessiin kuluvaa aikaa ja kustannuksia sekä altistaa tuotteet vaurioille. (Hill, 2018) (Hicks 2007)

Liiallisella varastoinnilla tarkoitetaan tilannetta, jossa nimikkeitä varastoidaan liikaa niiden tarpeeseen nähden. Optimaalisessa lean-toiminnassa kutakin nimikettä tilataan vain tyydyttämään sen tarve. Ylimääräinen varastointi juontaa juurensa moniin syihin. Yleisimpiä ovat suuret tilauserät, jotta kappalehinta saadaan laskettua alas. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa varastoon tilataan kysyntään nähden liian suuri erä, jonka kierto jää hitaaksi. Laaja lopputuotteiden määrä aiheuttaa myös tilanteen, jossa vähän kuluvia nimikkeitä tilataan varastoon suurissa erissä. Tällöin suuri määrä pienen kysynnän tuotteita vie valtaosan varastotilasta. (Hill, 2018)

Turha liike on henkilöstön tarpeetonta liikkumista eri pisteiden välillä. Syynä voi olla tuotantolinjan huono suunnittelu, keräilyn järjestelemättömyys, tuotepuutokset, viat tai ylivarastointi. Turha liike aiheuttaa turhaa työtä sekä vie aikaa arvoa tuottavalta osuudelta. Turhan liikkeen karsimiseksi, tulee käyttää samaa periaatetta kuin turhan kuljetuksen tapauksessa. Nämä myös heijastuvat usein toinen toisiinsa. (Hill, 2018) (Hicks, 2007)

Odottaminen tapahtuu kun keskeneräinen tuote joutuu odottamaan joko seuraavalle työpisteelle pääsyä tai edelliseltä työpisteeltä saapumista. Odottaminen on selvästi arvoa lisäämätöntä, koska sen aikana ei tuotantosolussa tapahdu mitään. Odottaminen voi johtaa myös tuotannon puskemiseen ja ylituotantoon. Odottamisen ehkäisemiseksi tulee tuotannon eri portaiden ajankäyttö tehdä saumattomaksi. Lisäksi tässä pysyminen voidaan varmistaa mahdollisimman tarkalla vaiheiden standardoinnilla. (Hill, 2018)

Hill (2018) toteaa ylituotannon yhdeksi vakavimmista hukista, sillä se johtaa tarpeettomaan varastointiin, jonka avulla peitetään prosessien muita ongelmia. Ylituotantoon liittyy vahvasti tuotteiden puskeminen eteenpäin ilman että niille on syntynyt todellista tarvetta. Toisin sanoen ylituotannossa toiminnot, joiden olisi pitänyt pysähtyä, jatkuvat silti (Hicks, 2018).

Liiallinen jalostus voidaan jakaa kahteen eri luokkaan. Ensimmäisessä on kyse lopputuotteen liian pitkälle viedystä jalostuksesta, joka ei enää tarjoa asiakkaalle lisäarvoa. Tällaisia voivat olla lisäominaisuudet, jotka eivät heijastu asiakkaiden tarpeisiin. Asiakastarpeiden selkeä määrittäminen ja niiden tarkastelu mahdollistaa lopputuotteen ominaisuuksien yksinkertaistamisen. Toinen luokka kattaa uudelleen suoritettavat tehtävät, kuten työvaiheen uusimisen. Lisäksi myös liiallinen varastointi aiheuttaa sen vaatimien toimintojen takia yliprosessointia. (Hicks, 2018)

Virheet voivat koskea niin raakamateriaaleja, puolivalmisteita kuin lopputuotteitakin. Näiden johdosta syntyy tarve suorittaa yksi tai useampi vaihe uudestaan, eli uusia arvoa tuottava vaihe, joka ei toisella kerralla sitä enää luo. Romutettavaksi joutuva materiaali on taas suoraa materiaalihukkaa, joka heijastuu lopputuotteesta saatavan rahallisen edun alenemiseen. Oleellisinta on luoda prosessi ja sen vaiheet siten, että siinä syntyvät virheet saadaan minimoitua. Toiseksi mahdollisten virheiden varalta on ne kyettävä löytämään heti niiden sattuessa, jotta virheellistä tuotetta ei jatkojalosteta turhaan. (Hill, 2018)

Arvoa tuottamattoman hukan osuus tehdystä työstä on usein hyvinkin suurta. Toisin kuin arvoa tuottavien vaiheiden havainnointi ja löytäminen, on arvoa tuottamattomien toimintojen löytäminen usein vaikeaa. Janes etl al. (1997) toteaa, ettei ole harvinaista, että

tehtaan toiminnoista jopa 60% on arvoa tuottamatonta, 30% arvoa tuottamatonta mutta pakollista ja vain 5% itse arvoa tuottavaa työtä.

## 2.3 Arvon tuottaminen

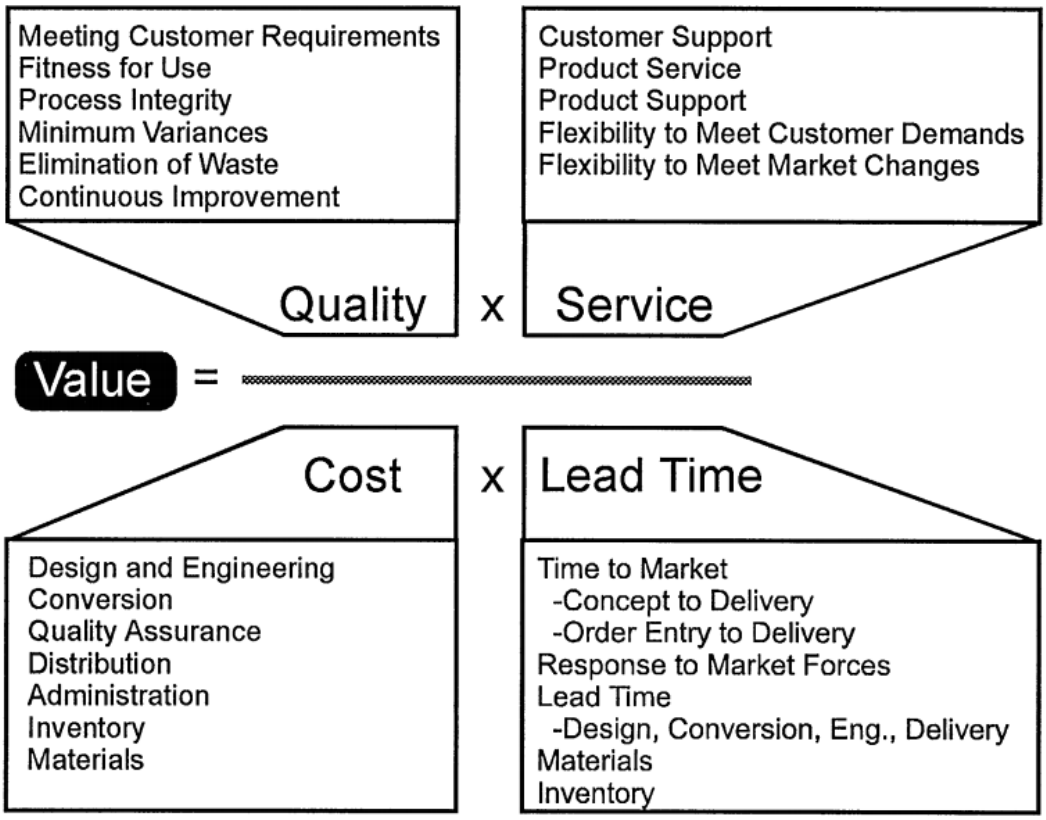
Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, on lean-ajattelussa yritysten toiminnot jaettu arvon tuottamisen näkökulmasta kolmeen eri kategoriaan. Nämä ryhmät ovat:

- Arvoa tuottavat toiminnot
- Arvoa tuottamattomat, mutta välttämättömät toiminnot
- Arvoa tuottamattomia toiminnot (Jones et. al. 1997)

Arvoa tuottamattomat toiminnot, eli hukat ovat edellisessä kappaleessa läpikäytyjä toimintoja, jotka eivät tuota suoraa tai epäsuoraa arvoa asiakkaalle. Näiden karsimisen lisäksi on oleellista lisätä arvoa tuottavaa työtä. Lähtökohtana on kuitenkin arvoa tuottamattoman työn karsiminen ja tätä kautta arvoa tuottavan työn osuuden kasvattaminen. Oleellista on myös laajentaa hukan vähentäminen läpi kaikkien eri sidosryhmien, jotta yksittäisen osan sijaan koko toimitusketju saadaan optimoitua. (Jones et. al. 2018)

Arvoa tuottavat toiminnot ovat yrityksen prosessien vaiheita, joissa tuotteeseen, sen osaan tai prosessiin lisätään asiakkaan näkökulmasta katsottuna hyötyä. Johanson ja Osterman (2017) ovat listanneet kirjallisuudessa käytettyjä määritteitä arvolle. Itse arvon luo loppuasiakkaan kokemus tarjotusta tuotteesta tai palvelusta. Arvo on määritelty tietynlaisena tuotteena tai prosessina, joka tarjoaa asiakkaalle vaaditut ominaisuudet ja laadun oikeassa paikassa oikeaan aikaan.

Arvo voidaan jakaa Naylor et al. (1999) mukaan neljään eri päätekijään, jotka ovat kuvattuna kuvassa 2. Nämä ovat palvelu, laatu, kustannukset ja läpimenoaika. Arvon maksimoinniksi tulee siis pyrkiä saavuttamaan tila kuvan yhtälöstä, jossa näiden neljän muuttujan lopputulos on mahdollisimman suuri.




**Kuva 2** Arvon muodostuminen (Naylor et al. 1999)

## 2.4 Jatkuva kehitys

Jatkuva kehitys tunnetaan myös nimellä kaizen, joka on peräisin japanin kielestä ja koostuu kahdesta osasta. Kai tarkoittaa muutosta tai kehitystä ja zen tarkoittaa hyvää. Karkeasti käännetty kehitys parempaan tunnetaan jatkuvana kehityksenä. Tässä ajatusmallissa toimintaa pyritään kehittämään jatkuvasti kohti täydellisyyttä. Perusajatuksena toimii ongelmanratkaisu, jossa jokainen yrityksen työntekijä on mukana, ja jonka myötä tästä tulee arkipäiväinen toimintatapa. (Dyer, 2016)

Kaizenin ideologiassa ei painopiste ole lyhyen aikavälin talouslukuihin keskittyvissä toimissa ja päätöksissä. Johtaminen, päätökset ja kehityshankkeet keskittyvät tehostamaan prosesseja ja tämän kautta sitä, kuinka ihmiset voivat tehdä työnsä tehokkaasti. Tällainen

toiminnan tehostamisen ja tätä kautta tuottavuuden parantaminen vaatii pitkänäköisyyttä päätöksenteossa. Jotta jatkuvan kehittämisen toiminta saadaan toimivaksi, vaatii se koko henkilöstön aktivoimisen sekä koko yrityksen toimintatavan ajatusmallin muuttamisen. (Stephen, 1990)

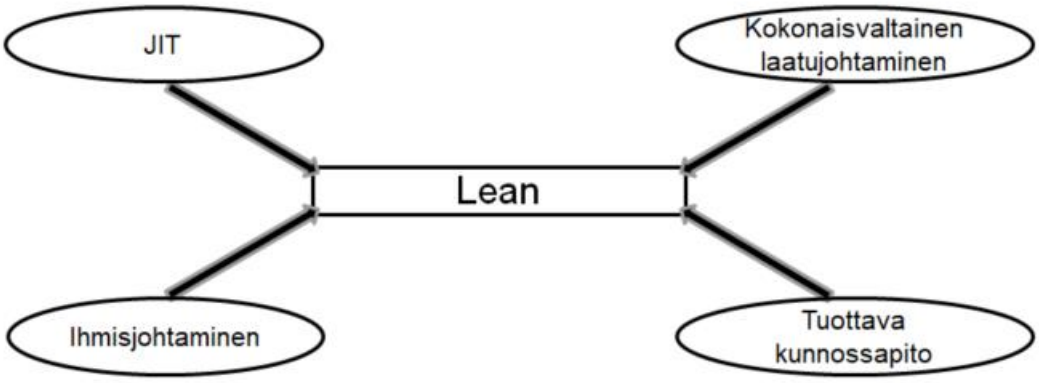
Johtamisen rooli muuttuu myös oleellisesti perinteisestä mallista siirryttäessä. Johtaja ei ole enää hahmo joka kertoo mitä kukin tekee, vaan hahmo joka saa osallistettua ihmiset työntekoonsa ja kannustettua heidät tekemään parannuksia omiin töihinsä. Tässä prosessissa johtajan voi nähdä palvelijana, joka tarjoaa työntekijöille puitteet jotta he pystyvät tehostamaan omaa työtään. Tällaisessa tilanteessa johtamista voidaan siteerata seuraavasti: ”…liberating people to do what is required of them in the most effective and humane way possible”. (Stephen, 1990)

## 2.4 JIT

JIT (Just-in-Time) on ajatusmalli, jota noudatetaan lean-filosofiassa ja jota on hyödynnetty ennen varsinaista leanin kehittämistä. Suomeksi käännettynä juuri oikeaan aikaan kuvaa sitä, kuinka materiaaleja käsitellään yrityksessä. Optimaalisessa tilanteessa niitä tilataan, valmistetaan ja liikutellaan vain tarpeen mukaan. JIT ja seuraavaksi käsiteltävä imuohjaus ovat periaatteiltaan lähellä toisiaan ja usein niistä puhutaan yleisellä tasolla samana asiana. JIT on kuitenkin hyvin paljon laajempi kokonaisuus, joka käsittää itsessään imuohjauksen periaatteet kuin myös sen ympärillä olevan laajemman toimintafilosofian. Kaikkine osa-alueineen JIT lähestyy käsitteenä leania. (Logistiikan maailma, 2018)

Asiaa ovat kuvanneet tarkemmin Demeter & Matyusz (2011), jossa he esittävät leania hahmottavan pienemmistä nipuista koostuvan mallin. Tässä mallissa lean jaetaan erilaisiin pienempiin kokonaisuuksien nippuihin. Näistä yksi on JIT, joka sisältää osioita kuten JIT-toimitukset, tiheämmät toimitusvälit, imuohjauksen ja pienet toimituserät. Tämä on kuvattu kuvassa 3. Joidenkin julkaisijoiden näkemysten perusteella JIT sisältää myös suoria tuotannollisia osa-alueita kuten säätöaikojen minimoinnin sekä tuotantoaikataulun

joustavuuden. On selvää, ettei JIT ole vielä saavuttanut kirjallisuudessa selkeää ja yksioikoista määritelmää. (Demeter, Matyusz, 2011)




**Kuva 3** Lean osa-alueet (mukaillen Demeter, Matyusz, 2011)

Hyödynnettäessä JIT toimintatapaa materiaalien käsittelyssä, sisältyy siihen yleisesti ottaen seuraavat ominaispiirteet:

- Toimitus pienemmissä erissä. Tavarat toimitetaan imuohjauksen mukaan vain tarvittava määrä.
- Vähemmän toimittajia, jotka vastaavat kukin omista tuotteistaan tai tuoteperheistään.
- Toimittajien arvioinnissa ja valinnassa painotetaan laatua ja toimitustehokkuutta hinnan lisäksi. Hinta ei itsessään ole tärkein tekijä.
- Tuotteiden toimituksessa käytetään standardisoituja pakkauksia. Näitä voivat olla esimerkiksi laatikot tai kärryt.
- Toimittaja saa enemmän vastuuta ja vapautta toiminnassaan päästä asiakkaan asettamiin vaatimuksiin.
- Tiedonkulun lisääminen ja kehittäminen (Water-Fuller, 1996)

JIT hankinnalla nähdään yleisesti olevan vaikutuksia materiaalivirran suoraviivaistumiseen, laadun parantumiseen sekä toimittajasuhteiden syvenemiseen. Näistä toimittajasuhteiden syveneminen on usein seurausta JIT:in käyttöönotosta toimitusketjussa, joka toimii yhtenäisenä ajurina toimitusketjun eri osapuolille.

Modarres & Ansari (1996) esittävät yleisesti havaittuja syitä, jotka aiheuttavat toimittajissa skeptisyyttä JIT-hankintaan siirtymisessä. Nämä ovat riittämättömät kannustimet, sitoutumattomuus sekä lisätyön kertyminen toimittajalle. Water-Fuller (1996) kuvaa tekstissään, että toimittajan näkökulmasta ongelma on niiden kustannusten ja prosessien, joista asiakas pyrkii eroon, siirtyminen toimittajalle. Kuitenkin JIT nähdään yleisesti eri julkaisijoiden keskuudessa hyvin potentiaalisena toimintatapana myös toimittajalle.

Toimittajan näkemys JIT-toimituksiin siirtymisestä voi olla suppea tai lyhytkatseinen. Luonnollisesti he haluavat näkyvyyttä siitä, että tällainen siirtymä tuottaa heille enemmän hyötyä kuin pysyminen ns. perinteisessä toimintatavassa. Modarress ja Ansari (1990) sekä Water-Fuller (1996) molemmat tuovat esiin ongelman, jossa JIT-toiminnan kaikki hyöty näkyy suoraan ostajalla sekä siirtää varastot toimittajan päähän. Water-Fuller (1996) kuitenkin painottaa tämän olevan vain väliaikainen siirtymävaihe, jonka jälkeen toimittajan prosesseja aletaan kehittää. Näiden myötä toimittaja kykenee suurempiin voittoihin paranneltujen tuotteiden ja prosessisuunnittelun, kapasiteetin paremman käyttöasteen, toimitusketjun näkyvyyden sekä asiakkaan tieto-taidon hyödyntämisen myötä. Lisäksi toimittajan siirtyessä samankaltaiseen pienempien erien tuottamiseen sekä toimittamiseen saavuttaa hän suuria varaston arvon laskuja. On kuitenkin huomioitava, että eri toimialoilla mahdollisuudet valmistaa kaikkia tuotteita yhtä kustannustehokkaasti pienerissä eivät ole realistisia. On usein halvempaa tuottaa suurempia eräkokoja, kuin mitä asiakas tilaisi JIT-mallissa. Punnittavaksi jää tällöin tapauskohtaisesti, valitseeko toimittaja kasvavat varastointikustannukset vai tuotantokustannukset (Waters-Fuller, 1996).

Tuotantokustannusten noustessa on niiden jakautuminen hoidettava lähtökohtaisesti siten, että kumpikin osapuoli hyötyy toimintatavasta. Tämä voi tarkoittaa toimittajan hetkellistä hintojen nostamista, kunnes heidän omat prosessinsa ovat riittävät niiden laskemiseen

alemmalle tasolle. Asiakas taas hyötyy omina etuinaan kuten varastointikustannusten laskemisena sekä materiaalivirran tehostumisena.

Asiakkaan sitoutuminen toimintaan on myös kysymysmerkki toimittajalle, koska toimittajia kohdellaan usein kilpailutuksen myötä vaihdeltavina pelinappuloina (Modarres, Ansari,1996). Kuitenkin JIT-periaatteen toteuttamisessa pidetään yhtenä lähtökohtana toimittajien määrän karsimista sekä valittujen toimittajien kanssa siirtymistä tiiviimpään yhteistyöhön sekä pidempiaikaisempiin toimittajasuhteisiin (Water-Fuller, 1996).

Lisätöiden kertyminen on myös asia, joka heijastuu toimittajan päähän. Toimituksia joudutaan lähettämään tiheämpää tahtia, tarkemmilla määrillä sekä kovemmilla laatuvaatimuksilla. Lisäksi yllä mainittu tuotantoprosessien kehittäminen, investointi sekä koulutus on aikaa vievää työtä, jonka toinen vaihtoehto on korkeampien varastotasojen ylläpitäminen (Ansari, Modarress, 1990). Oleellista tiiviimmän yhteistyön rakentamisessa on asiakkaan osallistuminen toiminnan kehittämiseen myös toimittajan päässä. Näin rakennetaan kokonaisvaltaisesti toimiva toimitusketju eikä ajauduta osaoptimointiin toimitusketjun sisällä (Water-Fuller,1996).

Tiukentuneiden laatuvaatimusten noudattaminen on yksi oleellinen asia, johon toimittajan tulee kyetä vastaamaan siirryttäessä JIT-toimituksiin. Water-Fuller (1996) toteaa, että JIT-toiminnassa lähes täydellinen laatu ei ole enää kilpailutekijä toimittajien kesken, vaan pikemminkin vaatimus joka toimittajan tulee täyttää. Toimitusten muuttuessa pieniksi ja vain tarvetta vastaaviksi, on elintärkeää että toimitettavissa tuotteissa ei ilmene laatuvirheitä, sillä nämä voivat helposti johtaa tuotannon pysähtymiseen. Laatuvirheistä syntyvien seisokkien kustannukset nousevat nopeasti suuriksi ja niiden vastuun jäädessä toimittajalle, synnyttää sen helposti epävarmuutta toimittajalle. Ansari ja Modarress (1990) tuovat tämän asian ilmi ja ehdottavat sen minimoimiseksi laadunvalvonnan kehittämistä kattamaan tuotteen suunnittelu sekä valmistusvaihe. Täten kyetään havaitsemaan jo mahdolliset suunnittelussa syntyvät ongelmakohdat, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti tuotteen laatuun. Lisäksi tuotannon laaduntarkastuksen tulisi siirtyä täysin toimittajalle, jotta virheellisiä osia ei toimitettaisi ollenkaan asiakkaalle.

Jotta toimittaja kykenee vastaamaan JIT-toiminnan myötä syntyviin muutoksiin omissa prosesseissaan, vaatii se yhteistyötä ja tukea asiakkaan organisaatiolta. Tällainen tiivis yhteistyö pitkäaikaisissa ja tiiviissä toimittajayhteistöissä on oleellista, jotta koko toimitusketju saadaan optimoitua toimivaksi kokonaisuudeksi. Kuitenkin toimittajan kokevat usein, etteivät he toimi asiakkaidensa kanssa riittävän tiiviisti tai saa heiltä tarvitsemaansa apua toiminnan edistämiseksi. (Waters-Fuller, 1996)

Kaikesta huolimatta JIT nähdään yleisesti kirjallisuudessa kannattavana toimintatapana, jonka ongelmakohdat ratkaistaessa tuottaa toiminnalle laajoja hyötyjä. Toimittaja kykenee parempaan taloudelliseen tulokseen kehittyneiden tuote- ja prosessikehitysten, kapasiteetin tehostamisen, toimitusketjun näkyvyyden sekä asiakkaan tietotaidon jakamisen myötä. (Ansari & Modarress 1990)

## 2.6 Imuohjaus

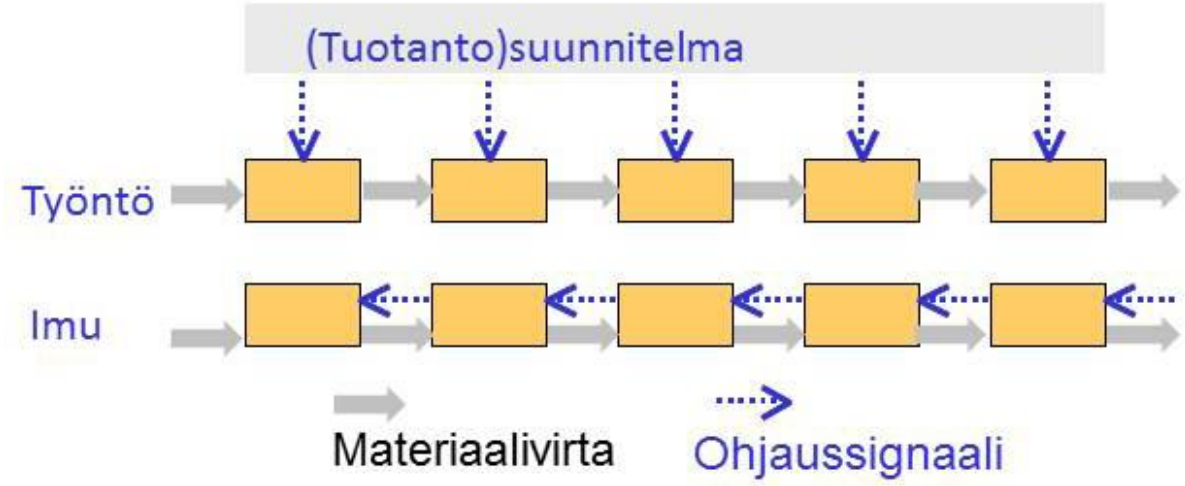
Lean-tuotannon materiaalivirtojen toimintaperiaatteesta käytetään nimitystä imuohjaus, Se korvaa työntöohjauksena tunnetun toiminnan. Imuohjauksessa seuraavat vaiheet imevät edeltäviltä vaiheilta materiaaleja tarpeidensa mukaan, kun taas työntöohjauksessa materiaalivirta työnnetään eteenpäin seuraavalle toimipisteelle. Imu- ja työntöohjaus ovat helposti määriteltävissä seuraavasti:

- Imuohjauksessa materiaalit liikkuvat eteenpäin seuraavalle pisteelle ainoastaan silloin, kun siellä on syntynyt tarve kyseiselle materiaalille, joka on ilmaistu ennalta määriteltynä signaalina.
- Työntöohjauksessa materiaalit liikkuvat eteenpäin huolimatta siitä, onko niille tarvetta seuraavalla toimipisteellä vai ei. (Baudin, 2009, 35-36)

Täydellisessä imuohjauksessa imu alkaa aina asiakkaalta ja käynnistää koko prosessin läpi kulkeutuvan ohjaussignaalin, jota seuraa JIT-periaatteen mukainen materiaalivirta. Tällöin jokaista nimikettä ja tuotetta käsitellään sekä valmistetaan vain tarvittu määrä. Tämän

kaltainen toiminta karsii tehokkaasti hukkaa ja onkin siksi yksi oleellisimmista lean-toiminnan osista. Imuohjauksessa käytetään erilaisia signaaleja kontrolloimaan niin materiaalien täydennyksiä kuin töiden aloituksiakin, joista yleisin toimintatapa on kanban. (Womack & Jones, 2003, 63)

Kuvassa 4 on havainnollistettu imu- ja työntöohjausten toimintatavat. Imuohjauksesta voidaan nähdä, kuinka yksi ainoa ohjaussignaali kulkee koko ketjun läpi luoden tarpeet eri vaiheille. Näin siis tuotantoa sekä materiaalivirtaa ohjaa käytännössä asiakaskysyntä. (Logistiikan maailma, 2018)




**Kuva 4** Imu- ja työntöohjaus (Logistiikan maailma, 2018)

Esimerkkinä työntöohjauksesta voidaan käyttää MRP:tä (Material Requirements Planing). Tässä työntöohjauksessa tuotannon suunnittelu sekä materiaalien hankinta perustuu ennusteeseen tai suunniteltuun tuotantorakenteeseen. Imuohjaus ei taas katso eteenpäin siihen, mitä on suunniteltu tehtäväksi, vaan reagoi tilanteeseen joka syntyy kullakin hetkellä ja muokkaa toimintaa tämän mukaan. Tästä johtuen imuohjaus kykenee tarjoamaan paljon tehokkaamman ja joustavamman toimintaympäristön toiminnalle, jossa tapahtuu paljon muutoksia joita ei kyetä näkemään etukäteen. (Wang et. al. 2018)

Työntöohjaus on nopeasti ajateltuna helposti luontainen vaihtoehto. Jos tuote tai vaihe on valmis, niin miksi sitä ei siirrettäisi eteenpäin ja jatkettaisi uutta? Jos tuotteita työnnetään työvaiheesta toiseen ilman niille syntynyttä varinaista tarvetta, sen sijaan että ne imettäisiin eteenpäin, syntyvät seuraavat ongelmat.

- Keskeneräiset tuotteet siirtyvät eteenpäin, mutta itse tuotannon läpimenoaika ei nopeudu
- Materiaalivirran yläpäältä häviää näkyvyys seuraavien vaiheiden kyvykkyyteen vastaanottaa heidän suoritettaan.
- Seuraa tilanne, jossa myöhempien vaiheiden operaattoreilta häviää mahdollisuus vaikuttaa toimintaympäristöön, joka täyttyy turhasta tavarasta ja puolivalmiista tuotteista. (Baudin, 2005, 201-202)

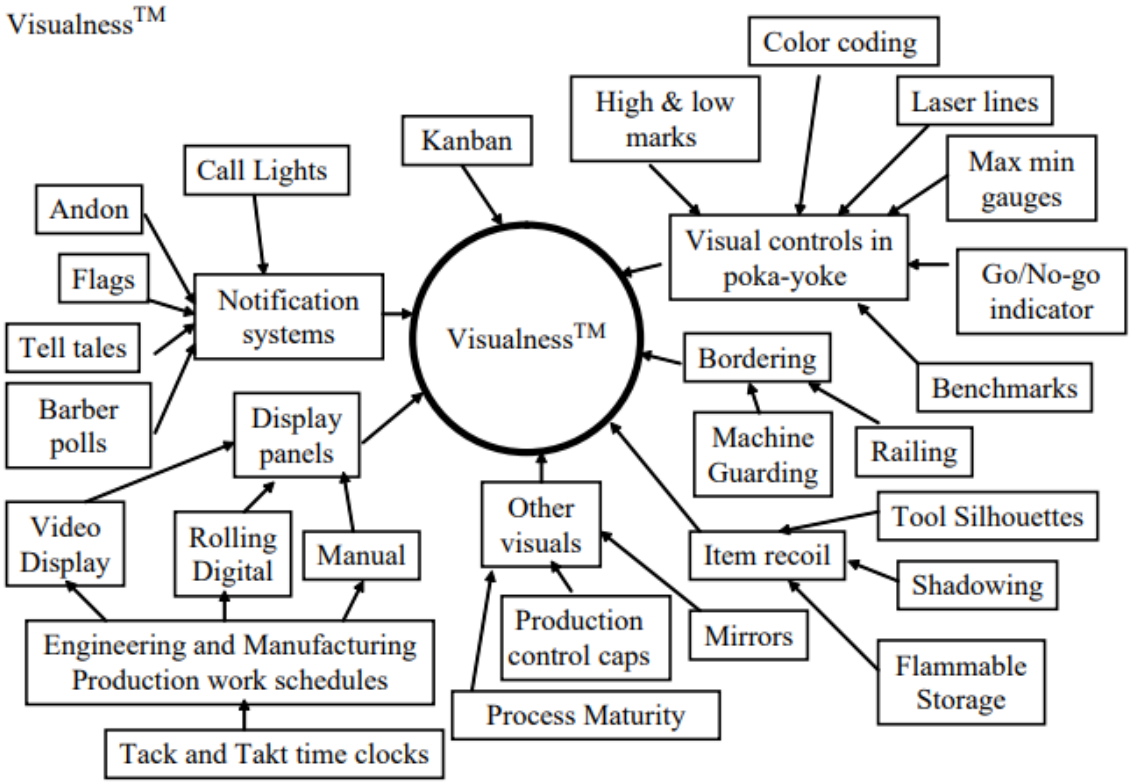
## 2.7 Visuaalinen ohjaus

Mann (2010, 52) toteaa, että yrityksen jokainen prosessi tulisi olla visuaalisesti seurattavissa niin toimistossa kuin myös tuotantoalueella. Visuaalisen kuvauksen tarkoituksena on näyttää heti mikä prosessin tilanne on ja miten se suoriutuu. Visuaalinen esitys esimerkiksi värein näyttää, onko jokin osa-alue alisuoriutumassa ja kuinka vakava tilanne on.

Visuaalinen ohjaaminen voidaan nähdä automatisoituna ja standardisoituna kommunikointina eri toimintojen sisällä sekä välillä. Nopea ja tehokas tiedonjako on tuonut visuaalisen ohjauksen osaksi lean-toimintaa. Tarjoamalla kaikille työntekijöille sama helposti luettava näkymä prosesseista, saa se aikaan tehokkuuden sekä joustavuuden parantumista ohjaamalla työntekijöitä ilman erillisiä neuvonantoja. (Kattman et. al. 2012)

Kattman et. al. (2012) avaavat tekstissään kuinka visuaaliset toiminnat edistävät tuottavuutta aktivoimalla työntekijöitä tekemään päätöksiä itseohjautuvasti. Näistä

visuaalisista ohjauksista syntyvien havaintojen ansiosta tarvittavat toimenpiteet suoritetaan oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Visuaalisen ohjaamisen signaalit voivat olla lappuja, valoja, tilannetauluja, värejä ja ylipäätään kaikkea, joka auttaa näkemään nopeasti tilanteen vaatiman tarpeen. Kuvassa 5 on hahmotettu eri osa-alueita, joita voidaan hyödyntää visuaalisuuden lisäämisessä.




**Kuva 5** Visuaalisuuden osa-alueet (Kattman et. al. 2012)

Ihmisen oppimisesta jopa 75 % tapahtuu näkemällä. Koska kuvat, taulukot ja graafit ovat nopeampia hahmottaa kuin pelkät luvut, on niiden kautta tapahtuva tilanteen hahmottaminen huomattavasti nopeampaa. Tämä puhuu visuaalisten ohjureiden puolesta verrattaessa niitä perinteisiin suullisiin neuvonantoihin. (Kattman et. al. 2012)

Galsworthin kahdeksan rakennuspalikkaa, jotka toimivat ajureina tehokkaan visuaalisen työympäristön luonnissa, sisältävät seuraavat:

- Aloitteelliset ihmiset, jotka haluavat saada aikaan muutosta
- Olemassa olevat standardit, jotka kertovat mitä tehdä
- Kuuden ydinkysymyksen vastaukset: missä? mitä? milloin? kuka? kuinka monta? kuinka?
- Informaatiopuutteiden poistaminen
- Liikkeen minimointi
- Arvoa tuottavan työn ylläpito
- Tiedon jakaminen ihmisille heidän arvoa tuottavasta osuudestaan
- Työntekijöiden ohjaaminen tarkkailemaan liikkumistaan. (Kattman et. al. 2012)

Visuaalisuus on Kattman et. al. (2012) esittelemä malli visuaalisen ohjaamiseen liittyvistä kokonaisuuksista. Se koostuu seitsemästä päätekijästä, jotka ovat kanban, poka-yoke, rajaaminen, rekyyli, ilmoitusjärjestelmät, näytöt sekä muut visuaaliset keinot. Näistä kukin sisältää eri vaihtoehtoja niiden käytön toteuttamiseen.

Kanban on visuaalinen toimintatapa, jonka toteutus tapahtuu yleisesti kortteina. Käytännössä mikä tahansa visuaalisesti hahmotettava ohjaus toimii, kuten esimerkiksi laatikot tai kärryt. Kanban tarkoittaa signaalia ja sen avulla eri vaiheet imevät imuohjauksella materiaaleja aikaisemmilta vaiheilta. (Kattman etl al. 2012)

Kattman et al. (2012) mukaan poka-yoke on leanissa käytettävä tapa maksimoida tuotannon laatu. Siinä laadun tarkkailu on jatkuva prosessi, jolla pyritään löytämään mahdolliset virheet heti kun mahdollista ja minimoimaan korjauksesta syntyvät hukat. Poka-yoke voi käytännössä olla laitteiden tai ihmisten toteuttamaa. Saurin et al. (2012) lisää tähän, että poka-yoke on tapa suunnitella prosessi siten, että juurisyihin puuttumalla se estää virheiden syntymisen.

Rajaamisella havainnollistetaan näkymä siitä ovatko ihmiset, laitteet ja materiaalit oikeilla paikoillaan. Kulkureittien reunat ovat usein teipein rajattuja. Tämä selkeä tapa saa ihmiset

kulkemaan rajatun kulkureitin sisällä. Rajaus voi olla myös materiaalikohtaista, jolloin sitä voidaan hyödyntää materiaalin määrään tarkkailussa. (Kattman etl al. 2012)

Rekyylisellä ohjaamisella pyritään saamaan haluttu tavara sille kuuluvalle paikalleen siinä olevien tietojen perusteella. Kanban voi toimia myös rekyylisesti, jos sitä käytetään logistisena ohjauksena. Tällöin siihen on merkattu tuotteen sijainti muiden tietojen lisäksi. (Kattman et. al. 2012)

Ilmoitusjärjestelmät pitävät sisällään erilaiset valot ja liput, joiden tehtävä on näyttää määritetty tarve työpisteellä. Lisäksi ilmoitusjärjestelmiin kuuluu Andon-taulu. Tämän taulun tarkoitus on näyttää tuotannon tilanne läpi linjan. Se voi näyttää esimerkiksi värein mikä kunkin tuotantopisteen tilanne on ja johtaa resurssien siirtämistä niitä tarvitseville paikoille. (Kattman et. al. 2012)

Näytöt sisältävät erilaiset digitaaliset päätteet, joiden avulla tarvittava tieto saadaan jaettua reaaliajassa. Tahtiaika on yksi yleisesti näytöllä pidettävistä asioista. Näyttöjen soveltamista voi käyttää laajasti muissa osa-alueissa. (Kattman et. al. 2012)

## 2.8 Kanban

Kanban termi on kotoisin Japanista ja tarkoittaa korttia. Toyota otti sen käyttöön tavoitteenaan kehittää imuohjausta ja minimoida varastojaan. Kanbania voidaan käsitellä omanlaisenaan tilauspistemenetelmänä, jossa kortit toimivat materiaalien tilausten ja liikuttamisten käynnistäjinä. Kanban on itsessään hyvin laaja käsite ja sitä voidaan soveltaa niin tuotannossa ilmaisemaan materiaalien tarpeita kuin myös toimimaan itse materiaalien tilaamisen työkaluna. (Lödding, 2013, s. 183)

Kanban-systeenuissä jokainen kortti sisältää sille tarpeelliseksi määritellyt tiedot, joiden myötä se ohjaa materiaalivirtaa kulutuksen mukaan. Yleisesti ottaen kortilla signaloidaan kulutusta, eli tuotetta on käytetty yhden kortin määrittämän kappalemäärän verran ja se on synnyttänyt tarpeen täydentämiselle. Korttien määrällä rajoitetaan täten varaston maksimikokoa. (Lödding,  2013,, s.184)

Kanban on siis imuohjauksen työkalu ja samalla toimii JIT-periaatteiden mukaisesti. Kuten aikaisemmassa tekstissä JIT-toiminnan osalta käsitteltiin, on myös kanbanille oleellinen ominaisuus pienet eräkoot. Näiden pienempien eräkokojen ansiosta tehokas imuohjaus on mahdollista. (Lödding, 2003, s. 182)

Jos kanbanin käyttökohde toimii nimikkeiden täydennyksessä, on sille toimivia nimikkeitä tasaisesti käytettävät tuotteet, eli niin sanotut A-nimikkeet. Kanbanin käyttö harvoin kuluville tuotteille ajaa tilanteeseen, jossa esimerkiksi joka toinen kuukausi kuluvaa tuotetta varastoidaan jatkuvasti tyydyttämään harvat käyttökerrat. Sama ongelma on luonnollisesti tällöin myös tilauspistemenetelmällä. Kirjallisuudessa usein negatiivisen sävyn saava MRP on erityisen toimiva vaihtoehto tällaisissa tilanteissa. (Axsätter, 2015, s.160)

Nimikkeen vaatima määrä kanbaneja voidaan määrittää seuraavasti (mukaillen Faccio et al. 2013)

$$n = (DU \times LD \times SF) / BQ$$

*n = kanbaneiden määrä*

*DU = päiväkulutus*

*LD = toimitusaika*

*SF = varmuuskerroin kysynnälle*

*BQ = laatikossa olevien nimikkeiden määrä*

Kuten yllä mainittu, voi kanbania tarkastella tilauspistejärjestelmänä, jossa jokainen kortti toimii itsenäisesti yhden yhteisesti määrätyn rajan sijasta. Lödding (2013) avaa tekstissään miten kanban ja tilauspistejärjestelmä ovat periaatteessa sama asia ja kanbanin mukanaan tuomat edut eivät niinkään johdu itse kanbanin käytöstä. Havaittavat edut realisoituvat pikemminkin sen ympärille rakennettuihin logistisiin ratkaisuihin, joita kanban edellyttää. Nämä kanbanin vaatimat logistiset ehdot ovat:

- Pienet tilauseräkoot
- Kontrolloitu prosessi

- One piece flow
- Vähäinen kulutuksen heittely (Lödding, 2013, s.196)

Spearman et al. (1990) mukaan kanban vaikuttaa hyvin positiivisesti toimintaympäristöön. Sen lisäksi että se on visuaalinen ja tehostaa asioiden näkyvyyttä, muokkaa se myös muilta osin tuotannon ympäristöä. Sen tehokas käyttö vaatii muokkaamaan tuotantotiloja sille edulliseksi, joka johtaa selkeämpään nimikkeiden asetteluun ja esillepanoon kuin myös niiden varastoinnin ja kuljetusten kurin parantumiseen.

Myös Krieg (2003) toteaa kuinka kanbanin edut tulevat organisaatiollisen toiminnan sekä prosessien muutoksista eikä niinkään itse kanbanista. Jotta kanban saavuttaa täyden potentiaalinsa, tulee sen parametrit olla säädettyinä lähes optimaalisiksi. Tämän hyödyntämiseksi työkaluina tulee käyttää analyyttisiä mallinnuksia, joiden kautta kyetään saamaan näkyvyyttä tunnuslukuihin ja niiden muutoksiin. (Krieg, 2003, s.1)

Siirryttäessä kanbaniin on huomioitava kulutuksen heittelyt, joita reaalimaailmassa syntyy. Näitä voivat olla kapasiteetin kasvattaminen lisäämällä vuoroja, ylitöiden käyttö tai yhden tietyn nimikkeen kysynnän kasvu johtuen poikkeavasta tilauskannasta. Tämän takia jatkuva seuranta tuotannosta ja sen tarpeista tulee olla käytössä. Tämän avulla pystytään reagoimaan mahdollisiin kulutusten kasvuihin lisäämällä kanbaneita kiertoon. Tämän muutoksen myötä varastojen koko kyetään mukauttamaan sen hetkiseen kysyntään sopivaksi (Takahashi et. al., 2003)

Spearman et al. (1990) mukaan materiaalitarvelaskenta sopii useammalle yritykselle kuin kanban, mutta kun kanbania kyetään käyttämään, voidaan sillä saavuttaa ylivoimaiset tulokset verrattuna materiaalitarvelaskentaan. Kanbanin isoimmaksi ongelmaksi tuotannossa nähdään suuret ja ennustamattomissa olevat kysynnän heittelyt.

## 2.9 Kitting

Kitting, eli setitys tai niputtaminen, tarkoittaa erinäisten nimikkeiden pakkaamista yhteen tilaan ennalta määritellyllä tavalla. Valmiiksi tiettyyn järjestykseen pakattujen nimikkeiden

tarkoituksena on niiden hallinnan helppous linjalla, koska niiden käyttöönotto noudattaa loogista etenemistä setissä. Setti toimii omanlaisena keräilyn osakokoonpanona, joka tehostaa kokoonpanotyötä. (Bozer & McGinnis, 1992)

Setit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Nämä ovat liikkuvat setit sekä paikallaan pysyvät setit. Liikkuva setti kulkee tuotantolinjan eri pisteiden kautta, joista kukin kuluttaa omat osansa. Viimeisen pisteen jälkeen setti on kulutettu loppuun ja se kulkeutuu takaisin täytettäväksi. Paikallaan pysyvä setti puolestaan kuljetetaan yhdelle pisteelle, josta sitä kulutetaan. (Bozer & McGinnis, 1992)

Hanson et al. (2015) luettelevat setityksen eduiksi vapautuvan tilan tuotannossa, materiaalikäsittelyn vähenemisen linjastolla, kokoonpanotyön tehostumisen sekä potentiaalin laadun parantamiselle. Käsittely kuitenkin lisääntyy joko toisella työpisteellä tai toimittajalla. Tuotteiden varastointi tarpeen mukaan setitettyinä mahdollistaa suuren potentiaalin tilan säästössä etenkin tilanteissa, joissa nimikevariaatiot ovat suuria ja nimikkeiden kysynnässä on suurta hajontaa.

Tuotteiden tilaaminen valmiissa seteissä on mahdollista, mutta edellyttää selkeitä ehtoja, joita ilman sen toteuttaminen on mahdotonta. Oleellista on toimittajan toimitusajan ja oman tuotannonsuunnittelun näkyvyyden suhde. Jos tuotannon tarpeet tiedetään varmaksi riittävän kauas, jotta toimittaja kerkeää toimittamaan tarvittavat nimikkeet niiden tarveajankohtaan, voi setitys olla toimiva tapa tavaran tilauksessa. (Hanson et al. 2015)

Setityksen vastustajat vetoavat usein että setittäminen on arvoa tuottamatonta toimintaa. Tämä on itsessään tulkinnanvarainen tapaus, riippuen miten osien kerääminen halutaan nähdä osana tuotantoa. Oleellista on kuitenkin että tämä osien keräys tehtäisiin joka tapauksessa jossain kohtaa valmistusprosessia. Jos osien jakaminen tehdään jo toimittajan tiloissa, vähentää tämä tietyissä tilanteissa kokonaisaikaa, joka osien keräilyyn kuluu. (Hussein, Mehmet, 2012)

# 3 NYKYTILAN ANALYSOINTI

Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimustyön kannalta kohdeyrityksen oleelliset prosessit ja toimijat. Nämä ovat suorasti tai epäsuorasti tekemisissä logistiikan kanssa ja joiden kehittämisellä voidaan saavuttaa tavoitteeksi asetettuja hyötyjä. Aluksi rakennetaan ja tarkastellaan työympäristön arvovirtakaavio. Tämän avulla luodaan yleisilme tutkimuskohteesta sekä sen toiminnasta.

Keskeisimmät osa-alueet ovat tilausprosessi, varastointi sekä UCL-valu, eli kalusteiden runkojen valmistus. Tilausprosessin analysointi antaa käsityksen kokonaisvaltaisesta materiaalien ohjauksesta toimittajalta kohdeyritykselle. Varastodatan analysointi tarjoaa näkymän siitä, kuinka tilausprosessi toimii ja vaikuttaa varastontasoihin ja kiertoihin. UCL-valun oleellisuus työhön perustuu sen käyttämien nimikkeiden suureen määrään eri dimensiovariaatioiden takia. Tämän katsottiin tilausprosessin sekä varastoinnin kannalta hyväksi kehityskohteeksi ja ympäristöksi jalkauttaa lean-työkaluja.

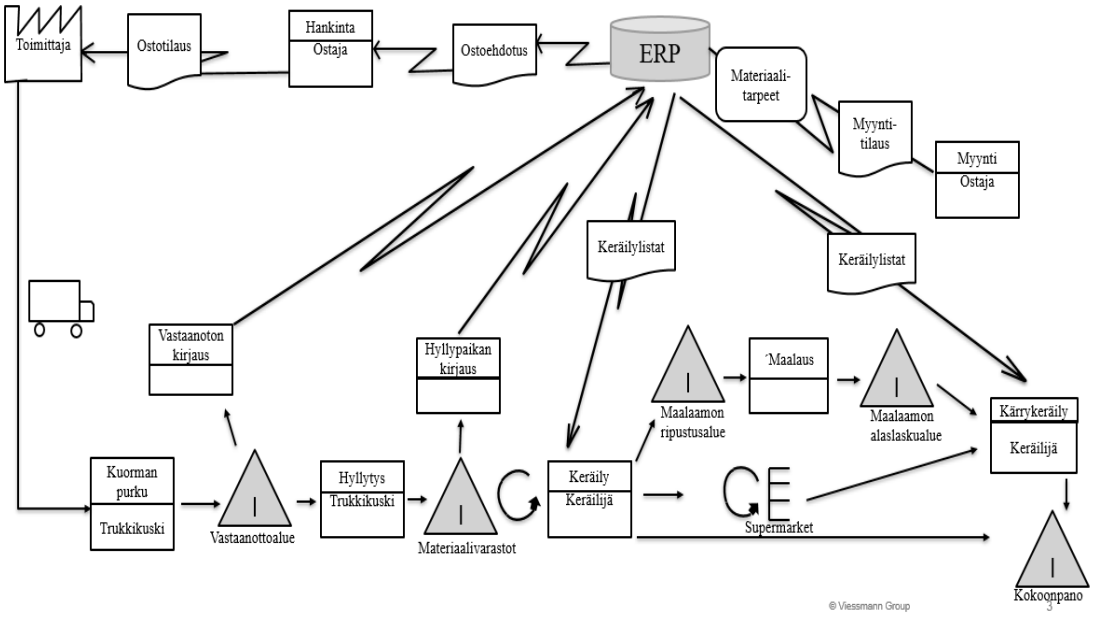
## 3.1 Aineiston hankinta

Työhön kerättiin tietoa kvalitatiivisesti koko työn läpi. Tiedonkeruureitteinä toimivat haastattelut, perehdytykset sekä vapaamuotoisemmat keskustelut. Pidempiä aikataulutettuja keskusteluja ja haastatteluja käytiin operatiivisen oston ja logistiikan esimiesten ja toimihenkilöiden kanssa. Tutkittavat prosessit käsittivät monien eri toimintojen osa-alueita, joten tiedonkeruu jouduttiin suorittamaan eri tiimien välillä ristiin. Tiedonkeruussa tärkeää osaa näyttelivät linjan työntekijät, joilta kerättiin tietoa käytännön asioista sekä niiden ongelmakohdista.

Kvalitatiivista dataa kerättiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä sekä kuukausittain tehtävistä ja arkistoitavista ABC-analyyseista, jotka sisälsivät tiedon nimikkeistä joilla oli ollut kulutusta tai varastoja viimeisen 12 kuukauden aikana. Näistä tiedoista kyettiin rakentamaan hyvin kattava kokonaiskuva tarkasteltavista osa-alueista.

## 3.1 Arvovirtakaavio

Arvovirtakaavio (kuva 6**)** on tehty kohdeyrityksen Porvoon tehtaan kolmannen valmistuslinjan ympärille, joskin se kuvastaa monelta osin yleisiä toimintatapoja, jotka ovat samat kaikkialla. Arvovirtakaavio on yksinkertaistettu hieman, eikä se jatku kokoonpanon jälkeisiin pakkaamon ja lähettämön prosesseihin. Arvovirtakaavio toimii tässä tapauksessa apukeinona hahmottaa tuotannon tukiprosesseja.




**Kuva 6** Tutkimuskohteen arvovirtakaavio.

Koska kohdeyrityksen tuotanto on tilausohjautuvaa, saa valmistusprosessi alkunsa asiakastilauksesta, jonka myyjä lähettää eteenpäin. Tilauksen kalusteiden tarvitsemat materiaalit kulkeutuvat toiminnanohjausjärjestelmään, jossa se kunkin materiaalin ohjaustavasta riippuen tekee tarvittavat toimenpiteet. Nämä ohjaustavat tuotannon ohutlevyosille ovat käytännössä tilauspistemenetelmä sekä materiaalitarvelaskenta, josta kohdeyrityksessä käytetään nimitystä profiiliohjaus. Profiiliohjautuville tuotteille toiminnanohjausjärjestelmä laskee materiaalitarpeet perustuen tulevaan tuotantoon,

saapuviin tilauksiin sekä varastotasoihin. Tilauspistemenetelmä noudattaa tuotekohtaisesti vakio tilauspistettä, jonka varastotason alituttua syntyy ostoehdotus. Operatiivinen ostaja tekee ehdotuksen perustella ostotilauksen, joka siirtyy toimittajalle. Toimittaja toimittaa osan ennalta määritellyn toimitusajan puitteissa. Toimituksen saapuessa Porvoon tehtaalle, purkavat trukkikuskit rekan ja siirtävät vastaanotetut tavarat vastaanottoalueelle. Tällä alueella kaikki saapuneet tuotteet merkitään vastaanotetuiksi lukemalla niiden viivakoodit PDA-laitteella. Tällöin tieto siirtyy toiminnanohjausjärjestelmään. Tämän jälkeen nimikkeet siirretään varastohyllyille yksi kerrallaan ja kunkin hyllytyksen jälkeen niille merkitään järjestelmään hyllypaikka, jolle ne siirrettiin.

Varastoista keräilijät keräävät tarvitsemansa nimikkeet, jotka keräilylistat määrittävät. Maalaamo maalaa tuotteet aina seuraavalle päivälle, jolloin keräiltävät nimikkeet muodostuvat tämän mukaan. Maalatut nimikkeet otetaan alas maalaamon alasottoalueelle, josta keräilijät noutavat ne työkohtaisesti. Osa nimikkeistä säilytetään uudella supermarket-alueella, josta ne kerätään myös kalustekohtaisesti. Tämä kalustekohtainen keräily koostuu A-kärrystä sekä B-kärrystä. Yhden tuotteen osat valmistellaan kumpaankin kärryyn, joista A-kärry on kokoonpanon alkuvaiheeseen ja B-kärry loppuvaiheeseen.

## 3.2 Ohutlevyosien tilausprosessi

Tilaus-toimitusprosessi on kuvattu aikaisemmassa tekstissä karkealla tasolla. Kohdeyrityksen tilausprosessi perustuu tuotannonohjausjärjestelmän luomiin ostoehdotuksiin, joiden pohjalta operatiivinen ostaja tekee ostotilaukset. Täten jokainen tehty ostotilaus tulee tehdä manuaalisesti automaattisen tilauksen sijaan. Tämä aiheuttaa merkittävää kuormitusta osto-organisaatiossa. Alla olevassa taulukossa 2 on näytetty neljän suuren ohutlevytoimittajan toimitukset aikavälillä 19.2.2018–19.2.2019. Huomataan että pelkästään ohutlevyosien tilausprosessi tuottaa erittäin suuren määrän sekä tilauksia että ostorivejä.

**Taulukko 2** Ohutlevyosien ostotilaukset

| | Ostotilaukset | Ostotilausrivit |
|---|---|---|
| **Toimittaja 1** | 509 | 5817 |
| **Toimittaja 2** | 701 | 6269 |
| **Toimittaja 3** | 863 | 7319 |
| **Toimittaja 4** | 244 | 1465 |

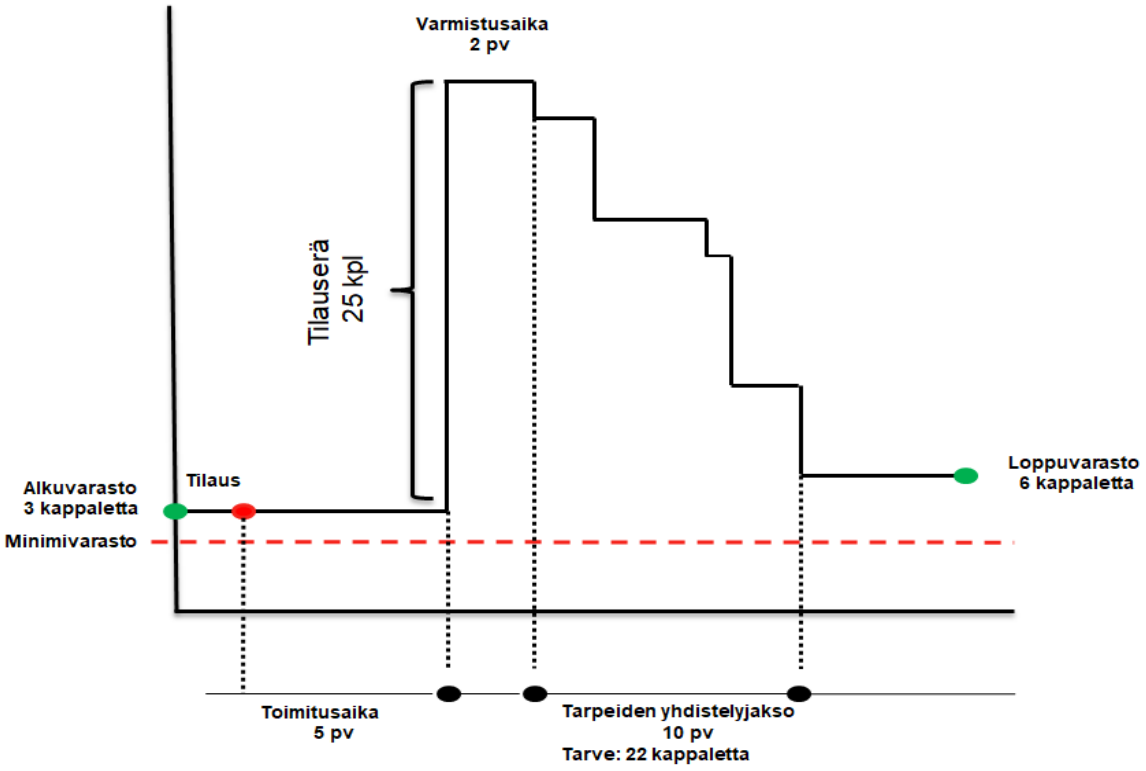
Jokaisella nimikkeellä on järjestelmässä parametrit, jotka määrittävät sen varastonohjauksen kuin myös ohjaustapaan vaikuttavat parametrit. Näitä ohjaustapoja ovat materiaalitarvelaskenta sekä tilauspistemenetelmä. Käytännössä kaikki nimikkeet toimivat materiaalitarvelaskennalla.

Materiaalitarvelaskenta suorittaa joka yö ajon, joka määrittää tarpeet uusien osien tilauksille. Määritys perustuu olemassa oleviin varastoihin, materiaalivarauksiin suunnitelluille töille sekä jo tehtyihin tilauksiin. Varastosaldo sekä saapuvat tilaukset vaikuttavat saldoon positiivisesti ja materiaalivaraukset negatiiviseesti. Näiden pohjalta järjestelmä luo ostoehdotukset nimikkeille, joiden määrä on laskemassa alle määritellyn rajan. Materiaalitarvelaskenta käyttää eri parametreja määrittelemään toimituspäivät sekä tilausmäärät.

Tilauserä on kullekin nimikkeelle määritetty tilauserän suuruus. Minimitilausmäärä on kunkin komponentin yhden tilauksen pienin kappalemäärä. Mikäli tarve on pienempi kuin minimitilausmäärä, pyöristää järjestelmä tilausmäärän minimitilausmäärään. Tarpeiden yhdistelyjakso on se ajanjakso, jolle järjestelmä laskee materiaalitarpeet ja luo näiden pohjalta tilaukselle kappalemääräisen tarpeen. Varmistusaika ilmoittaa, kuinka monta vuorokautta ennen varsinaista tarvetta toimituksen on saavuttava. Minimivarasto on määrä, jonka alituttua järjestelmä näkee nimikkeelle tilaustarpeen. Mikäli minimivarasto on nolla, ei nimikkeelle ehdoteta uutta tilausta ennen kuin sille syntyy materiaalivaraus tulevaisuuteen ja sen laskennallinen saldo menisi muutoin alle nollan. Toimitusaika on toimittajan määrittämä aika, jossa se toimittaa tilauksen asiakkaalle.

Kuvassa 7 näkyvään profiiliohjauksen esimerkkiin tehdään mallinimikkeelle seuraavat parametrit ja oletukset:

- Alkuvarasto: 3 kappaletta
- Toimitusaika: 5 päivää
- Varmistusaika: 2 vuorokautta
- Tarpeiden yhdistelyjakso: 10 vuorokautta
- Minimitilauserä: 25 kappaletta
- Tilauserä: 25 kappaletta
- Minimivarasto: 2 kappaletta
- Tarpeiden keräilyjakson kysyntä: 22 kappaletta




**Kuva 7** Profiiliohjauksen toiminta

Mallinimikkeen alkusaldo on 3 kappaletta ja sille on tiedossa seuraava tarvepäivä, jonka jälkeen sen saldo laskisi alle minimivaraston. Tämän vuoksi järjestelmä tekee sille ostoehdotuksen, jotta sen varastotaso ei laskisi alle minimivaraston. Tästä tehdään vuorostaan ostotilaus toimitusajan puitteissa siten, että se saapuu kaksi vuorokautta ennen varsinaista tarvetta. Varmistusajan tarkoitus on varmistaa, että tilaus ehditään vastaanottamaan ja hyllyttämään sekä saadaan ajoissa tuotantoon. Koska nimikkeen tarpeiden yhdistelyjakson pituus on 10 vuorokautta, laskee järjestelmä ensimmäisestä tarvepäivästä 10 vuorokautta eteenpäin tiedossa olevat materiaalitarpeet, jotka se summaa tilaukselle. Nyt tämän yhdistelyjakson tarve on 22 kappaletta, mutta minimitilauserä on 25 kappaletta, joten tilaus tehdään minimitilauserän mukaan. Kun nimikettä on kulutettu sen yhdistelyjakson aikainen määrä, jää loppuvarasto kuuteen kappaleeseen, eli kolme kappaletta suuremmaksi kuin alkuvarasto.

Tilausprosessi luottaa olemassa oleviin asiakastilauksiin ja niiden pohjalta töille määriteltyihin aloitusajankohtiin. Toimintatapa on teoriassa hyvin toimiva niin pitkään, kun tehdas pysyy aikataulussa eikä työrytmi aikaistu tai viivästy. Töiden viivästyessä jo tehdyt tilaukset tulevat aikaisemmin kuin todellinen tarvepäivä vaatisi. Tällöin tavaraa virtaa varastoon suuremmissa määrin kuin sitä kulutetaan ja tällöin syntyy ongelmia niiden varastoinnin suhteen, koska varaston kapasiteetti ei riitä kattamaan kaikkien saapuvien nimikkeiden säilyttämistä niille optimaalisilla paikoilla. Seurauksena voi olla tavaroiden lojuminen lattioilla tai niiden kuljettaminen tarvesijaintiin nähden kaukaisemmille varastopaikoille. Tällaisessa tapauksessa joudutaan niiden keräilyssä käyttämään turhaa kävelyä tai vaihtoehtoisesti siirtämään niitä edestakaisin varastossa, joka on turhaa liikettä. Töiden aikaistuminenkin voi tuottaa ongelmia, koska osien tarpeiden ajankohdat ovat määritetty kenties viikkoja takaperin, johon myös tulevat toimitukset perustuvat.

Nimikkeille määritetyt minimitilausmäärät ovat ongelma etenkin vähän ja epäsäännöllisesti kuluvilla tuotteilla. Jos tällaiselle tuotteelle syntyy tarve yhdelle kappaleelle kerran vuodessa, mutta minimitilausmäärä on 10, tilataan varastoon käytännössä kymmenen vuoden tarpeet. Tällöin suurin osa tilatuista kappaleista siirtyy ennemmin tai myöhemmin romutettavaksi. Näin voidaan katsoa näiden kaikkien tilattujen osien hinnan päätyneen

yhdelle ainoalle tuotteelle. Lisäksi tämä aiheuttaa ongelman varastoinnissa. Koska kohdeyritys perustaa kilpailukykyään tuotteiden räätälöintiin asiakastarpeiden mukaan, on tilattavia nimikkeitä hyvin suuri määrä. Tästä johtuen on tilattavissa nimikkeissä suuri määrä vähän ja epäsäännöllisesti kuluvia tuotteita, kuten aikaisemmassa esimerkissä. Minimitilausmäärät aiheuttavat kullakin ajanjaksolla tarvetta varastoida eri nimikkeitä, joita ei välttämättä tulla tarvitsemaan aikoihin. Vaikka näiden sitoma pääoma ei olisi suurta eikä vaikuttaisi huomattavasti varaston kiertoon, on niillä suuri vaikutus varaston kapasiteetin käytössä. Ei ole harvinaista, että päivittäin kuluvia tuotteita käydään noutamassa kaukana olevilta varastosijainneilta verrattuna niiden tarvesijaintiin. Taulukossa 3 nähdään tilastoja minimitilausten suuruuksista, joita on asetettu neljän suurimman ohutlevytoimittajan tuotteille. Huomataan että vain 21,7 % tuotteista tilataan alle kuukauden riittoon ja vain 10,2 % alle kahden viikon riittoon. 63,7 % nimikkeistä tilataan yli kahden kuukauden riiton verran.

**Taulukko 3** Minimitilauserien riitot

| Minimitilauserän riitto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **<2 vko** | **2-4 vko** | **1-2kk** | **2-4kk** | **4-6kk** | **6-12kk** | **Yli vuosi** |
| Toimittaja 1 | 111 | 273 | 325 | 253 | 103 | 175 | 268 |
| Toimittaja 2 | 131 | 73 | 86 | 116 | 77 | 150 | 195 |
| Toimittaja 3 | 175 | 118 | 162 | 229 | 150 | 254 | 355 |
| Toimittaja 4 | 4 | 10 | 25 | 61 | 58 | 79 | 92 |
| **Yht,** | 421 | 474 | 598 | 659 | 388 | 658 | 910 |
| | 10,2 % | 11,5 % | 14,6 % | 16,0 % | 9,4 % | 16,0 % | 22,2 % |

Profiiliohjauksen työntöperiaatteen ongelmakohdat on tiedostettu ja tilalle on haettu imuohjaukseen perustuvaa kanban-toimintamallia. Tätä varten on yrityksen historiassa aloitettu projekteja, jotka ovat kaatuneet tai jääneet kesken. Ongelmaksi ovat muodostuneet etenkin työntekijöiden asenteet uutta toimintamallilla kohtaan. Imuohjauksen toimintaperiaatteen sisäistämisessä on ollut haasteita, jotka ovat johtaneet vastarintaan ja projektien kaatumisiin.

## 3.3 Ohutlevyosien varastointi

Tässä työssä varastoinnissa tarkastellaan sen vaatimaa tilankäyttöä ja kuinka se palvelee asiakkaitaan, eli keräilijöitä ja hyllyttäjiä. Lisäksi varaston kierto ja siihen sitoutunut pääoma ovat tarkasteltavana. Varastoinnin analysoinnissa rajataan tarkasteltavat nimikkeet ohutlevyosiin ja niiden neljään suureen toimittajaan.

Porvoon RCO-tehtaan varastosta käytetään nimeä SM. Tämä varasto palvelee kaikkia RCO-tehtaan tuotantolinjoja ja sijaitsee käytännössä koko tehtaan alueella. SM varastoon kuuluu myös tehtaan ulkopuolella sijaitseva suuri telttarakennus nimeltään A-halli. Tuotantolinjojen lisäksi SM-varasto toimii myös maalaamon varastona, jossa varastoidaan maalamattomat raakanimikkeet.

Kohdeyrityksen tehtaalla varastoinnissa haasteita aiheuttaa tilankäyttö. Nimikkeistön laajuus sekä sen ohjaaminen edellä mainittujen periaatteiden mukaan johtaa varastoitavien nimikkeiden suureen lukumäärään. Tulevaisuuden visio, jossa kaikki Porvoon tehtaan toiminnot saataisiin yhden katon alle ”all under one roof” -periaatteella, vaatii suuria ponnisteluja tilankäytön puolesta. Lisäksi varastotasot on nähty tarpeettoman suurina ja niiden laskeminen sekä kierron tehostaminen ovat yksi yrityksen tavoitteista. Näiden tarkempia tietoja tarkastellaan luvussa myöhemmin.

SM-varastosta kerättiin dataa tuotannonohjausjärjestelmästä sekä kuukausittaisten raporttien pohjalta. Näitä tietoja jatkojalostettiin ja jäsenneltiin työn kannalta oleelliseen muotoon, jotta niitä voitiin hyödyntää tarkoituksen mukaisesti. Tarkasteltavat ajanjaksot ovat 19.2.2018–19.2.2019 väliseltä ajalta.

Varastoitavat nimikkeet säilytetään varastohyllyillä, jotka on nimetty tiettyä kaavaa noudattaen. Itse nimikkeet ovat pääasiallisesti varastoituina puulavoilla, jotka ovat toimitettu kuormalavojen päällä, kuten kuvassa 8 on esitetty. Lisäksi osa nimikkeistä säilytetään niiden dimensioiden asettamien tarpeiden mukaan erilaisissa kärryissä ja telineissä.

**Kuva 8** Materiaalivaraston hylly

Useita nimikkeitä varastoidaan useammassa kuin yhdessä varastosijainnissa. Tämä johtuu pääosin siitä, että tuotteille saapuu uusi toimitus ennen kuin vanhan toimituksen tuotteet on kulutettu loppuun. Taulukossa 4 on havainnollistettu eri ohutlevynimikkeiden lukumäärä varastossa sekä niiden käyttämät varastosijainnit. Nimikkeitä käsitellään ABC-analyysin myötä A, B, C sekä D ryhmissä. Kunkin nimikkeen ryhmä on ennalta määritelty kuukausittaisessa ABC-analyysissä.

**Taulukko 4** Varastoitavien nimikkeiden jakautuminen

| Nimikeryhmä | Nimikkeiden määrä | Varastopaikkojen määrä | % nimikkeistä | % varastopaikoista |
|---|---|---|---|---|
| **A** | 604 | 995 | 10,0% | 13,8% |
| **B** | 998 | 1341 | 16,5% | 18,6% |
| **C** | 3828 | 4253 | 63,4% | 58,9% |
| **D** | 628 | 666 | 10,1% | 8,7 |

Taulukosta huomataan että A-ryhmän nimikkeet muodostavat kategorialleen ominaisen 10 % varastoitavista tuotteista ja muut, etenkin C-ryhmä, vievät valtaosan varastojen tilasta.. Taulukossa 5 on tarkasteltu lisää näiden tuotteiden sitomaa pääomaa sekä niiden välistä vuosikulutuksen arvoa.

**Taulukko 5** Nimikeryhmien tunnuslukuja

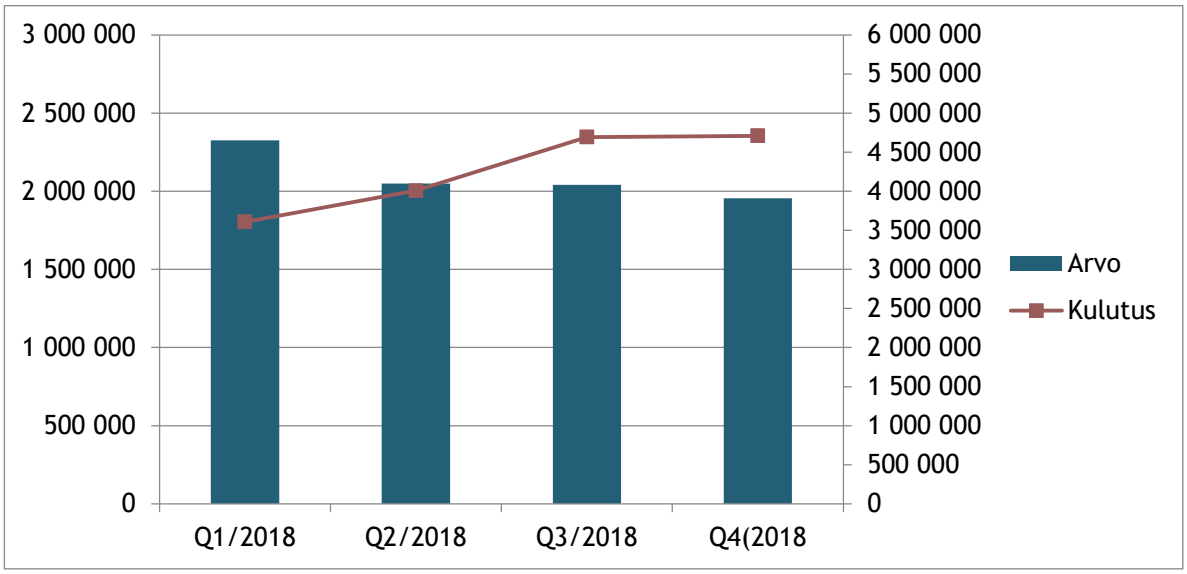
| Nimikeryhmä | Kierto | Varaston arvo | Kulutus | Kulutus osuus |
|---|---|---|---|---|
| **A** | 16,9 | 509 145 € | 8 612 851 € | 51,5% |
| **B** | 9,9 | 427 362 € | 4 244 550 € | 25,4% |
| **C** | 4,6 | 840 226 € | 3 849 008 € | 23,0% |
| **D** | 0,07 | 132 356 € | 9 175 € | 0,1% |

Varastoitavissa nimikkeissä on kulutuksen osuuden jakauma hieman epätavallinen. SM-varaston A-nimikkeet muodostavat puolet varaston kulutuksesta. Tämä on perinteisen ABC-analyysin A-nimikkeiden osuuden viiterajoissa. B- sekä C-ryhmät muodostavat kumpikin puolet toisesta 50 %:sta. Tämä tarkoittaa sitä, että ohutlevyosissa on vahvasti edustettuina laaja nimikevalikoima matalamman kulutuksen tuotteita. D-nimikkeet voidaan yleisellä tasolla katsoa olevan sellaisia, joita ei käytetä ja niiden varastointi on turhaa.

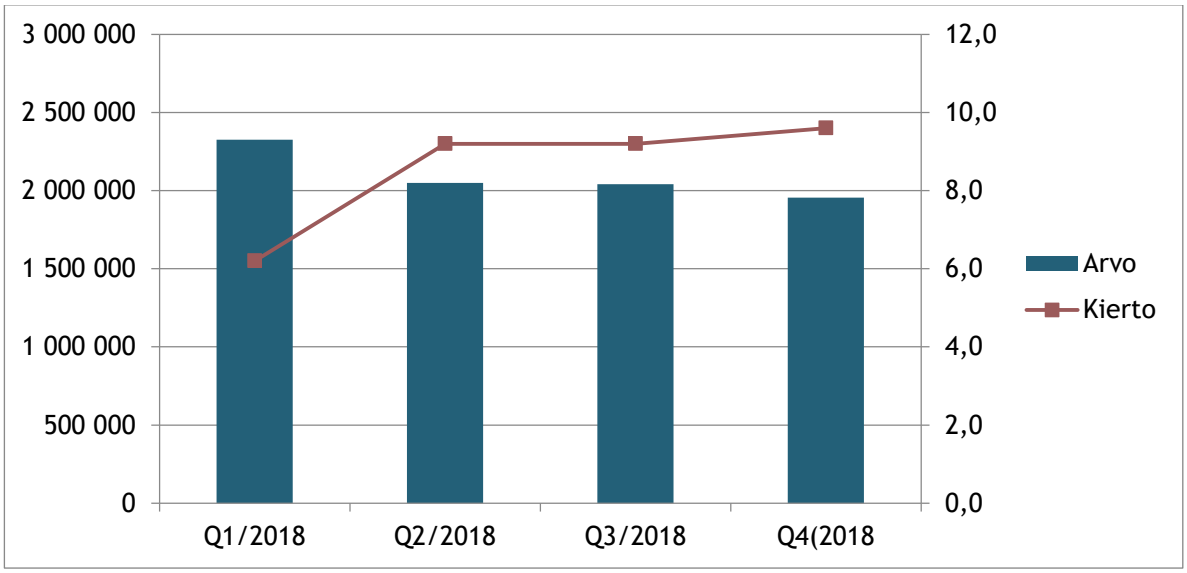
Monet ovat sellaisia, joille on ollut yksittäinen tarve, mutta niitä on tilattu siitä huolimatta iso erä, joka on jäänyt varastoon seisomaan.

Hitaasti kiertävien varastojen selvittämiseksi tehtiin analyysi näiden tilasta. Tietoa haluttiin saada yleisestä varastoinnin ongelmasta, jossa hyllyillä seisoo tuotteita joille ei ole tai tule olemaan tarpeita. Tämän selvittämiseksi rajattiin kaikki tuotteet, joita on varastossa mutta joita ei ole kulunut viimeisen vuoden aikana. Varastodatasta kävi ilmi, että varastoista löytyy 947 nimikettä, joita ei ole kulutettu viimeisen vuoden aikana yhtään kappaletta. Tämä tarkoittaa sitä, että 13,1 % varastoissa olevista ohutlevynimikkeistä ovat tarpeettomia. Näiden nimikkeiden arvo on yhteensä 147 000 €. Sitoutuneen pääoman lisäksi nämä nimikkeet vievät valtavan määrän varastotilaa, joka voitaisiin hyödyntää arvoa tuottavaan toimintaan tai tärkeämpien nimikkeiden parempaan sijoitteluun. Tämä määrä ylitti taulukossa 5 näytettyjen D-nimikkeiden määrän. Tämä tarkoittaa että joukossa on myös C-nimikkeitä. Tähän syynä voidaan pitää, että monet näistä tuotteista ovat sellaisia, joiden rakenteeseen on tehty muutoksia, jonka jälkeen vanhaa versiota on jäänyt varastoihin lojumaan. Näillä nimikkeille on jostain syystä jäänyt luokitukseksi C.

Varastonhallinnan kehityssuunnan hahmottamiseksi tarkasteltiin varastojen kehittymistä vuoden 2018 neljän eri kvartaalin aikana. Tätä lukua verrattiin sekä kulutukseen että varaston kiertoon. Nämä kaksi vertailua ovat esitettyinä kuvissa 9 ja 10.




**Kuva 9** Varastotasojen kehittyminen suhteessa kulutukseen




**Kuva 10** Varastotasojen ja varaston kierron kehittyminen

Kuvasta 8 voidaan nähdä että vuoden 2018 aikana kulutus kasvoi jokaisen kvartaalin välillä ja samaan aikaan varastontasot laskivat. Trendi kielii oikeasta suunnasta yrityksen materiaalien hallinnassa. Muutos voi myös olla osin selitettävissä suuremman kulutuksen ja minimitilauserien toimivammasta suhteesta, jolloin tilatut erät on saatu kulutettua

yhdistelyjakson puitteissa. Myös varaston kierto on tehostunut jopa 50 % vuoden 2018 aikana, kuten kuvasta 9 nähdään.

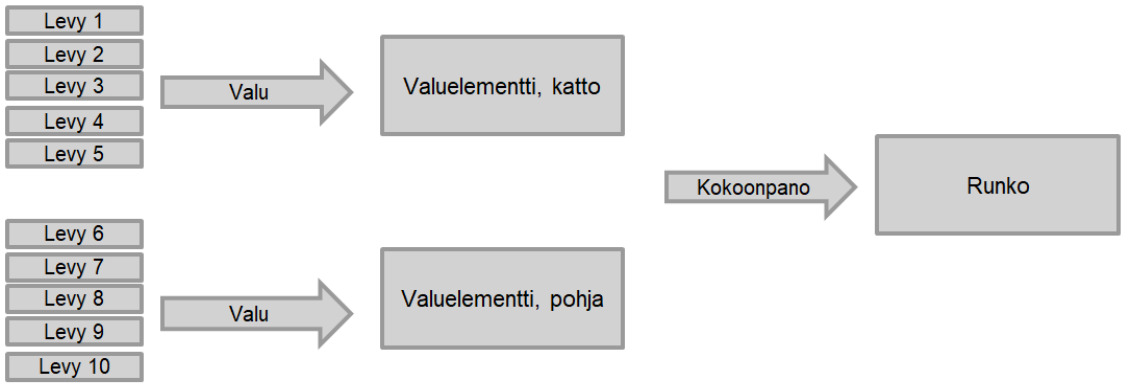
Huolimatta monista havaituista ongelmista, on kohdeyrityksen materiaalinohjaus ja varastotasojen kehitys suuressa kuvassa kuitenkin matkalla positiiviseen suuntaan. Kehittämistä on kuitenkin paljon niin hankinnan optimoinnissa kuin myös eri toimitus- ja säilytysratkaisujen kehittämisessä.

## 3.4 UCL-valu

UCL-valu on kalusteiden valmistuksen ensimmäinen prosessi, jossa valmistetaan katto- ja pohjaelementti tulevalle kalusteelle. Valuelementtien teossa määrittyvät asiakkaan valitsemat lopputuotteen dimensiot. Suuren määrän eri dimensiovariaatioita tarjoava kohdeyritys tarvitsee täten suuret määrät erikokoisia valupeltejä valuelementtejä varten. Valun kyky ruokkia tuotantoa uusilla valuelementeillä on ehto sille, että tuotanto kykenee pysymään aikataulussa.

### 3.4.1 Valuprosessi

Kaikkien linjalla valmistettavien kalusteiden valmistus alkaa niiden rungon valamisesta. Runko koostuu katon sekä pohjan valuelementistä, jotka valetaan samassa pisteessä erillisinä tuotteina. Sekä katto että pohja rakentuvat kumpikin viidestä erillisestä valupellistä. Valussa muottiin asetetut elementit kulkeutuvat valukoneeseen, joka tuotekohtaisten parametrin mukaan ampuu elementtien sisään vaahdon, joka jähmettyy ja toimii levyjen välisenä kiinnikeaineena sekä eristeenä. Valuprosessin jälkeen elementit etenevät linjalla eteenpäin, jossa ne kokoonpannaan lopputuotteen rungoiksi. Tämä prosessi on esitetty yksinkertaistettuna kuvassa 11.




**Kuva 11** UCL-valun toiminta

Valuelementteihin käytettävät levyt vaihtelevat lopputuotteen mittojen mukaan. Vaihtuvia mittoja ovat pituus, syvyys sekä korkeus. Peruspituudet ovat 125cm, 250cm sekä 375cm. 125cm ja 250cm pituuksien välissä ovat hajamitat, joiden kalusteita käytetään linjattujen kalusteiden päädyissä. Tarkemmat tuotevariaatiot ja niiden kulutuksen jakautuminen käsitellään myöhemmin.

Valualueella työskentelee työtaakasta riippuen kaksi tai kolme työntekijää. Sekä katto- että pohjaelementin parissa työskentelee kussakin yksi työntekijä, jonka tehtävänä on kerätä tarvittavat osat alueen varastohyllyistä ja asettaa ne valumuottiin. Lisäksi katon parissa työskentelevä työntekijä vastaa valukoneen ruiskutusasetusten säätämisestä. Pohjan parissa työskentelevä vastaa valmiiden valuelementtien siirtämisestä linjalle. Kolmas työntekijä auttaa pohjaelementin valussa sekä valmistelee muoviprofiilit, jotka tulevat kalusteiden reunoihin. Yhden kierron tahtiaika on 25 minuuttia, jonka aikana työntekijöiden tulee valmistaa molemmat elementit ja siirtää ne seuraavalle työvaiheelle.

Tällä hetkellä kaikki levyt tulevat samalta toimittajalta Virosta ja ne varastoidaan hyllyille valukoneen ympärille. Suuret määrät suurikokoisia ja eripituisia peltejä vievät paljon varastotilaa. Lisäksi johtuen varastohyllyjen korkeuksista, ovat suurin osa pelleistä saavuttamattomissa käsivoimin ja vaativat trukkikuskin apua, joka johtaa hukkaan käsittelyissä.

### 3.4.2 Valupeltien variaatiot ja kulutukset

Käytettävät valupellit riippuvat lopputuotteen dimensioista. Nämä valittavissa olevat dimensiot on esitetty taulukossa 6**.** Kattoelementti määrittää lopputuotteen korkeuden, joten siihen käytettävät levyt riippuvat siis kaikista näistä kolmesta muuttujasta. Koska pohjaelementti ei vaikuta lopputuotteen korkeuteen, käyttää se samoja levyosia riippumatta tuotteen korkeudesta.

**Taulukko 6** Kalusteen mittojen variaatiot

| | **Pituus** | **Syvyys** | **Korkeus** |
|---|---|---|---|
| Variaatiot | 125 | 78 | 206 |
| | 158 | 89 | 226 |
| | 178 | 109 | |
| | 188 | | |
| | 198 | | |
| | 218 | | |
| | 250 | | |
| | 375 | | |

Kaikkia yllä olevista mahdollisista variaatioista, joita on 48, ei ole myynnissä johtuen kysynnän puutteesta. Tuotevariaatioiden karsintaa on tehty nimikkeiden syvyysmittoja karsimalla. Alla olevaan taulukkoon 7 on koottu kaikki 34 eri vaihtoehtoa, joilla MD5-tuoteperheen kylmäkalustetta voidaan tilata.

**Taulukko 7** MD- kylmäkalusterunkojen variaatiot

| Pituus | Syvyys | Korkeus |
|---|---|---|
| **375** | 109 | 206, 225 |
| | 89 | 206, 225 |
| | 79 | 206, 225 |
| **250** | 109 | 206, 225 |
| | 89 | 206, 225 |
| | 79 | 206, 225 |
| **218** | 109 | 206, 225 |
| | 89 | 206, 225 |
| **198** | 89 | 206, 225 |
| **188** | 109 | 206, 225 |
| | 89 | 206, 225 |
| | 79 | 206, 225 |
| **178** | 89 | 206, 225 |
| **158** | 79 | 106, 225 |
| **125** | 109 | 206, 225 |
| | 89 | 206, 225 |
| | 79 | 206, 225 |

Eri pituuksien välisen kulutuksen eron hahmottamiseksi suoritettiin loppukalusteiden myynnin vertailu vuoden 2018 kysynnästä. Tämä on avattu taulukossa 8, jossa kalusteet on järjestetty vuoden kysynnän mukaan suurimmasta pienimpään. Lisäksi oikean puoleisin sarake näyttää kumulatiivisen kysynnän. Kysynnän tarkastelu paljastaa kuinka 250 ja 375 pituudet muodostavat valtaosan kysynnästä ja kuinka verrattain vähäistä muiden tuotteiden kysyntä on. Kahdeksan eri kalustetta, jotka koostuvat kahdesta pituudesta, kahdesta syvyydestä sekä kahdesta korkeudesta muodostavat itsessään 86,3 % kokonaiskysynnästä.

**Taulukko 8** Tuotteiden kysyntä

| Pit. | Sy | Kork | Tuotteen nimi | Vuosikulutus 2018 | Kumul. Kul. | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 375 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-375 | 578 | 578 | 23,4 % |
| 250 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-250 | 445 | 1023 | 41,3 % |
| 375 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-375 | 320 | 1343 | 54,3 % |
| 250 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-250 | 280 | 1623 | 65,6 % |
| 375 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-375 | 226 | 1849 | 74,7 % |
| 250 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-250 | 150 | 1999 | 80,8 % |
| 375 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-375 | 81 | 2080 | 84,0 % |
| 250 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-250 | 57 | 2137 | 86,3 % |
| 125 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-125 | 42 | 2179 | 88,0 % |
| 188 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-188 | 39 | 2218 | 89,6 % |
| 198 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-198E | 33 | 2251 | 90,9 % |
| 188 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-188 | 32 | 2283 | 92,2 % |
| 198 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-198E | 26 | 2309 | 93,3 % |
| 250 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-250 | 25 | 2334 | 94,3 % |
| 125 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-125 | 25 | 2359 | 95,3 % |
| 375 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-375 | 15 | 2374 | 95,9 % |
| 188 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-188 | 15 | 2389 | 96,5 % |
| 125 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-125 | 12 | 2401 | 97,0 % |
| 125 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-125 | 11 | 2412 | 97,5 % |
| 188 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-188 | 10 | 2422 | 97,9 % |
| 375 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-375 | 9 | 2431 | 98,2 % |
| 250 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-250 | 9 | 2440 | 98,6 % |
| 178 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-178E | 9 | 2449 | 98,9 % |
| 178 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-178E | 9 | 2458 | 99,3 % |
| 188 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-188 | 7 | 2465 | 99,6 % |
| 125 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-125 | 4 | 2469 | 99,8 % |
| 218 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-218E | 3 | 2472 | 99,9 % |
| 188 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-188 | 2 | 2474 | 100,0 % |
| 125 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-125 | 1 | 2475 | 100,0 % |
| 218 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-218E | 0 | 2475 | 100,0 % |
| 218 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-218E | 0 | 2475 | 100,0 % |
| 218 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-218E | 0 | 2475 | 100,0 % |
| 158 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-158E | 0 | 2475 | 100,0 % |
| 158 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-158E | 0 | 2475 | 100,0 % |

Näiden tietojen perusteella voidaan tehdä selkeä jaottelu suuren kysynnän sekä matalan kysynnän tuotteisiin. Kuten yllä mainittu, muodostavat 250 sekä 375 pituuksien kahdeksan myydyintä kalustetta 86,3 % koko kysynnästä. Näiden pituuksien variaatioista 79 cm syvät kalusteet jäävät kysynnässä selvästi muita pienemmiksi. Loput eri pituuksien kalusteista

muodostavat suuren määrän eri lopputuotteita, joiden osuus kokonaiskysynnästä on verrattain pientä.

Levyjen jaottelu suoritettiin jakamalla ne kahteen eri ryhmään niiden pituuksien mukaan. Ensimmäinen, suuren kulutuksen ryhmä (ryhmä A) sisältää kaikki valulevyt, jotka tulevat 250 cm ja 375 cm pitkiin kalusteisiin. Toinen ryhmä (ryhmä B) sisältää kaikki muut pituudet. Näiden kysyntä on epätasaista ja pientä. Kyseinen jako on avattu taulukoissa 9 ja 10. Ryhmien jaossa jouduttiin tekemään kompromisseja johtuen tietyistä jakoa rajoittavista tekijöistä. Saman pituuden kalusteen eri korkeus- ja syvyysvariaatioita ei kannata laittaa eri ryhmiin, koska ne käyttävät keskenään osittain samoja osia. Tämän takia ryhmä, joka luokitellaan suuren kulutuksen tuotteiksi, sisältää myös neljä tuotetta joilla ei itsellään ole suurta kysyntää.

**Taulukko 9** Ryhmä A:n kalusteet

| Ryhmä A | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 375 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-375 | 578 |
| 375 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-375 | 320 |
| 375 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-375 | 226 |
| 375 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-375 | 81 |
| 375 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-375 | 15 |
| 375 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-375 | 9 |
| 250 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-250 | 445 |
| 250 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-250 | 280 |
| 250 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-250 | 150 |
| 250 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-250 | 57 |
| 250 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-250 | 25 |
| 250 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-250 | 9 |
| | | | | **2195** |

**Taulukko 10** Ryhmän B kalusteet

| Ryhmä B | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 218 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-218E | 3 |
| 218 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-218E | 0 |
| 218 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-218E | 0 |
| 218 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-218E | 0 |
| 198 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-198E | 33 |
| 198 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-198E | 26 |
| 188 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-188 | 39 |
| 188 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-188 | 32 |
| 188 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-188 | 15 |
| 188 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-188 | 10 |
| 188 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-188 | 7 |
| 188 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-188 | 2 |
| 178 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-178E | 9 |
| 178 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-178E | 9 |
| 158 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-158E | 0 |
| 158 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-158E | 0 |
| 125 | 89 | 226 | TECTODECK MD5-30-89-226-125 | 42 |
| 125 | 89 | 206 | TECTODECK MD5-30-89-206-125 | 25 |
| 125 | 79 | 206 | TECTODECK MD5-30-79-206-125 | 12 |
| 125 | 109 | 226 | TECTODECK MD5-30-109-226-125 | 11 |
| 125 | 109 | 206 | TECTODECK MD5-30-109-206-125 | 4 |
| 125 | 79 | 226 | TECTODECK MD5-30-79-226-125 | 1 |
| | | | | 280 |

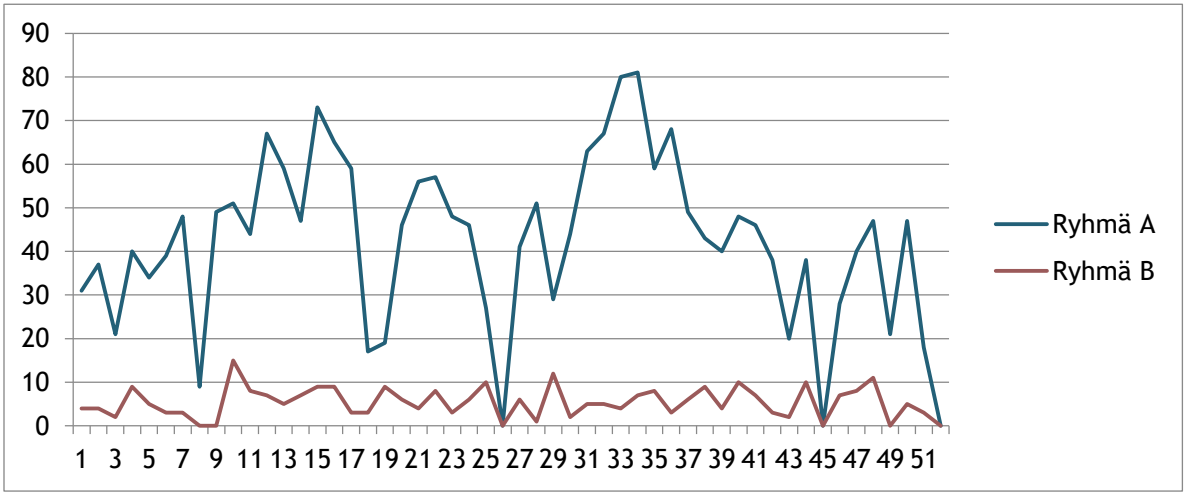
Kaikkia näiden runkojen levyosia toimitetaan tällä hetkellä toimittajalta samalla perusidealla. Ero paljon kuluvien ja vähän kuluvien välillä on minimieräkoossa, joka on vähän kuluvilla tuotteilla pienempi. Levyjen nykyinen pienempi minitilausmäärä ei kuitenkaan mahdollista kaikille osille edes tyydyttävää varastonkiertoa. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa varastohyllyillä pidetään nimikkeitä joille ei ole olemassa tarpeita.

Taulukkoon 11 on kuvattu valulevyjen määrä, kulutus ja varastotiedot, joita ryhmä A:n ja ryhmä B:n kalusteisiin vaaditaan. Kulutusta hahmottamaan on lisätty kuva 12, jossa kummankin ryhmän kulutukset on jaettu viikkotasolla omille käyrilleen. Huomataan että ryhmä A:n 36 nimikettä muodostavat 88,7 % kysynnästä, joka mukailee luonnollisesti

lopputuotteiden kysynnän välistä suhdetta. Oleellista on kuitenkin se, että ryhmä B:n tuotteet vievät lähes kaksinkertaisen tilan varastosta A-ryhmän nimikkeisiin nähden. Tarkempi tarkastelu paljasti, että 18 ryhmän B nimikkeistä on sellaisia, jotka eivät ole liikkuneet viimeiseen puoleen vuoteen. Nämä 18 tuotetta veivät yhteensä 24 varastopaikkaa, joten niitä on tilattu jostain syystä lisää, vaikka itse tarvetta ei ole syntynytkään. Tähän syynä ovat todennäköisesti saldovirheet, jotka on korjattu jälkikäteen. Tämä selittää myös sen, miksi levyt eivät ole varastoituina samalla paikalle.

**Taulukko 11** Ohutlevyjen suhteet

| | Nimikkeet | Osuus nimikkeistä | Osuus kulutuksesta | Varastosijainnit | Kierto |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ryhmä A** | 36 | 30% | 88,7% | 41 | 17,1 |
| **Ryhmä B** | 86 | 70% | 11,3% | 79 | 2,1 |

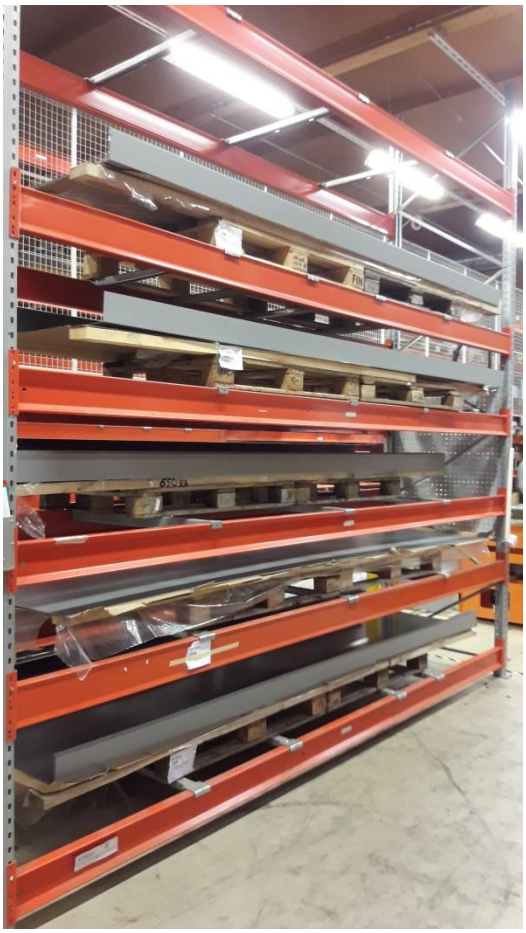



**Kuva 12** A- ja B-ryhmän kalusteiden kulutus viikkotasolla.

### 3.4.3 Valupeltien keräily & varastointi

Kaikkien valupeltinimikkeiden materiaalinohjaus suoritetaan materiaalitarvelaskennalla. Toimitukset saapuvat Virossa sijaitsevan toimittajan tehtaalta lavoilla. Uusi lava saapuu usein kun vanhalla lavalla on vielä nimikkeitä jäljellä. Tämän takia siirtomiehen tarvitsee nostaa vanha lava alas, nostaa uudet levyt vanhojen päälle ja tämän jälkeen nostaa täytetty lava takaisin varastohyllylle. Prosessi on työläs ja kuormittaa kiireisiä siirtomiehiä.

Valupellit keräillään aina erikseen jokaiselle valettavalle tuotteelle. Valukoneen ympäristössä olevien hyllyjen parhaat paikat on varattu pääsääntöisesti levyille, joita kulutetaan eniten. Tämän ansiosta näiden osien keräily on melko suoraviivaista ja nopeaa. Harvemmin kuluvilla nimikkeillä tilanne on vastakkainen. Koska nämä muodostavat suuren määrän eri nimikkeitä, joudutaan niitä varastoimaan vaikeasti saavutettaville ylähyllyille. Lisäksi nimikkeitä ei ole varastoitu loogisessa järjestyksessä, joten työntekijät joutuvat hakemaan levyt eri puolilta varastoa, joka lisää tarpeettoman kävelyn määrää. Koska levyt ovat korkeilla varastopaikoilla, joudutaan paikanpäälle hakemaan usein myös trukkikuski, jonka saapumisessa voi kestää aikaa, joka johtaa yhä suurempaan määrään odottelua sekä keräilyyn kuluvaa aikaa. Kuvassa 13 näkyy näiden peltien varastohyllyjä.



**Kuva 13** Valulevyjen varastohyllyjä

Keräilyyn kuluvan ajan määrittämiseksi suoritettiin kolmen viikon mittainen seurantajakso, jossa jokaiselle ryhmä B:n kalusteelle kellotettiin aika, joka kului valupeltien keräilyyn. Tämän tarkastelujakson aikana kerättävien valupeltien keräilyyn kulunut aika oli keskimäärin 25 minuuttia kalustetta kohden. Tämä keräilyyn kuluva aika aiheuttaa aina valuprosessin viivästymisen aikataulusta, koska yhteen valuun keräilyineen on varattu 25 minuuttia. Ongelma on tiedostettu myös työntekijöiden keskuudessa ja he ovat pyytäneet ratkaisua toiminnan tehostamiseksi

Kaikkien peltien saamista optimaaliselle nostokorkeudelle, tai edes lähelle sitä, ei ole mahdollista tehdä nykyisiä varastohyllyjä käyttämällä, koska tällöin levyt levittäytyisivät

laajasta ympäri varastoa vieden alahyllyjen tilan. Samalla jouduttaisiin kompromissiin, jossa muut tuotteet siirrettäisiin ylemmille hyllyille. Keräilyn tehostamisella mahdollistettaisiin suuri prosessin tehostaminen. Lisäksi keräilyn tehostaminen ajaa tilanteeseen, jossa valulevyjä tilattaisiin ja varastoitaisiin viisaammin.

# 4 KOHDEYRITYKSEN LOGISTIIKAN KEHITTÄMINEN

Tässä kappaleessa haetaan ratkaisuja nykytilanteessa havaittuihin ongelmiin. Kehityskohteet tarjoavat toimintamallit, joilla imuohjausta kyetään toteuttamaan erilaisille tuotteille. Nämä toimintamallit luodaan tasaisen ja suuren kulutuksen tuotteille sekä myös nimikeryhmälle, jotka sisältävät suuren määrän eri variaatioita samoista nimikkeistä, joista kukin on yksittäisenä tuotteena harvoin ja epäsäännöllisesti kuluva. Näiden toteuttamiseksi hyödynnetään kirjallisuuskatsauksessa läpikäytyjä työkaluja.

Muutosten kautta pyritään kehittämään varastojen kiertoaikoja sekä vähentämään niiden sitomaa pääomaa. Varastoitavien nimikkeiden kuluttama tila on toinen asia, joka pyritään näillä malleilla minimoimaan. Tämän toteuttamiseksi hyödynnetään erilaisia kuljetuspakkauksia.

Näiden edellä mainittujen sivutuotteena haetaan myös tuottavuutta kasvattavia tekijöitä. Lisäksi oston vapauttaminen ostotilausten tekemiseltä ja resurssien kohdentaminen toimintaa kehittävään työhön toimii ajurina. Tämä mukailee leanin periaatetta, jossa prosesseja kehittämällä ja hukkaa poistamalla, saadaan toimintaa tehostettua. Näiden esitettyjen muutoskohteiden loppuanalysointi tehdään seuraavassa kappaleessa.

## 4.1 Kanban-tilausprosessi

Kabanin jalkauttaminen tuotantoon ja sen hyödyntäminen tilausten teossa on ollut kohdeyrityksen tavoitteena pitkään, mutta siihen tähdätyt projektit ovat kariutuneet tähän mennessä erinäisistä syistä. Viimeisin oli oston haluttomuus siirtyä kanbaniin, joka asiaa jälkikäteen tarkasteltaessa vaikuttaa johtuneen asian perehdytyksen ja ymmärryksen puutteesta.

Kanbanin käyttöönoton taustalla on jalkauttaa aito täydennysten imuohjaus. Tämän lisäksi on rakennettava toimintaympäristö toimittajan ja kohdeyrityksen välille, joka mahdollistaa kanbanin käytön. Tämän myötä tavoitellaan myös kanbanin edellytyksistä syntyviä

epäsuoria etuja pienten tilauseräkokojen, lyhyiden toimitusaikojen sekä kontrolloidun prosessin kautta.

Kanban-tilausprosessin käyttöönotto toimii itsessään omana projektikokonaisuutenaan. Tämä sisältää sekä prosessien suunnittelun kuin myös fyysisten ratkaisujen rakentamisen tuotantolinjalle. Projektissa on vahvasti läsnä myös toimittaja, jonka kanssa projekti tehdään.

### 4.1.1 Nimikkeiden valinta

Kanban-pilottiin valittavat nimikkeet ovat valittu etukäteen yrityksen toimesta. Kaikki nimikkeet ovat A-luokkaan kuuluvia, eli suuren kulutuksen tuotteita. Lisäksi nämä tuotteet ovat sellaisia, jotka kokonsa puolesta ovat järkeviä käsitellä ja toimittaa laatikoissa. Yhteensä nimikkeitä on 20, jotka kaikki ovat käytössä kolmannella linjastolla.

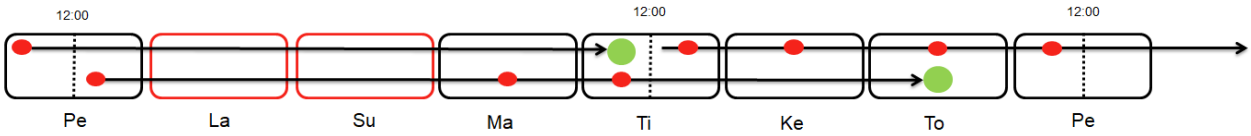
Näiden nimikkeiden joukossa on neljä nimikettä, jotka ovat toistensa pareja. Parit muodostuvat oikean- ja vasemmanpuoleisesta osasta. Lisäksi kolme nimikettä oli aikaisemmin toimitettu maalaamattomina ja jotka oli maalattu vakiovärillä ennen käyttöä. Nyt nämä kolme nimikettä siirretään toimitettavaksi valmiiksi maalattuina. Osa nimikkeistä on vakio-osia, jotka tulevat jokaiseen kalusteeseen ja osa valikoidaan kalusteeseen riippuen asiakkaan siihen valitsemista lisäominaisuuksista, kuten ovista ja yöverhoista.

### 4.1.2 Toimitusten järjestäminen

Toimitusaikojen lyhentäminen järjestetään Virossa sijaitsevan toimittajan kanssa siten, että he ylläpitävät puskurivaraston, josta he kykenevät toimittamaan nimikkeitä lyhyellä toimitusajalla. Tämä ehdotus tuli toimittajalta itseltään ja se nähtiin heillä toimivana ratkaisuna. Tällaista varastojen siirtämistä toimittajalle voidaan pitää pakollisena ensimmäisenä askeleena, jota seuraa toimittajan omien prosessien kehittäminen joustavimmiksi ja tehokkaammiksi. Tämän myötä tavoitteena on kummankin osapuolen varastojen poistaminen.

Toimittaja sitoutetaan pitämään varastoja siten, että jokaiselle nimikkeelle on minimissään kohdeyrityksen ilmoittama viikon kulutusta vastaava varasto. Maksimivarastona pidetään vastaavan kulutuksen kuukauden määrä. Tämä tarkoittaa, että kohdeyritys sitoutuu ostamaan toimittajalta aina sovitun maksimivaraston. Jos nimikkeelle tehdään muutos tai se poistuu käytöstä, ei kohdeyritys tällöin vastaa ylimääräisistä varastoista.

Toimittajalta saapuu lähetys joka viikon tiistai sekä torstai. Ajankohdalta nämä toimitukset ajoittuvat aamuun. Toimitukset lähtevät Virossa sijaitsevalta tehtaalta aina päivä saapumispäivää aikaisemmin, eli maanantaisin ja keskiviikkoisin. Jokainen tilaus, joka saapuu päivä ennen toimituksen lähtöä ennen kello 12.00, toimitetaan seuraavassa toimituksessa. Tämä tarkoittaa että tiistaina ennen kello 12.00 lähteneet tilaukset saapuvat torstaina ja perjantaina ennen kello 12.00 tiistaina. Toimitusaika kullekin tilaukselle vaihtelee siis kahden ja viiden päivän välillä. Pisin toimitusaika on tilauksille, jotka tehdään tiistaina heti kello 12.00 jälkeen, jolloin ne toimitetaan viiden päivän kuluttua. Lyhin toimitusaika on taas perjantain ja tiistain tilauksilla, jotka tehdään ennen puoltapäivää. Toimitusaikoja on hahmotettu kuvassa 14, jossa punaiset täplät kuvaavat tilauksen tekohetkeä ja vihreät täplät näiden tilausten toimitusta. Ylempi nuoli kuvaa tiistaisin saapuvia toimituksia ja alempi torstaisin saapuvia.




**Kuva 14** Tilausten toimitukset

Toimittajan kanssa kaikille nimikkeille on voimassa vuosisopimus. Tämän vuosisopimuksen puitteissa nimikkeitä voidaan tilata kotiinkutsuksi sanotulla tilauksella. Kotiinkutsu lähtee aina automaattisesti perjantaina ja tiistaina ja sisältää kaikki edellisen

kotiinkutsun jälkeen kertyneet tilaukset. Kotiinkutsu kulkee järjestelmässä automaattisesti eikä vaadi ostajilta ostotilauksen tekemistä.

### 4.1.3 Laatikoiden hyödyntäminen

Kaikki kanbanin alaisuuteen siirtyvät nimikkeet toimitetaan harmaissa laatikoissa. Laatikkoja on kolmea kokoa: S, M ja L. Kunkin nimikkeen laatikko sekä siinä olevien kappaleiden määrä määräytyy kulutuksen, painon sekä koon mukaan. Laatikoiden enimmäispainoksi asetettiin 15 kg, jotta niiden kokopäiväinen käsittely olisi työntekijöille ergonomista. Laatikot toimivat kuljetusmuotona ja muodostavat täten myös tilauserän kullekin nimikkeelle.

Jokaiselle nimikkeelle on määrätty näiden muuttujien mukaan laatikko sekä kappalemäärä, jonka laatikko sisältää. Näiden valinta perustuu tapauskohtaisesti jokaiselle tuotteelle. Laatikon koon valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat kuinka tehokkaasti kukin nimike pystyi täyttämään laatikon ja kuinka pitkäksi aikaa yksi laatikko riittäisi. Puolityhjien laatikoiden toimittamista pyrittiin välttämään, mutta myös laatikon riitto tuli pitää kohtuullisena. Taulukossa 12 kuvataan kunkin nimikkeen keskimääräinen päiväkulutus, laatikkokoko, kappalemäärä sekä täyden laatikon paino. Nimikkeitä käsitellään numeroina 1-20 niiden nimikekoodien tai nimien sijasta.

**Taulukko 12** nimikkeiden laatikot ja tiedot

| Nimike | Päiväkysyntä | Laatikko | Kpl/ laatikko | Paino |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 28,2 | M | 23 | 12,7 |
| **2** | 7,8 | M | 20 | 9,8 |
| **3** | 7,8 | M | 20 | 9,8 |
| **4** | 16 | S | 36 | 7,5 |
| **5** | 17,6 | M | 80 | 12,5 |
| **6** | 17,6 | M | 80 | 12,5 |
| **7** | 9,8 | M | 20 | 11,0 |
| **8** | 9,8 | M | 20 | 11,0 |
| **9** | 17,0 | S | 160 | 14,8 |
| **10** | 15,6 | M | 50 | 9,8 |
| **11** | 15,6 | M | 50 | 9,8 |
| **12** | 17,4 | S | 190 | 15,1 |
| **13** | 55,2 | S | 250 | 15,0 |
| **14** | 4,4 | S | 50 | 5,5 |
| **15** | 11,2 | S | 100 | 6,5 |
| **16** | 85,6 | S | 100 | 13,6 |
| **17** | 3,4 | S | 50 | 1,9 |
| **18** | 17,6 | L | 40 | 15,2 |
| **19** | 17,6 | L | 40 | 15,2 |
| **20** | 85,2 | L | 60 | 15,3 |

### 4.1.4 Kanban määrien laskeminen ja ylläpito

Nimikkeille lasketaan kanban-korttien määrät kaavalla:

$$n = (LD \times DU \times SF) / BQ$$

Jossa SF (Safet Factor, varmuuskerroin) pidetään mahdollisen kysynnän vaihtelun myötä arvossa 1,2. Hieman korkealla luvulla pienennetään pilottivaiheen riskejä ja varmistetaan tavaran saatavuus. LD (Lead Time, toimitusaika) vaihtelee riippuen minä päivänä tilaus tehdään. Kuten kuvasta 14 näkyy, on toimitusaika pisimmillään viisi päivää, joten tätä lukua käytetään laskennassa.

Kanban-korttien määrien ylläpitäminen ja niiden lisääminen tai poistaminen on toiminto joka tehdään viikoittain. Tätä varten tehdään Excel-tiedosto, joka laskee kullekin nimikkeelle tarvittavan määrän kanban-kortteja, joita sen kysyntä vaatii. Tämä tarkastelu tehdään aina seuraavalle viikolle, jotta nähdään mahdolliset kysyntöjen muutokset aikaisemmasta ja korttien säätötarpeet. Kanban-laskin vaatii syötteeksi toiminnanohjausjärjestelmästä seuraavan viikon materiaalivaraukset, joiden perusteella se laskee kunkin nimikkeen kysynnän.

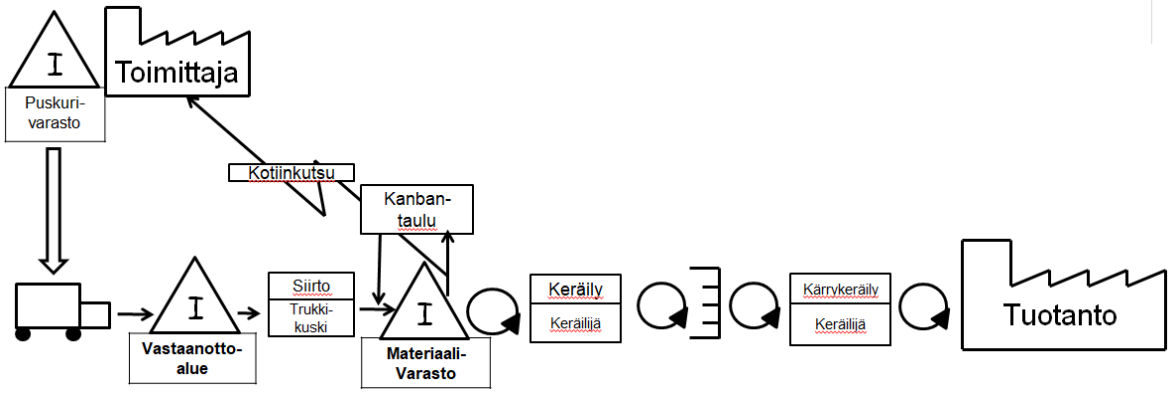
Tällainen nimikekohtainen tarkastelu toteutetaan, koska valmistuksessa olevat erilailla painottuneet tuotetilaukset vaikuttavat näiden nimikkeiden kysyntöihin. Tuotannon kokonaistasoa ei voida täten käyttää kertoimena nimikekohtaiselle kysynnälle, vaan jokaista nimikettä on tarkasteltava erikseen. Tällä tavalla kyetään myös optimoimaan kanbanin toiminta verrattain pienellä työllä. Alla olevassa taulukossa 13 on kuvattu esimerkkiviikon nimikkeiden kysyntä ja tämän myötä käytettävien kanban-korttien määrä päiviltä 11.3.2019.–15.3.2019.

**Taulukko 13** Kanban-korttien määrä nimikkeittäin

| Nimike | Päiväkulutus | Kpl/laatikko | Laatikon riitto (d) | Kanban määrä |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 28,2 | 23 | 0,8 | 8 |
| **2** | 7,8 | 20 | 2,6 | 3 |
| **3** | 7,8 | 20 | 2,6 | 3 |
| **4** | 16,0 | 36 | 2,3 | 3 |
| **5** | 17,6 | 80 | 4,5 | 2 |
| **6** | 17,6 | 80 | 4,5 | 2 |
| **7** | 9,8 | 20 | 2,0 | 3 |
| **8** | 9,8 | 20 | 2,0 | 3 |
| **9** | 17,0 | 160 | 9,4 | 1 |
| **10** | 15,6 | 50 | 3,2 | 2 |
| **11** | 15,6 | 50 | 3,2 | 2 |
| **12** | 17,4 | 190 | 10,9 | 1 |
| **13** | 55,2 | 250 | 4,5 | 2 |
| **14** | 4,4 | 50 | 11,4 | 1 |
| **15** | 11,2 | 100 | 8,9 | 1 |
| **16** | 85,6 | 100 | 1,2 | 6 |
| **17** | 3,4 | 50 | 14,7 | 1 |
| **18** | 17,6 | 40 | 2,3 | 3 |
| **19** | 17,6 | 40 | 2,3 | 3 |
| **20** | 85,2 | 60 | 0,7 | 9 |

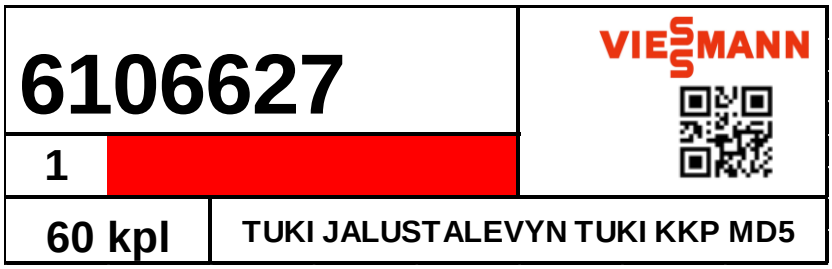
### 4.1.5 Prosessin kuvaus

Prosessissa on kohdeyrityksen päässä fyysisinä sijainteina vastaanottoalue, laatikkovarasto sekä supermarket. Supermarket on nimikkeiden sijainti, josta keräilijät keräävät osat kalustekohtaisiin keräilykärryihin. Supermarkettia täydennetään laatikkovarastosta käsin, josta supermarket imee aina uuden laatikon vanhan tyhjentyessä. Prosessin arvovirtakaavio on esitetty kuvassa 15. Arvovirtakaavio on rajattu siten, että se ei käsittele nimikkeitä niiden tuotantoon ottamisen jälkeen. Tämänkin arvovirtakaavion tarkoitus on havainnollistaa prosessi.




**Kuva 15** Kanban arvovirtakaavio

Kaikkiin saapuviin laatikoihin liitetään kanban-kortti (kuva 16**)** ja ne laitetaan laatikkovarastoon omalle hyllypaikalleen. Kun supermarketista käytetään nimikkeen laatikko tyhjäksi, tuodaan tyhjä laatikko varastoalueen tyhjien laatikoiden torniin. Tämän jälkeen tehdään täydennys varastosta supermarket alueelle, jolloin laatikossa oleva kanban-kortti laitetaan kanban-korttien muovitaskuun. Signaali täydennykselle tulee siis kun nimikettä otetaan varastosta supermarkettiin. Imuohjaus toimii siis supermarketista varastoon ja varastosta toimittajalle.




**Kuva 16** Kanban-kortti

Järjestelmän rajoitteista johtuen kaikki kortit skannataan viimeisenä päivänä, jolloin tilaus kerkeää saapumaan seuraavassa toimituksessa. Nämä päivät ovat kuvan 14 mukaisesti perjantai ja tiistai. Ajankohta korttien skannaukselle on välillä kello 11.00-11.30. Kortin QR-koodin skannaus PDA-laitteella synnyttää järjestelmään kotiinkutsun toimittajalle. Kotiinkutsut lähtevät kootusti tilauspäivinä kello 11.30, jolloin toimittaja saa tilaukset itselleen ja suorittaa toimituksen.

Korttien skannaus olisi paras toteuttaa sillä hetkellä kun laatikko otetaan käyttöön. Tähän rajoituksena on järjestelmän merkintä toimituspäiville. Jokainen skannaus synnyttää kotiinkutsun alle oman tilausrivin, joilla kullakin on oma toimituspäivä. Tämä toimituspäivä lasketaan nimikkeen tiedoissa olevan toimitusajan perusteella. Koska toimituspäivät syntyvät kotiinkutsussa rivikohtaisesti, eikä itse kotiinkutsun lähetyspäivän mukaan, olisivat suurin osa tilauksista järjestelmän mukaan toimitettuina väärille päiville. Eteenkin pilottivaiheessa tämä halutaan välttää, jotta nimikkeiden saapumisia kyetään tarkkailemaan oikeilla saapumispäivillä. Tällöin saadaan tarkka näkyvyys siihen, onko jokin nimikkeistä vaarassa loppua kesken.

Tilauksen jälkeen kortit laitetaan kanban-taululle, joka on kuvattu kuvassa 17. Kanban-taulussa on jokaiselle nimikkeelle avoimia korttipaikkoja yhtä monta kuin kierrossa olevia kortteja. Ylimääräiset paikat on vedetty mustalla viivalla yli, joka voidaan tarpeen tullen poistaa kortteja lisättäessä Tämä tarkoittaa että taulun ollessa tyhjä, ovat varastot täynnä. Kun taas taululla on kortti jokaisessa paikassa, ovat varaston kaikki nimikkeet kulutettu.

**Kuva 17** Kanban-taulu

Kun toimittajalta saapuu laatikkotoimitus, ottaa trukkikuski ne vastaan ja kuljettaa laatikkovarastoon. Täällä kaikkiin laatikoihin lisätään kanban-taululta niille kuuluva kortti. Kortin asettamisen jälkeen laatikko laitetaan hyllyyn omalle paikalleen ja näin toiminta jatkuu. Kuvassa 19 on kuvattu laatikkovarasto etupuolelta, josta keräilijät keräävät nimikkeitä sekä kuvassa 18 takapuolelta, josta nimikkeitä täydennetään varastoon.

**Kuva 19** Laatikkovarasto edestä

**Kuva 18** Laatikkovarasto takaosa

Tyhjien laatikoiden kierto järjestellään erikseen. Tämä siksi, että Virossa sijaitsevan toimittajan toimitus ei kulje samaa reittiä takaisin. Tyhjille laatikoille joudutaan tämän takia järjestämään erillinen paluukyyti. Tämä paluukyyti sisältää myös muita palautuvia tavaroita, joten sitä ei järjestetä ainoastaan laatikoiden takia. Keskimäärin tämä kyyti toteutuu joka toinen viikko.

Laatikon tyhjentyessä viedään se tyhjien laatikoiden torniin, joka sijaitsee laatikkovaraston vieressä. Tornin täyttyessä, eli ylittäessä vieressä olevan sinisen seinän korkeuden, noutaa trukkikuski tornin ja kuljettaa sen pakkausalueelle. Siellä se pakataan ja kuljetetaan ulkona sijaitsevaan A-halliin odottamaan paluukyydin järjestymistä. Prosessikaavio ja eri henkilöiden vastuut ovat esitetty liitteessä 1.

### 4.1.6 Laatikoiden tarpeen laskeminen

Prosessin vaatima laatikoiden tarve on oltava selvillä, jotta sen toimivuus kyetään takaamaan, mutta toisaalta laatikoita ei myöskään pidetä kierrossa ylimäärin. Suurimman hetkittäisen määrä selvittämiseksi tulee laatikoita ja niiden määriä käsitellä kolmessa sijainnissa. Nämä ovat toimittajan puskurivarasto ja kohdeyrityksen varasto sekä paluukyytiä odottavat tyhjät laatikot.

Toimittajan kanssa sovittu maksimivarasto, eli kuukauden varasto sitoo suurimmillaan kuukauden kulutuksen kutakin tuotetta. Kohdeyrityksellä on varastoissaan nimikkeitä maksimissaan kanban-korttien lukumäärän verran. Lisäksi tyhjiä laatikoita kertyy kulutuksen mukaan ja niille sekä muilla palaaville tuotteille on järjestetty paluukyyti joka toinen viikko. Täten tyhjiä laatikoita on enimmillään kahden viikon kulutuksen verran. Laskuissa käytämme kuitenkin kolmen viikon kulutusta. Tällöin paluukyydin ajomatka, laatikoiden purkaminen toimittajalla ja niiden käyttöönotto on huomioitu. Tämän lisäksi kolmen viikon laskennallinen aika sisältää myös pienen varmuuskertoimen. Kunkin laatikon tarpeet on esitetty taulukossa 14. Laatikkojen tarve on esitetty samalta ajanjaksolta kuin aikaisemman taulukon 13, eli 11.3.2019.–15.3.2019.

**Taulukko 14** Laatikoiden tarpeet

| Laatikon koko | Toimittaja | Viessmann, täydet | Viessmann, tyhjät | Yhteensä |
|---|---|---|---|---|
| **S** | 46 | 16 | 34 | 96 |
| **M** | 91 | 28 | 65 | 184 |
| **L** | 51 | 15 | 36 | 102 |

## 4.2 Setityksen hyödyntämien toimituksissa ja varastoinnissa

Valulevyjen hankinnan uudistaminen tähtää kahteen selkeän hukan karsimiseen. Ensimmäinen on niiden keräilyyn kuluvan ajan minimointi ja täten valuprosessin tehostaminen. Toinen on tilan säästäminen varastoissa. Eteenkin valukoneen ympäristö, jossa valuprosessi suoritetaan, on varastosijaintinsa puolesta hyvin otollisella paikalla ja lähellä useita työlinjoja.

Jotta nämä saadaan toteutettua, hyödynnetään setittämistä sekä tavoitellaan pääsyä mahdollisimman lähelle JIT-periaatteen mukaista tilaamista, jossa nimikkeet saapuvat paikalle tarveajankohtana ja oikeissa määrissä. Setitys pyritään suorittamaan hyödyntäen erikseen suunniteltavaa kärryä, joka auttaisi vähentämään trukkien tarvetta tavaran liikuttelussa.

Tarkasteltavaksi otetaan myös, kuinka tällaisten nimikkeiden tuotantoerien pienentäminen tulisi toteuttaa. Ensimmäinen tutkittava tapa on niiden tuottaminen isommissa erissä, jotka varastoidaan toimittajan puskurivarastossa. Tämän jälkeen tarkastellaan kuinka lean-periaatteen mukaiset pienet tuotantoerät toimittajalla vaikuttavat materiaalivirtaan sekä hankintakustannuksiin. Myös setityksen ja tuotannon sekä materiaalien tarpeiden läpinäkyvyyden sekä lyhyiden toimitusaikojen myötä mahdollistuvan imuohjauksen toimivuus tarkastellaan setteinä toimitettaville matalan kulutuksen tuotteille.

Tämän toimintatavan käyttöönotossa tähdätään sen myöhempään jalkauttamiseen myös muiden linjastojen nimikkeille. Tällaisia ovat tuotteet, jotka sisältävät paljon eri

mittavariaatioita ja tämän takia kohtaavat samoja ongelmia kuin valupellit. Useat eri variaatiot aiheuttavat tarpeen niiden säilytykseen useissa varastosijainneissa ja täten johtavat suureen määrään varattuja varastopaikkoja. Lisäksi tämän myötä niiden keräily kohdistuu ympäri varastoja, joka työllistää keräilyä.

### 4.2.1 Valulevyjen hankinta

Eräkokojen laskeminen mahdollistamaan niiden tilaamista todelliseen kysyntään vaatii toimittajalta kykyä toimittaa niitä pienissä erissä ketterästi. Tämä puolestaan edellyttää toimitusaikojen lyhentämistä, jotta tuotannon näkyvyys vastaa todellisuutta. Tällöin levyjen tilaukset voidaan tehdä lähellä tarvepäivää, jolloin niiden tarpeille ei enää synny juurikaan muutoksia. Tämän toteuttamiseksi vaaditaan toimittajalta valmiutta joko valmistaa levyjä pienissä erissä ja joustavalla tuotantosuunnitelmalla tai niille puskurivaraston luomista. Näistä pienet ja joustavat tuotantoerät lyhyillä toimitusajoilla nähdään lean-periaatteen lopullisena tavoitteena JIT-materiaalivirtaan. Varastojen luominen toimittajan päässä taas siirtäisi yksinkertaisesti varastojen sijainnin kohdeyritykseltä toimittajan tiloihin. Tällainen vaihtoehto kuvataan yhdeksi askeleeksi kohti koko toimitusketjun läpi kulkevaa JIT-materiaalivirtaa.

Valupeltien valmistuksessa siirryttäessä pienempiin tuotantoeriin, on kappalehinnoissa otettava huomioon erän kiinteiden kustannuksien jakautuminen pienemmälle määrälle tuotteita. Tämä johtaa pienten erien myötä nouseviin hankintakustannuksiin, joiden kompensoimiseksi on saavutettava säästöjä muilla osa-alueilla. Näihin lukeutuvat varastointikulut, käsittelykulut sekä varastoon sitoutunut pääoma. Näiden myötä voidaan myös tavoitella kasvanutta tehokkuutta eri toiminnoissa. Kokonaisvaikutuksen osalta on tärkeää tarkastella kokonaiskustannuksia, jotka syntyvät eri malleissa.

Hankinnan periaate on nimikkeiden tilaaminen vain tarpeeseen ennalta määritellylle ajanjaksolle. Kyseessä on suuri määrä erilaisia levyjä, jotka tulee saada mahdollisimman pienellä tilan käytöllä ja helpoilla käsittelyillä lähelle tuotantolinjaa. Valutyöntekijöiden

keräilyprosessissa tavoitellaan hukan karsimista tuomalla valulevyt helposti saataville. Tarpeen mukaan muodostetuilla tilauksilla karsitaan ylivarastoinnin synnyttämää hukkaa sekä tästä johtuvaa materiaalien pilaantumista.

Koska kukin kaluste muodostaa aina tarpeen kymmenelle eri valupellille, ei varastohyllyjä nähdä optimaalisina tapoina varastoida tuotteita. Tällöin yksittäiset levyt veisivät kokonaisia varastopaikkoja, joka ei varaston tilan käyttämisen puolesta ole järkevää. Tämän takia levyt suunnitellaan toimitettaviksi kärryissä valmiiksi setitettyinä nippuina, jotka sisältävät tarvittavat levyt niiden valuelementtejä varten. Kärryt auttavat myös kuljetuksessa ja säilytyksessä, jotka helpottavat näiden käsittelyä entisestään. Yhteen kärryyn mahtuu neljän kalusteen valupellit, jotka on jaoteltu kahdeksaan eri lokeroon. Nämä kahdeksan lokeroa muodostuvat neljästä kattoelementin lokerosta ja neljästä pohjaelementin lokerosta.

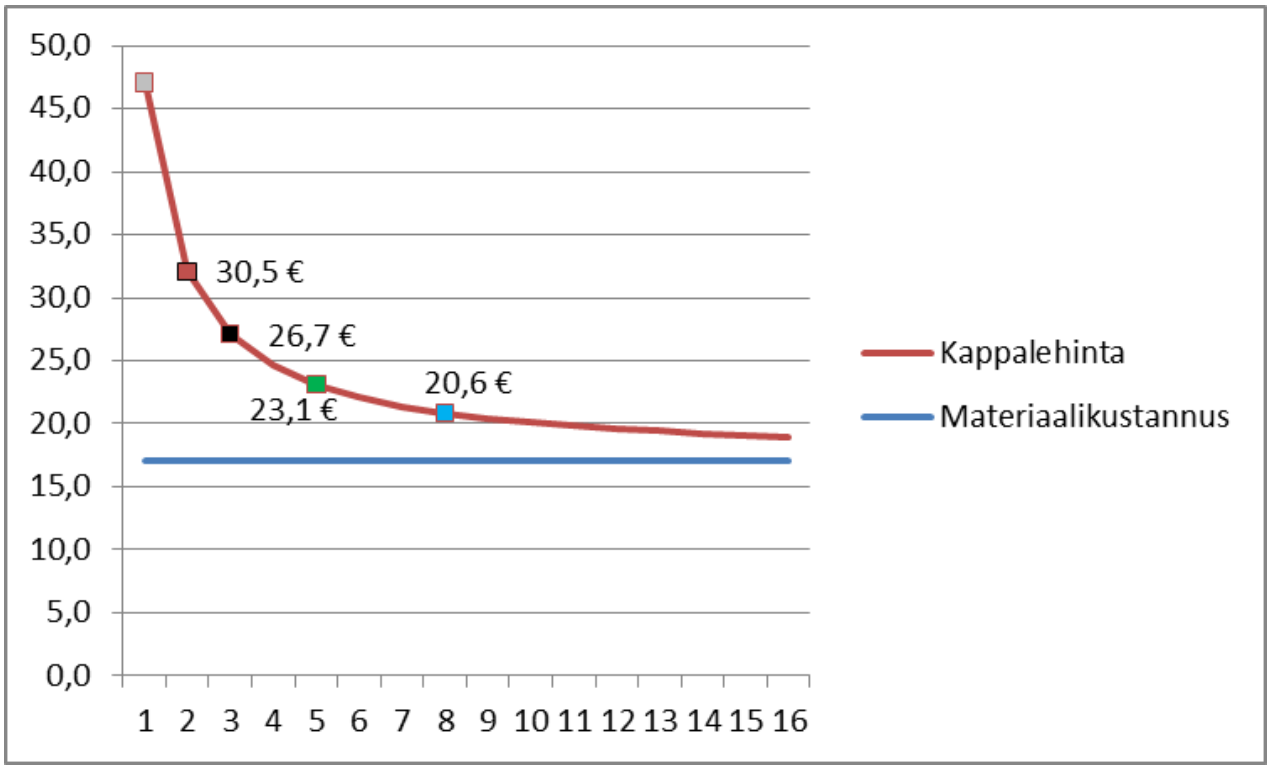
Eri toimintatapojen vertailuksi tehdään laskelmat siitä, miten kustannukset käyttäytyisivät jos siirryttäisiin tilaamaan pieniä eräkokoja tarpeen mukaan toimittajalta, joka valmistaisi kunkin erän tilauksen mukaan. Tälle vertailuksi lasketaan myös miten toimittajan itselleen ottamat varastot, joihin se valmistaisi suurempia eräkokoja, ja joista se toimittaisi pieniä toimituseriä kohdeyritysten tarpeiden mukaan, vaikuttaisi kustannuksiin. Laskelmat perustuvat 1.1.2018–31.12.2018 väliseen dataan. Näille molemmille vaihtoehdoille on potentiaalinen toimittaja, jotka ovat ilmaisseet valmiuteensa siirtyä näihin malleihin. Näistä toimittajista puhutaan työssä nimillä toimittaja 1 ja toimittaja 2.

Toimittaja 1 on kohdeyrityksen vieressä toimiva ohutlevytoimittaja, joka on painottanut prosesseissaan kykyä tehdä pieneriä joustavasti. Tätä varten he ovat tehneet viimeaikoina investointeja valmistuslaitteisiin, jotka tehostavat entisestään pienerien tuotantoa. Toimittaja 1 ei ole valmis pitämään puskurivarastoja omissa tiloissaan. Toimittaja 2 on Nummelassa sijaitseva toimittaja, jonka toiminta perustuu suurempiin eräkokoihin ja volyymituotantoon. Heillä on suuret tilat, jotka mahdollistavat suuren määrän eri nimikkeiden varastointia. He eivät ole kykeneviä tehokkaaseen pienerätuotantoon, joten puskurivarstojen pito on heidän suosima toimintatapa.

### 4.2.2 Valulevyjen valmistus

Valulevyjen tarpeiden sekä niiden valmistuksen määrittelyksi käytettiin hyväksi vuoden 2018 dataa. Tästä datasta saadaan kasattua eritelty kysyntä kullekin valulevylle sekä kalusteelle, jonka kautta tarkastellaan mahdollisia valmistusvaihtoehtoja ja miten pitkän aikavälin materiaalitarpeet olisi yhdisteltävissä yhdelle toimitukselle.

Valmistuksen ääripää olisi tuottaa kerralla kunkin päivän tarve, joka toimitettaisiin aina kullekin tarvepäivälle erikseen. Toinen ääripää olisi valmistaa kerralla suuri erä, jotta kappalehinta saataisiin ajettua mahdollisimman alas. Eräkokojen vaikutus hintaan sekä eräkoon riippuvuus siihen, kuinka pitkälle ajanjaksolle erä suunnitellaan tehtäväksi, on kuvattu kuvassa 20. Esimerkissä käsitellään kaikkien ryhmä B:n valupeltien keskiarvoa kuvitteellisena nimikkeenä, jonka hinta on 17,1 € sekä tuotantoerän aloituskustannus 30 €. Käyrä kuvaa levyjen kappalehinnan riippuvuutta tuotantoerän suuruuteen. Käyrälle on merkitty neljä pistettä. Nämä pisteet osoittavat kukin sitä eräkokoa, joka keskimäärin tuotettaisiin valmistettavia nimikkeitä eripituisille tuotannon ajanjaksoille. Harmaa piste on yhden päivän, punainen piste viikon, musta piste kahden viikon, vihreä piste kuukauden sekä sininen piste kahden kuukauden tarve. Nämä tuotantoerien koot sekä niiden myötä muodostuvat kappalehinnat on laskettu vuoden 2018 datasta, josta laskettiin valulevyjen kulutus jaettuna valulevyjen variaatioilla kullekin ajanjaksolle.

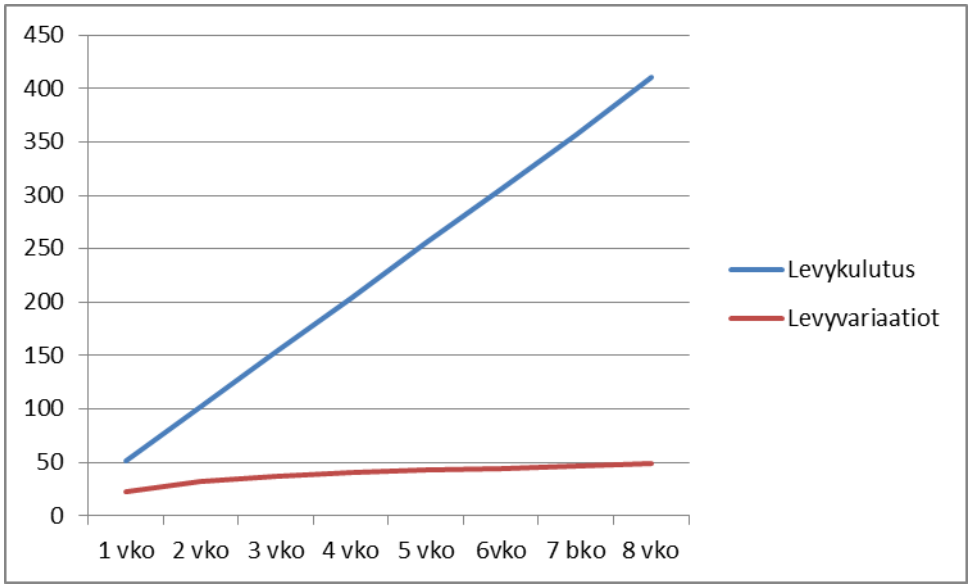



**Kuva 20** Tuotantoerän vaikutus kappalehintaan

Kuvasta nähdään, kuinka tuotantoerän kasvaessa saavutetaan aluksi nopeaa hinnan alenemista. Tämä hinnan aleneminen alkaa hiipua siirryttäessä isompiin eriin. On huomattavissa, että yksittäisen kappaleen tuotanto muodostuu huomattavasti kalliimmaksi kuin suuremman eräkoon. Kun tilattavaa eräkokoa kasvatetaan ja eräkoon riitto kasvaa yhä suuremmaksi, ei tilausten voida katsoa muodostuvat enää aidoille tarpeille, koska tuotannon luotettavuus heikkenee mitä kauemmas tulevaisuuteen sitä tarkkaillaan. Mitä pidemmälle ajalle nimikkeitä tilataan, sitä suuremmaksi kasvaa eri nimikevariaatioiden tarve, joka on esitetty taulukossa 15 ja kuvassa 21. Tällöin kasvaa myös varastotilan kulutus sekä ajaudutaan kohti nykytilaa ja sen ongelmia. Pysyttäessä taas yksittäistuotannossa, päästään eroon nykytilan ongelmista, mutta samalla hankintakustannukset kasvavat eksponentiaalisesti.

**Taulukko 15** Kulutuksen ja variaatioiden kasvun suhde

| Aikaväli | Levykulutus | Levyvariaatiot | Levyjä per variaatio |
|---|---|---|---|
| **1 viikko** | 51 | 22,0 | 2,2 |
| **2 viikkoa** | 102 | 32,6 | 3,1 |
| **4 viikkoa** | 204 | 41,1 | 4,,9 |
| **8 viikkoa** | 410 | 48,5 | 8,4 |




**Kuva 21** Kulutuksen ja variaatioiden kasvun suhde

Vertailtavat tuotantomenetelmät ovat toimittajan varasto-ohjautuva valmistus sekä tilausohjautuva valmistus. Tilausohjautuva tuotantomalli on mahdollista toimittaja 1:llä ja puskurivaraston toteutus varasto-ohjautuvalla valmistuksella puolestaan toimittaja 2:lla. Näiden kahden vaihtoehdon kustannusten selvittämiseksi tehtiin laskelmat vuoden 2018 kulutuksen perusteella. Pienerien mallit jaettiin erikseen kahteen tilanteeseen, joissa toisessa levyt tulisivat päivittäisissä toimituksissa päivän tarpeen mukaan. Toisessa mallissa tilaus tehtäisiin yhden viikon tarpeiden mukaan, jolloin toimittaja valmistaisi kerralla seuraavan viikon nimikkeet. Tällöin nimikkeiden eräkokoja saataisiin monissa tilanteissa

kasvatettua ja kustannuksia karsittua. Viikon tarpeet toimitettaisiin kokonaisuudessaan yhdessä toimituksessa kohdeyritykseen, sillä toimittaja 1 ei ole kykenevä pitämään itsellään varastoja näille nimikkeille tilanpuutteesta johtuen. Nämä vuosittaiset kustannukset on esitetty taulukossa 16.

**Taulukko 16** Valulevyjen hankintakustannukset

| Valmistustapa | Hankintakustannukset vuodessa |
|---|---|
| **Nykytila** | 32 510 |
| **MTS, toimittajan varasto** | 45 566 |
| **MTO, päivän tarve** | 117 832 |
| **MTO, viikon tarve** | 71 989 |

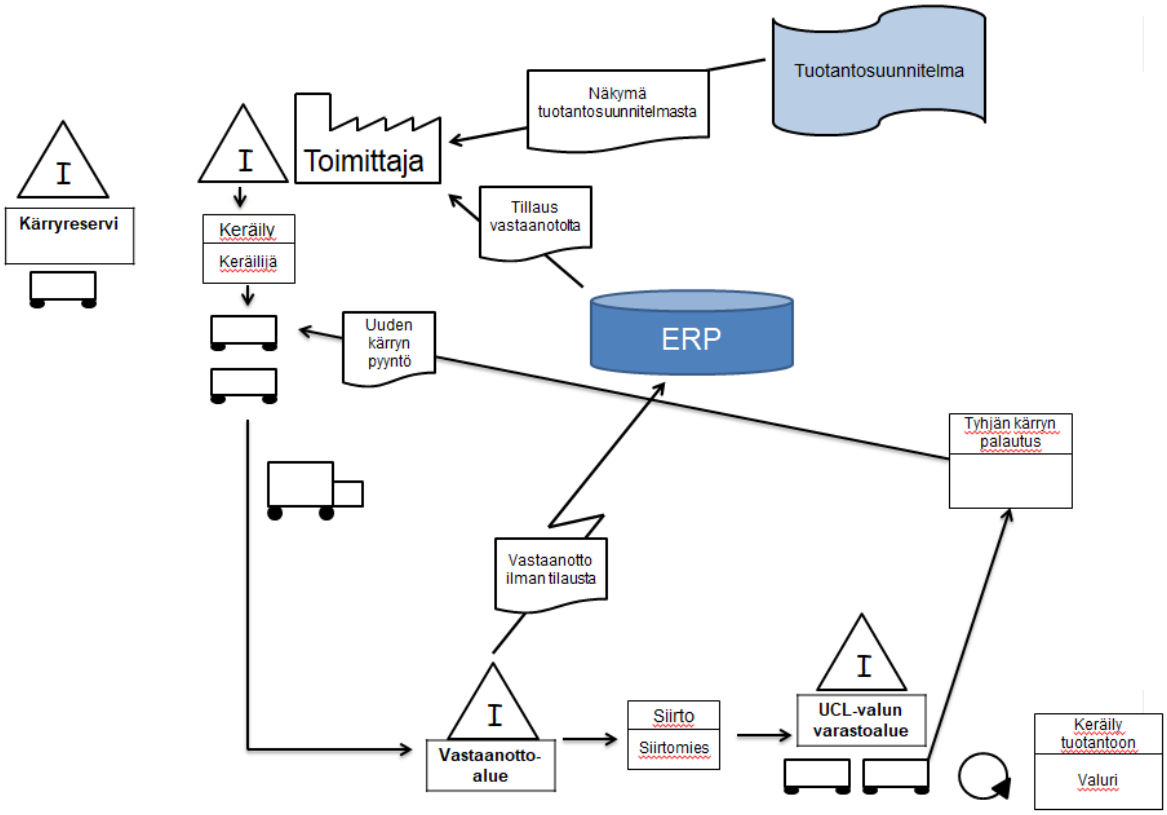
Kuten nähdään, kasvavat päiväkohtaiseen tuotantoon siirryttäessä hankintakustannukset hyvin suuriksi. Yhden viikon tarpeiden yhteisvalmistuksessa nähdään, kuinka eräkokojen pienikin kasvatus vaikuttaa hintaan huomattavasti. Varasto-ohjautuva toiminta puolestaan pääsi kaikkein halvimmalla. Nykytilan kustannukset edustavat nykyistä mallia, jossa kaikki levyt tehdään suurien minimierien mukaan, jolloin hinta on saatu matalaksi.

### 4.2.3 Kärrytoimitusten imu- ja työntöohjaukset

Koska lyhyiden läpimenoaikojen takia tilaukset pystytään tekemään lähellä tarvepäivää, kyetään valupeltejä tilaamaan tuotantosuunnitelman mukaan tarkasti. Toimitusvaihtoehdoista tarkastellaan kahta eri mallia. Näistä ensimmäinen on imuohjauksen toteuttaminen kärryillä. Tässä kohdeyrityksen valupisteellä olisi kärryjä, joiden sisältämät nimikkeet olisi järjestelty kärryihin tuotantosuunnitelman mukaisessa järjestyksessä. Käryn tyhjentyessä lähtisi se paluukyydillä takaisin toimittajalle. Tämä tyhjä

kärry toimisi samalla signaalina lähettää uusi kärry tilalle. Tällöin myös toimittajalla olisi aina valmiiksi täytetty kärry varastoissaan, joka olisi valmis lähetettäväksi. Tämä loisi imuohjauksen näillä osille, eikä niitä toimitettaisi lisää ennen kuin vanha on kulutettu.

Tämän toteuttamiseksi toimittajalla pitäisi olla näkyvyys tuotanto-ohjelmaan, jonka perusteella se kykenisi setittämään kärryt oikeilla nimikkeillä tulevien tarpeiden mukaan. Erillistä tilausta ei muodostettaisi, vaan toimittaja huolehtisi nimikkeiden toimituksen. Tämä menetelmä on kuvattu kuvassa 22



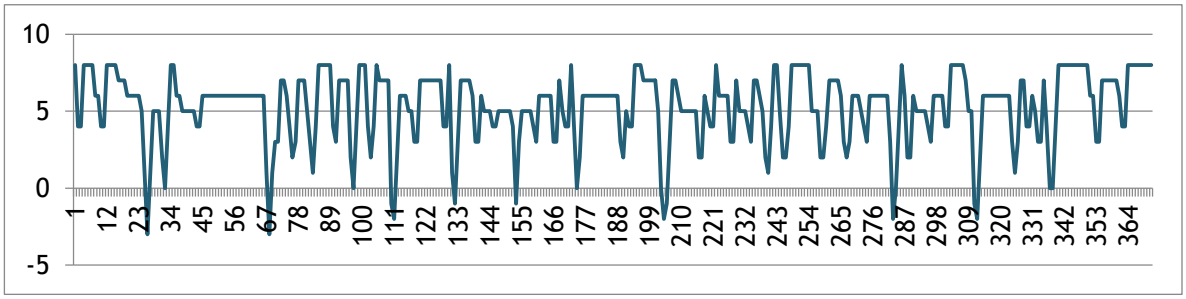

**Kuva 22** Kärryjen imuohjaus

Toinen vaihtoehto on nimikkeiden tilaaminen materiaalitarvelaskennalla, eli profiiliohjauksella. Lyhyiden toimitusaikojen ansiosta tilaukset kyettäisiin tekemään lähellä tarvepäiviä. Toimituksen tulisi saapua päivä ennen varsinaista tarvetta. Tällä tavalla

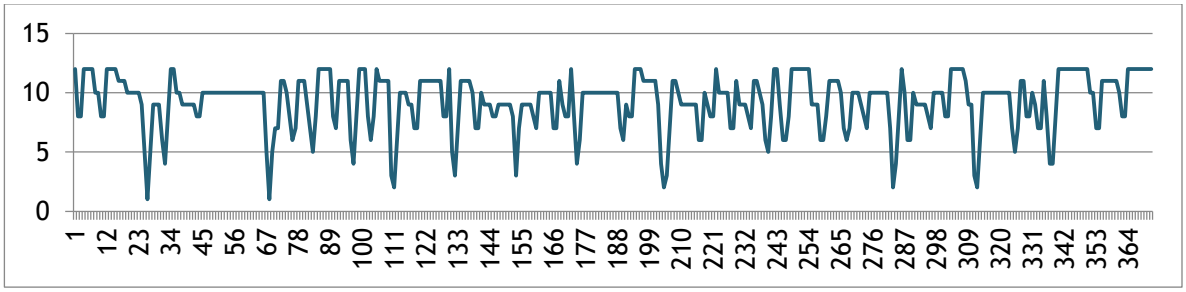
varmistettaisiin että toimitus ei olisi tarvepäivänä liian myöhään paikalla. Materiaalitarvelaskennalla tilattaisiin aina siis vain yhden päivän valulevyt kerralla.

Mahdollisena ongelmakohtana tässä on kärryjen puskeminen. Jos tuotanto hidastuu ja nimikkeet jäävät jälkeen, alkaa mahdollisten päivittäisten toimitusten myötä kärryjä kerääntyä kohdeyrityksen varastoon. Tilausten ajoittuessa lähelle toimituspäivää häviää tämän puskuefektin vaikutus huomattavasti. Mikäli puskuefekti toteutuu, kyetään se purkamaan nopeasti, koska tilauksia ei tehdä pitkälle eteenpäin eikä täten puskevia tilauksia kerkeä muodostumaan paljon.

Näiden kahden menetelmän välillä tulee tarkastella sitä, kuinka monta kärryä nämä keskimäärin vaatisivat kohdeyrityksen tiloihin. Tätä varten hyödynnettiin 2018 vuoden dataa, jonka avulla kyettiin laskemaan miten monta kärryä imuohjaus vaatisi, jotta se ei ajautuisi tuotepuutoksiin. Kuva 23 kuvaa, kuinka varaston tasot käyttäytyisivät kahdella kärryllä ja kuva 24 kuinka ne puolestaan käyttäytyisivät kolmella kärryllä.



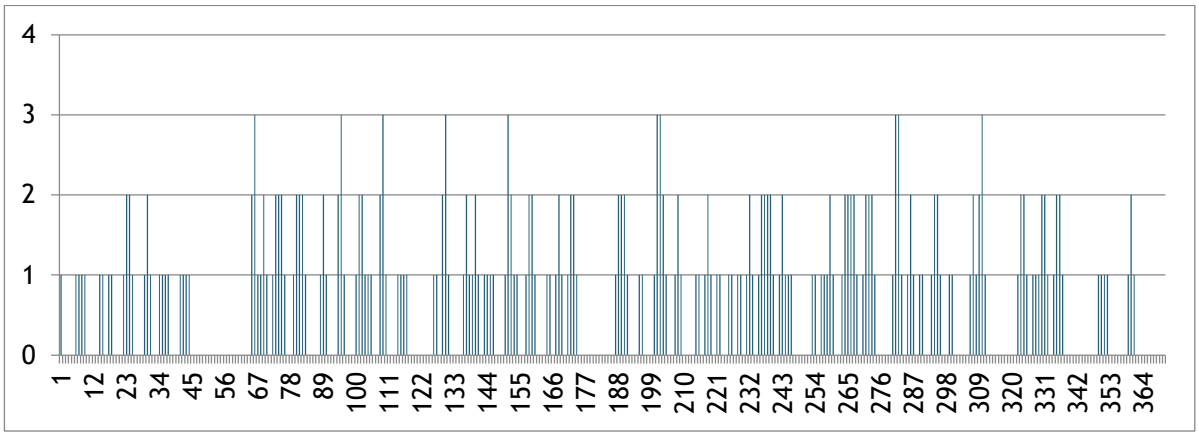

**Kuva 23** Imuohjaus 2 kärryä




**Kuva 24** Imuohjaus 3 kärryä

Kuten nähdään, vaatisi tämä toimiakseen kolme kärryä, jotta materiaalin saatavuus kyettäisiin takaamaan. Tämä perustuu kuitenkin historiadataan, eikä anna luotettavaa kuvaa tulevaisuudesta. Kahden kärryn käyttö riittäisi kattamaan suurimman osan nimikkeiden tarpeista sekä pitämään varastotasot sekä niiden viemän tilan kohtuullisempina. Kuitenkin tässä oltaisi ajauduttu 11 päivänä tilanteeseen, jossa nimikkeet olisivat loppuneet. Kolme kärryä olisi puolestaan riittänyt kattamaan varastotasot. Imuohjauksen kärryjen säätely kunkin tilanteen tarpeen mukaan on yksi keino karsia niiden määrää. Tämä tuottaisi manuaalista lisätyötä osto-organisaatiolle ja toisi inhimillisten virheiden mahdollisuuden toimintaan.

Levyjen tilaaminen puolestaan materiaalitarvelaskennalla poistaisi imuohjauksen tarpeen varautua suurimman kysynnän mukaisesti. Kuva 25 näyttää kärryjen tarpeiden vuoden aikana, jos nimikkeitä oltaisi tilattu tällä menetelmänä. Varastoissa olisi tällöin aina kuluvan päivän sekä seuraavan päivän kärry.




**Kuva 25** Kärryjen määrä, MRP

Myös MRP joutuu samoina ajankohtina turvautumaan kolmanteen kärryyn kohdeyrityksen varastoissa. Kuitenkin kärryjen tarve ja määrä paikanpäällä mukautuu automaattisesti

kysynnän mukaan. Dataa analysoimalla pystyttiin laskemaan kuinka monena päivänä tarvittaisiin kutakin määrää kärryjä. Tämä on kuvattu taulukossa 17.

**Taulukko 17** Kärryjen tarpeiden jakautuminen

| Kärryjen määrä | Päivien määrä |
|---|---|
| **0** | 179 |
| **1** | 125 |
| **2** | 57 |
| **3** | 10 |

MRP kykenisi toimimaan huomattavasti pienemmällä määrällä kärryjä. Ainoastaan kymmenenä päivänä vuodessa tulisi varautua säilyttämään kolmea kärryä kohdeyrityksen varastossa. Lisäksi sama etu saavutettaisiin myös toimittajan tiloissa. On myös huomioitavaa, että 179 päivänä ei varastoissa olisi yhtäkään kärryä.

### 4.2.4 Kärryjen vaikutus varastotilaan ja käsittelyihin

Hyllyillä varastoitavat nimikkeet vievät kukin kaksi lavapaikkaa johtuen niiden suuresta koosta. Yhden täysikokoisen varastohyllyn viemä tila on 16 $m^2$, joka pitää sisällään hyllyn fyysisesti viemän sekä sen ympärillä vaadittavan lattiatilan, jotta sen käyttö on mahdollista. Tällaiselle varastohyllylle mahtuu 20 lavaa, eli 10 varastoitavaa ohutlevynimikettä. Laskennoissa käytetään täten yhden valulevyn varastopaikan vievän 1,6$m^2$ lattiatilaa. Yksi suunniteltu kärry vie lattiatilaa 3$m^2$. Kohdeyrityksessä käytetään laskennassa yhden neliömetrin kuukausittaiseksi hinnaksi 16 euroa. Tämän pohjalta taulukossa 18 esitetään varastointikustannukset nykytilalle sekä kärryille.

**Taulukko 18** Kärryn vaikutus varastotilaan

| | Varastotilan tarve | Varastoinnin vuosikustannus |
|---|---|---|
| **Nykytila** | 125 $m^2$ | 24 422 € |
| **Kärry** | 3$m^2$ | 576 € |

Kärryn vuosittaisen varastointikustannuksen perusteella voidaan tarkastella eri tilaustapojen myötä syntyviä varastonpitokustannuksia. Imuohjaus vaatisi toimiakseen arvion mukaan 3 kärryä, jolloin varastonpitokustannukset syntyisivät näille varatusta tilasta. Vaikka materiaalitarvelaskennalla tehtävä päivittäinen toimitus vaatisi keskiarvon mukaan vain 0,8 kärryä, olisi tässäkin mallissa käytännössä varattava tila kahdelle kärrylle, koska tällaisia tilanteita syntyisi keskimäärin joka toinen viikko.

Kärryn hyödyntämisellä saadaan aikaan myös käsittelyissä syntyvien hukkien karsimista. Hyötyjä toteutuu tavaran käsittelyssä niitä vastaanotettaessa sekä keräilyssä. Suuri muutos vastaanotossa ja sen toiminnoissa on hyllytyksen tarpeen poistuminen. Nykyisin jokainen levytoimitus joudutaan erikseen hyllyttämään sekä yhdistelemään varastossa olevien samojen nimikkeiden kanssa. Kärry puolestaan siirretään suoraan tarvepaikalle ilman hyllytysten tai trukin tarvetta. Kärryjen vaikutus toimitukseen on esitetty taulukossa 19. Nykytilassa jokainen tilausrivi on oma toimituksensa, joka käsitellään erikseen. Kärryn kohdalla ei tarkastella tilausrivejä, vaan kuinka monena päivänä kärrytoimitus olisi tarvittu. Vastaanottoon kuluva aika on saatu vastaanotossa työskenteleviltä siirtomiehiltä. Kärryn vastaanoton aika on puolestaan vain arvio, joka perustuu oletukseen, ettei kärryn siirtäminen vastaanottopaikalta tarvepaikalle vie yli 5 minuuttia.

**Taulukko 19** Kärryjen vaikutus tavaran vastaanottoon

| | Toimitukset vuodessa | Vastaanoton käsittelyaika | Vastaanoton vuosikustannukset |
|---|---|---|---|
| **Nykytila** | 208 | 15 min | 1 300 € |
| **Kärry, päiväkohtainen toimitus** | 127 | 5 min | 265 € |
| **Kärry, imuohjaus** | 68 | 5 min | 142 e |

Nimikkeiden keräily ja sen ongelmat on avattu aikaisemmassa tekstissä. Keräilyyn kuluva aika pystytään laskemaan murto-osaan, kun nimikkeiden sijainti saadaan lähelle työpistettä, pois korkeilta hyllyiltä sekä vakiopaikalle. Kärryn vaikutus keräilyyn on esitetty taulukossa 20. Nykytilassa keräilyyn kuluva aika per kaluste on kerrottu kolmella, sillä nimikkeiden etsimiseen osallistuu kolme henkilö kerralla. Myös trukkikuski on mukana levyjen laskemisessa korkeilta hyllyiltä, mutta tämä on jätetty laskuissa huomioimatta. Kärrystä yhden kalusteen keräilyyn kuluva aika arvioitiin paikanpäällä tehdyssä koekeräilyssä.

**Taulukko 20** Kärryn vaikutus keräilyyn

| | Keräilyaika / kaluste | Kalusteet vuodessa | Keräilykustannukset vuodessa |
|---|---|---|---|
| **Nykytila** | 25 min x 3 | 280 | 8 750 € |
| **Kärryt** | 5 min | 280 | 583 € |

# 5 JOHTOPÄÄTÖKSET & TULOKSET

Tässä kappaleessa läpikäydään edellisen kappaleen prosessimuutosten vaikutuksia toimintaan. Kummankin muutoksen vaikutuksia käsitellään niiden vaikutuksina suoriin lukuihin sekä miten ne vaikuttavat työskentelemiseen linjastolla. Lisäksi käydään läpi jatkokehityskohteet tulevaisuudelle. Molemmat muutoskohteet käsitellään omissa omina pääkappaleinaan. Näiden tarkastelujen kautta vastataan asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

## 5.2 Johtopäätökset kanban-pilotista

Kanban-pilotointiprojekti antoi paljon näkyvyyttä siihen, kuinka tällaisen toimintatavan käyttöönoton toteutus suoritetaan. Arvokasta tietoa saatiin niin käytännön tasolla työntekijöiltä, kuin myös järjestelmästä sekä toimittajan kanssa suoritetusta yhteistyöstä.

Tulosten ja johtopäätösten perusteella tarkastellaan pilotin toteutumista ja sen kyvykkyyttä materiaalienohjauksessa. Näiden havaintojen kautta annetaan ehdotus siitä, kuinka kohdeyrityksen kannattaa jatkaa toimintaansa tulevaisuudessa. Lisäksi hahmotetaan syy-seuraussuhdetta, jotka vaikuttivat toteutuneisiin tuloksiin.

### 5.2.1 Toimittajanäkökulma

Toimittajan kanssa käytävä kanssakäyminen ja kommunikointi olisi tullut hoitaa tehokkaammin. Tämä koski sekä toimittajan kommunikaatiota kohdeyritykseen sekä myös toisinpäin. Suurimmalta riskiltä, eli nimikkeiden puutostilanteelta ja täten linjan seisahtumiselta vältyttiin, jossa nopea reagointi molempiin suuntiin auttoi.

Kun kanban toiminta aloitettiin, tehtiin kaikille nimikkeille tilaukset laskettujen kanban-korttien mukaan, jotta varastot saatiin täytettyä ja toiminta aloitettua. Osaa nimikkeistä oli kuitenkin jo ennalta varastoissa sekä avoimia tilauksia oli tehty lähiviikoille. Nämä päätettiin antaa olla, jotta mahdollisten alkuongelmien syntyessä materiaalin saatavuus kyettäisiin takaamaan. Ongelmaksi muodostui se, että tästä alkuun tehtävästä suuremmasta

tilauksesta ei erikseen ilmoitettu toimittajalle, joka synnytti heidän päässään tuotannollisia ongelmia. Osa toimituksista jäi jälkitoimituksiksi ja samalla vanhoja tilauksia saapui varastoihin. Tämä aiheutti alkuun varastojen hetkellisen kasvun tarpeettoman suuriksi.

Toiminnan aloittaminen olisi jälkikäteen tarkasteltuna tullut suorittaa toisin. Materiaalien saatavuuden varmistamiseksi olisi toimittajalta tullut tehdä erillinen tilaus, joka olisi käsittänyt kaikkia nimikkeitä kahden viikon tarpeen. Nämä laatikot olisi varastoitu erilleen muista nimikkeistä ja niitä olisi puutostilanteen sattuessa käytetty varmuusvarastona. Tästä tilauksesta olisi tullut informoida toimittajaa hyvissä ajoin, jotta he olisivat kyenneet reagoimaan tehokkaasti tilanteeseen. Muut tehdyt tilaukset olisi tullut peruuttaa ja jo olemassa olevat varastot olisi huomioitu tehdessä ensimmäinen kanban-tilaus, jotta toiminta olisi siirtynyt suoraan oikeille raiteille.

Toinen huomattu ongelma syntyi toimittajan puolelta. Heillä oli ollut ongelmia maalaamon kanssa ja tästä syystä he toimittivat vajaita tilauksia sekä vajaita laatikoita. Toimittajan kanssa olisi tullut etukäteen selvittää toiminta- sekä informointiprosessi tällaisissa tilanteissa, jotta tähän oltaisiin osattu varautua. Nyt asia nousi esille vasta, kun vajaat toimitukset huomattiin ja toimittajaan otettiin yhteyttä.

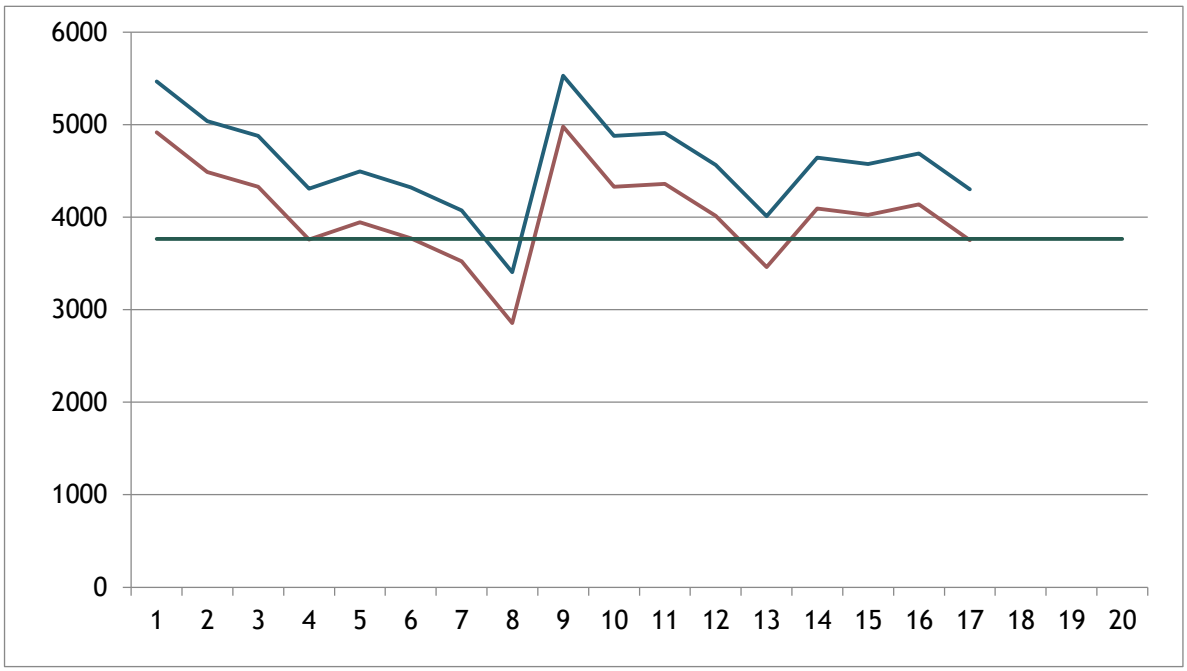
Näiden molempien sekä muiden mahdollisesti syntyvien ongelmien ehkäisemiseksi tulisi tällaisessa tilanteessa muodostaa kumpaankin päähän vastuuhenkilöt. Tämä pari olisi toisiinsa aktiivisesti yhteydessä ja pitäisivät toisensa ajan tasalla. Ylläpito voitaisiin järjestää viikoittain pidettävällä etäkokouksella, jossa käytäisiin läpi ajankohtaiset asiat sekä jaettaisiin molemmissa päissä mahdollisesti syntyneet kehitysideat. Nyt selvän vastuuhenkilön määrittäminen jäi hieman epäselväksi, joka osaltaan vaikutti kommunikaatiokatkoksiin.

Toimittajan tapa perustaa näillä nimikkeille puskurivarastot, joihin he valmistavat kerralla suurempia määriä nimikkeitä, nähdään leanin teorian mukaan ensimmäisenä askeleena kohti tilannetta, jossa varastot saadaan karsittua pois molemmista päistä. Jotta tällaiseen tilanne saavutettaisiin, tulisi toimittajan prosessien ja muutosaikojen kehittyä hyvin paljon. Ohutlevytoimittajan, jolla on paljon asiakkaita, voi olla vaikea mukauttaa toimintojaan

pieneriä suosiviksi. Toisaalta varastojen siirtäminen heidän päähänsä voi toimia heille ajurina alkaa kehittämään omia prosessejaan. Tällä hetkellä kohdeyrityksen kannalta on kuitenkin suositeltava siirtää nimikevarastoja mahdollisimman paljon toimittajalle. Tätä puoltaa myös toimittajan toive, että lisää nimikkeitä siirrettäisiin laatikkoihin, jotta he saisivat laajennettua niitä koskevaa prosessia.

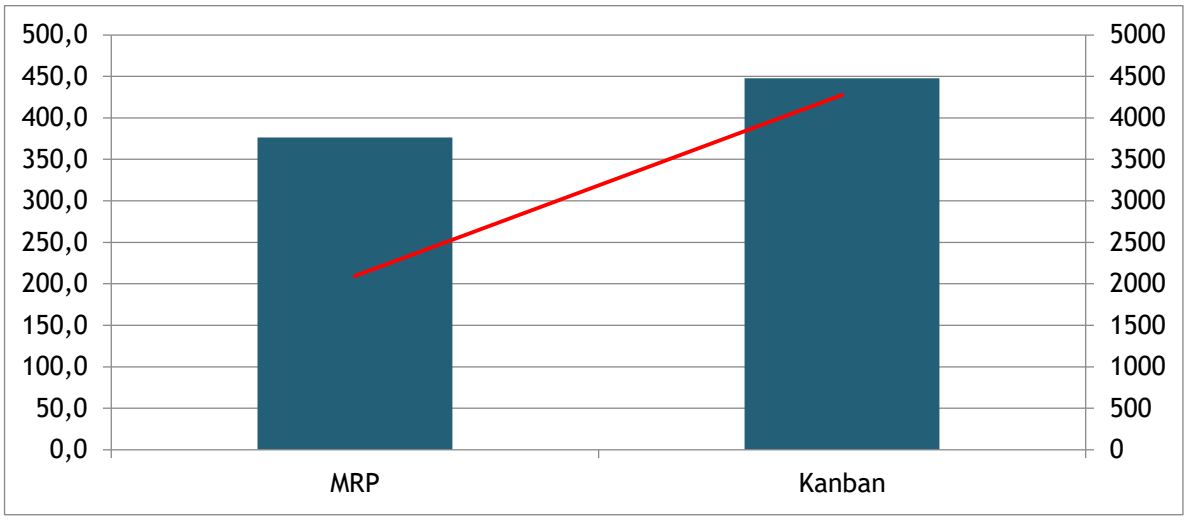
### 5.2.2 Varastotasot

Kanban-tilausprosessin vaikutusta varastoihin tarkasteltiin vertaamalla varastojen tasoja pilotin aikana tilanteeseen ennen pilottia. Vertailuajanjakso sijoittui päiville 2.11.2018–2.2.2019, jonka tiedot saatiin arkistoidusta varastodatasta. Molemmissa tilanteissa nimikkeet toimitettiin laatikoissa samoissa määrin ja samoilla toimituspäivillä. Ero oli aikaisemmin tilausten muodostaminen materiaalitarvelaskennalla ja pidemmillä toimitusajoilla. Varastotasojen käyttäytyminen on esitetty kuvassa 26, jossa vaakasuora musta viiva osoittaa vertailuajankohdan kaikkien nimikkeiden yhteenlaskettua keskivarastoa. Sininen viiva kuvaa varastojen toteumaa kanban-pilotin käyttöjaksolla. Punainen viiva puolestaan kuvaa teoreettisia varastotasoja ilman varmuudeksi lisättyjä kanban-kortteja. Punaisen viivan kuvaama tilanne, jossa kortteja ei olisi lisätty, oli laskettavissa saadun datan mukaan hyvinkin tarkasti. Ylimääräisten kanban-korttien lisäämä varasto oli koko pilotin ajan tarpeeton, joten näiden nimikkeiden varastotasoista vähennettiin yhden laatikon kappalemäärä. Tämän perusteella saatiin laskettua teoreettiset varastotasot.




**Kuva 26** Varastotasojen käyttäytyminen

Kuten kuvasta 26 nähdään, nousi nimikkeiden yhteenlasketut varastot kanban-pilotin aikana. Tähän vaikutti kanban-korttien määrien nostaminen osalla nimikkeistä, jotta niiden kohdalla materiaalihukkien syntymisen riski minimoitiin. Tällaisia nimikkeitä olivat sellaiset, jotka muussa tapauksessa olisivat pyörineet vain yhdellä kortilla. Inhimillisten virheiden takia näille nimikkeille lisättiin toinen kortti kiertoon. Lisäksi tällaiset nimikkeet toimitettiin verrattain suurilla riitoilla. Laatikossa toimitettavien nimikkeiden riitto ei vaikuta varastotasojen muutoksiin, sillä laatikoiden sisältämät kappalemäärät olivat samat myös vertailujaksolla. Varastotasojen kasvua selittää myös näiden nimikkeiden kysynnän nousu kanban-pilotin aikana verrattuna vertailujaksoon. Tämä on kuvattu kuvassa **27**, jossa pystypylväinä näkyvät varastojen keskitasot sekä punaisena suorana kokonaiskysynnän muutos.




Kuva 27 Keskivarasto ja kysyntä

Kaikkien nimikkeiden yhteenlaskettu keskimääräinen päiväkulutus nousi vertailujakson 209 kappaleesta pilottivaiheen 428 kappaleeseen. Keskivarasto puolestaan nousi 3764 kappaleesta 4478 kappaleeseen. Kysyntä kasvoi siis 105 % samalla kun keskivaraston suuruus nousi 18,9 %.

Varaston arvon muutos on avattu taulukossa 21. Kuten nähdään, ei varaston arvo kasvanut samassa suhteessa varastotason nousuun verrattuna. Tämä selittyy sillä, että suuremman volyymin sekä hinnan tuotteet kiersivät tässä tapauksessa paremmin kuin matalamman volyymin ja hinnan tuotteet. Tapauskohtaisesti hyvin matalan hinnan ja pienen koon nimikkeillä on ollut käsittelyjen puolestakin oikeutettua toimittaa niitä suuremmissa toimituserissä.

**Taulukko 21** Varaston arvon muutos

| | Varaston arvo € | Muutos |
|---|---|---|
| **Vertailu** | 5 333 € | |
| **Kanban** | 5 503 € | +3,2 % |
| **Kanban, teoreettinen** | 5 097 € | -4,4 % |

Oleellista on tarkastella kuinka varaston kierto on muuttunut pilotin aikana. Tämä on esitetty taulukossa 22. Varaston kierto on laskettu kappalemäärien perusteella. Toinen vaihtoehto on laskea varaston kierto keskivaraston arvon ja kulutuksen ostohintojen mukaan, joka on kuvattuna taulukossa 23. Vuosikulutus on laskettu pilotin aikana olleen keskikulutuksen perusteella. Varaston kierto antaa tarkan kuvan siitä, kuinka kanban pärjäsi varastotasojen puolesta.

**Taulukko 22** Varaston kierrot, kappalemääräinen

| Taulukko | päiväkysyntä | keskivarasto (kpl) | varaston kierto |
|---|---|---|---|
| **Vertailu** | 209 | 3764 | 14,8 |
| **Kanban pilotti** | 428 | 4478 | 25,8 |
| **Kanban, teoreettinen** | 428 | 3928 | 29,4 |

**Taulukko 23** Varaston kierrot hankintahintojen mukaan

| Taulukko | Vuosikysyntä € | keskivarasto € | varaston kierto |
|---|---|---|---|
| **Vertailu** | 91 952 € | 5 333 € | 17,2 |
| **Kanban pilotti** | 190 908 € | 5 503 € | 34,7 |
| **Kanban, teoreettinen** | 190 908 € | 5 097 € | 37,5 |

Tarkastelemalla varastonkiertoja havaitaan, että pilotin aikana varastonkierto kasvoi laskentatavasta riippuen hyvin paljon. Kappalekohtaisessa laskennassa nousu oli 74,3 % ja arvon mukaan lasketussa jopa 102 %. Ilman aikaisemmin mainittuja varmuuden vuoksi lisättyjä kortteja, olisi tämä ero ollut vieläkin suurempi. Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että pilottivaihe ylitti odotukset varastotasojen suhteen. Lisäksi kehitykselle on vielä tilaa optimoimalla nimikkeiden kortit vastaamaan todellista tarvetta, jonka myötä laskettu teoreettinen kierto olisi saavutettavissa. Myös toimituserien kappalemäärät tulee arvioida

uudelleen, jotta kunkin laatikon sisältämä kappalemäärä saataisiin paremmin optimoitua. Tämä edellyttää osalle nimikkeistä yhä pienempien laatikoiden hankkimista.

Tavoitteeksi näiden toimenpiteiden jälkeen on nostaa jokaisen tuotteen varaston kierto kuuteenkymmeneen. Tämä on realistinen tavoite ja jo pilottijaksolla osan nimikkeiden varaston kierto nousi yli tämän rajan. Kyseinen muutos tarkoittaisi varaston kierron olevan lähes neljä kertaa nopeampi verrattuna nyt varastoitavien A-nimikkeiden keskiarvoon.

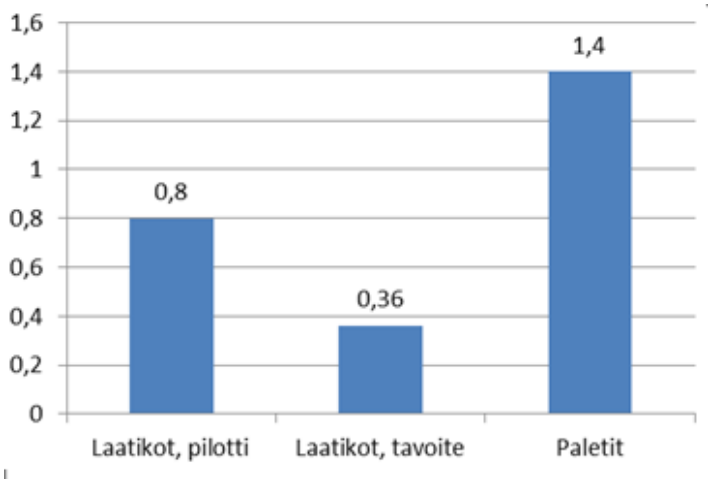
### 5.2.3 Tilan kulutus

Myös oleellinen tarkasteltava asia on, kuinka laatikoiden käyttäminen vaikutti varastotilan kulutukseen. Tässä vertailukohtana ei käytetä materiaalitarvelaskentaa, sillä näiden vertailu ei ole mielekästä tilan kulutuksen puolesta. Vertailukohtana ovat varastohyllyillä paleteissa varastointi ja aikaisemmin kuvissa 18 ja 19 esitetty läpivirtaushylly, jossa laatikoita säilytetään.

Yhden varastohyllykön viemä pinta-ala on 16m$^2$, joka kattaa sekä hyllyn suoraan viemän tilan sekä sen ympäristön vaatiman tilan, jonka ihmisten ja trukkien liike vaatii. Tällaiselle hyllylle mahtuu yhteensä 20 palettia nimikkeitä. Täten yhden paletin viemä pinta-ala on 0,8m$^2$. Tarkastelemalla paleteilla toimitettavia nimikkeitä, nähdään että nimikkeitä oli keskimäärin 1,8 palettia varastoissa. Tästä laskettiin arvio jonka mukaan yksi paleteilla toimitettava nimike vie 1,4 m$^2$ tilaa varastossa.

Laatikkonimikkeille rakennetun läpivirtaushyllyn hyllyjako tehtiin siten, että kullekin hyllylle mahtuisi L-koon laatikko. Läpivirtaushyllyn lisäksi jouduttiin sen molemmille puolille ottamaan kaksi erillistä hyllykköä, joihin molempiin varastoitiin yhteensä 7 nimikettä. Kokonaisuudessaan nämä hyllyköt veivät 16 m$^2$ lattiatilaa. Myös tähän laskettiin hyllyn viemän tilan lisäksi tila, jota hyllyjen sujuva käyttö vaati. Tästä laskemalla saatiin tämän kokonaisuuden viemäksi tilaksi yhtä nimikettä kohti 0,8m$^2$. Erona paletteihin on, ettei nimikkeitä tarvitse varastoida useammalle varastopaikalle, vaan kaikki nimikkeen laatikot menevät niille varatuille kiinteille paikoilleen. Laatikot siirtyvät kuitenkin pian kaikki M-koon laatikkoihin, joka mahdollistaa läpivirtaushyllyn hyllyvälien madaltamisen

siten, että kaikki nämä 20 nimikettä mahtuisivat yhteen läpivirtaushyllyyn. Tällöin esimerkkinimikkeiden vaatima pinta-ala nimikettä kohden laskisi 0,4 $m^2$:iin. Nämä luvut ovat esitettynä kuvassa 28.




**Kuva 28** Tilan kulutus

Tällaisten läpivirtaushyllyjen hyödyntäminen auttaa selvästi säästämään tilaa varastoissa. Huomioitava on myös, että tällaiset hyllyt eivät vaadi trukkia tai muuta apuvälineitä hyllyttämiseen eikä keräilyyn. On myös mahdollista käyttää sekä läpivirtaushyllyjä että perinteisiä varastohyllyjä yhdessä. Tällöin läpivirtaushyllykön yläpuolella voitaisiin pitää varastohyllyjä, jolloin tilan käyttäminen saataisiin entisestään hyödynnettyä.

### 5.2.5 Loppupäätelmät kanban-pilotista

Kanban-pilotin tulokset olivat varastoinnin tunnuslukujen puolesta erittäin lupaavia. Vaikka nämä tunnusluvut kehittyivät huomattavasti verrattuna vertailuajanjaksoon, jolloin käytettiin materiaalitarvelaskentaa, on otettava huomioon tekijät jotka ajoivat näihin parannuksiin. Näitä tarkastelemalla vältetään liian suorilta johtopäätöksiltä näiden toimintatapojen välillä.

Kanbanin ympärille rakennettiin ympäristö joka sisälsi pienet toimituserät, lyhyet toimitusajat sekä kontrolloidumpi prosessi varastoinnin suhteen. Näistä lyhyet toimitusajat olivat ero vertailuajankohdan ja kanban-pilotin välillä. Tärkeä seikka on selvittää miksi kanban suoriutui huomattavasti paremmin.

Suuri ero materiaalitarvelaskentaan nähden aiheutti hämmennystä, sillä oletuksena oli sen yltäminen parempiin varaston tunnuslukuihin. Tämän ajatuksen taustalla on pidettävien varastojen riiton tarve. Tämä perustuu siihen, että materiaalitarvelaskennan avulla kutakin materiaalia tilattaisiin aina kattamaan 2-3 päivän tarve. Tiistaina saapuva toimitus kattaisi kysynnän torstaihin asti, eli kahdelle päivälle ja torstaina saapuva toimitus puolestaan kattaisi kysynnän tiistaihin asti, eli kolmelle päivälle. Nämä tilaukset kyettäisiin tekemään materiaalivarausten kautta ja täten tilaamaan kullekin ajanjaksolle täsmällinen tarve kutakin nimikettä. Kanban-tilausmenetelmässä puolestaan joudutaan varautumaan viiden päivän toimitusaikaan, ja tämän ajan perusteella tulee myös suunnitella kanbanien määrä ja täten varastot.

Syy materiaalitarvelaskennan heikkoon pärjäämiseen kanbaniin nähden johtui nimiketietojen heikosta optimoinnista. Nimikkeille oli asetettu tarpeiden yhdistelyjaksoksi seitsemän päivää, eli enemmän kuin toimitusten puolesta oli tarpeellista. Tarpeiden yhdistelyjakson laskemisella kolmeen päivään, kyettäisiin varastotasoja laskemaan huomattavasti verrattuna kolmen kuukauden vertailujaksoon.

Materiaalitarvelaskenta tarjoa myös puolestaan tehokkaan mukautumisen kysynnän vaihteluihin, joka tapahtuu automaattisesti. Kanban puolestaan vaatii jatkuvaa manuaalista työtä kysynnän muutosten tarkkailussa ja tämän myötä viikoittain tehtävää kanban-korttien tarpeiden uudelleen arviointia.

Suuri riski kanbaneiden kautta tehdyissä tilauksissa on inhimilliset virheet. Näistä kaksi selvää liittyy korttien säätämiseen sekä niiden skannauksella tilaamiseen. Tilausten tekemisessä on aina riski, että sen tekeminen unohtuu, jolloin päädytään materiaalihukkaan ja linjan pysähtymiseen. Myös korttien skannauksen aikana voi käydä virhe, jolloin

skannaamaton kortti oletetaan skannatuksi. Tällöin yhdenkin laatikon puuttuminen toimituksesta johtaa helposti linjan seisahtumiseen.

Kanbanin ympärille luotu toimintaympäristö on tuonut selkeitä etuja ja joita tulee vielä jatkojalostaa. Kuitenkin nähdään että materiaalitarvelaskenta poistaisi inhimillisten virheiden mahdollisuuksia sekä tarpeen jatkuvaan kysynnän tarkasteluun. Lyhyiden toimitusaikojen puolesta tilaukset pystytään kohdistamaan lähipäiville, jolloin tuotannossa ei juuri tapahdu muutoksia, jotka vaikuttaisivat nimikkeiden kysyntään eteenkään A-luokan volyymituotteilla. Tällöin kyetään pitämään työntöohjauksen potentiaaliset ongelmat kurissa. Lisäksi kohdeyrityksessä ollaan ottamassa käyttöön automaattitilaus-toimintoa. Tämän avulla ostoehdotuksista generoituisi automaattisesti ostotilaus. Näin saataisiin tilauksen tekemiseen kuluva aika laskettua käytännössä nollaan. Tämän takia nimikkeiden tilaaminen materiaalitarvelaskennalla ja toiminnan kehittäminen kanbanin edellyttämillä toimenpiteillä nähtäisiin kohdeyritykselle parhaana suuntana näiden nimikkeiden ohjaamisessa.

Ennen tätä tulee kuitenkin kanban kehittää mahdollisimman lähelle optimia, jotta sen täysi potentiaali saadaan mitattua. Tämän jälkeen ehdotetaan, että nimikkeet siirretään takaisin profiiliohjaukseen ja niiden parametrit säädetään tarkemmin. Kummankin toiminnon optimoinnin jälkeen suoritetaan nimikkeille tarkastelujakso, jonka jälkeen verrataan näiden kahden keskeisiä tunnuslukuja uudestaan.

Nimikkeiden siirtämistä laatikoihin tulee laajentaa nopealla tahdilla kattamaan aluksi kaikki saman toimittajan nimikkeet, jotka ominaisuuksien puolesta ovat niihin otollisia. Lisäksi samankaltaista toimintatapaa tulee pyrkiä käyttöönottamaan myös muiden toimittajien kanssa. Varastoinnissa laatikkonimikkeille tulee hyödyntää läpivirtaushyllyjä, jotka yhteiskäytössä perinteisten varastohyllyjen kanssa tehostavat varastoinnin tilankäyttöä ja tehostavat muutosta kaikkien toimintojen siirtämisessä yhteen rakennukseen.

## 5.2 Johtopäätökset setityksen hyödyntämisestä ja toimintatavoista

Tässä kappaleessa vertaillaan eri valupeltien toimitus- ja valmistustapoja, jotka toimivat parhaiten ja näiden pohjalta annetaan ehdotus siitä, kuinka nämä tulisi ohjata tulevaisuudessa. Johtopäätöksissä esitetään sekä kokonaiskustannuslaskelmat valituista malleista sekä arvioidaan toiminnallisia vaikutuksia ja mahdollisia ongelmakohtia.

Johtopäätökset ottavat myös kantaa kuinka pienien toimituserien tilaaminen on kannattavaa toteuttaa kohdeyrityksen tapauksessa. Lisäksi perehdytään lisää imuohjauksen potentiaaliin toimia kärryjen kanssa matalan kulutuksen nimikkeille. Nämä kaksi ovat oleellisia asioita, jotka koskettavat tällä hetkellä suurta määrää nimikkeitä ja niiden ohjausta.

Varastojen siirtyminen toimittajalle on mahdollisista pienerien valmistusmalleista selkeästi kustannustehokkain. Jos samoihin kustannuksiin pyrittäisiin pienerätuotannossa, tulisi toimittajan kyetä tehostamaan huomattavasti eränvaihtokustannuksiaan. Vuoden 2018 perustuvan arvion mukaan tulisi eränvaihtokustannusten laskea 30 eurosta 6 euroon. Tämä tarkoittaisi eränvaihdon kustannusten laskemista viidennekseen.

Nimikkeiden valmistaminen vain tilausten synnyttämiin tarpeisiin poistaa puolestaan puskurivaraston potentiaaliset ongelmat. Näistä oleellisin on mahdollisten tuotemuutosten takia tarpeettomiksi jäävät nimikkeet, joita on varastoitu toimittajan tiloissa. Tällaisissa tapauksissa varastoon jäävät nimikkeet ovat ostajan harteilla. Pahin teoreettinen tilanne on, jos tilanne kävisi kaikille nimikkeille, joista toimittaja pitää varastoa. Jos näitä nimikkeitä varastoitaisiin ja tuotettaisiin kattamaan historiaan perustuva kahden kuukauden kulutus, olisi varaston suurin arvo tällöin 2486€. Tämä riski ei kuitenkaan ole merkittävä, jos sitä verrataan vain tarpeeseen valmistamisen hankintakustannuksiin, jotka olisivat huomattavasti suuremmat vaikka tämä teoreettinen riski toteutuisikin useita kertoja vuodessa.

Tällä hetkellä valulevyjen valmistuksessa parhaaksi nähty tapa olisi siirtää ne toimittajalle varasto-ohjautuviksi nimikkeiksi, josta niitä olisi helppo toimittaa aina tarpeen mukaan. Ainoa pienerien puolesta puhuva tekijä olisi sen toimiminen toimittajan prosessien

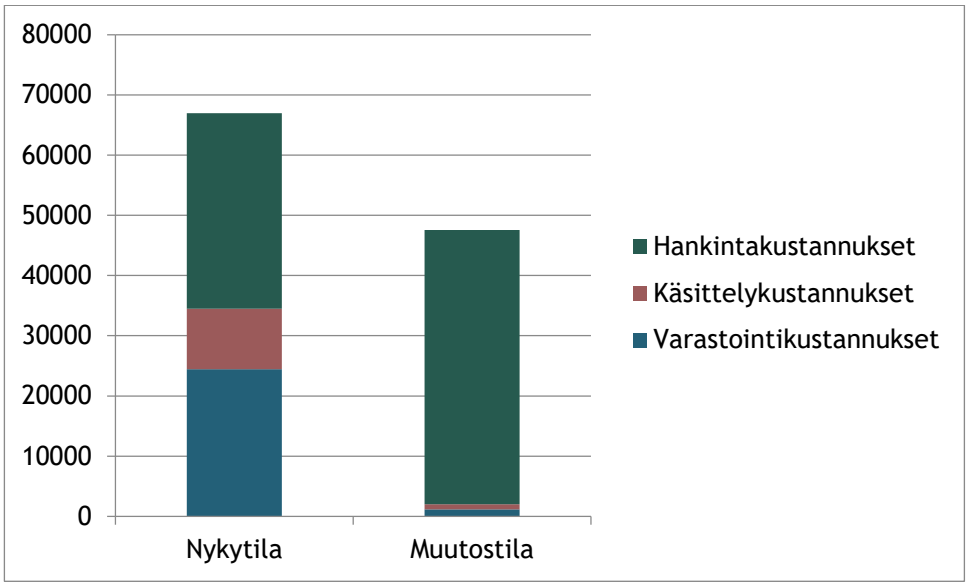
kehityksen ajurina. Toisaalta myös varasto-ohjautuvuus voi ajaa toimittajaa pohtimaan omien prosessien joustavuuden kehityskohteita, jotta varastot saataisiin minimoitua.

Kärryjen ohjaaminen imuohjauksella antoi hyvää hahmotusta siitä, miten nämä kaksi voitaisiin yhdistää matalan kulutuksen tuotteille. Kuitenkaan tässä tapauksessa ei sen voida nähdä toimivan läheskään yhtä hyvin kuin materiaalitarvelaskentaa. Imuohjaus vaatisi jatkuvasti varautumista suurimman kysynnän mukaan tai vaihtoehtoisesti jatkuvaa tarkkailua kysynnästä ja sen myötä kärryjen määrän säätämistä. Materiaalitarvelaskenta kykenisi päiväkohtaisilla tilauksilla mukauttamaan tarvittavien kärryjen määrän automaattisesti ilman syntyvää lisätyötä. Imuohjaus joutuisi tässä tapauksessa katsomaan tuotantosuunnitelmassa usein kauas eteenpäin, joka altistaisi sen tuotannossa tapahtuvien aikataulujen muutosten myötä syntyville ongelmille. Tällöin jo setitettyjä kärryjä jouduttaisiin mahdollisesti purkamaan ja uudelleen kasaamaan toimittajan tiloissa tai jättämään kohdeyrityksen varastoihin odottamaan tarvetta.

Materiaalitarvelaskennalla päiväkohtaisten tarpeiden tilaaminen olisi huomattavasti kevyempi yrityksen toiminnoille sekä vaatisi vähemmän varastotilaa. Lisäksi lähipäivien tuotantosuunnitelman stabiilius poistaisi toimitusten työntöohjauksen negatiivisia vaikutuksia. Materiaalitarvelaskenta pärjäisi huonommin ainoastaan lisääntyneiden toimitusten myötä syntyvien käsittelyiden kasvussa.

Näiden johtopäätösten puolesta ehdotetaan valulevyjen valmistamiseen sekä toimituksiin seuraavaa mallia. Toimittaja 2 valmistaa näitä levyjä varastoihin varasto-ohjautuvasti, jonka kautta hankintakustannukset saadaan minimoitua. Näistä varastoista kohdeyritys tekee materiaalitarvelaskennan avulla tilaukset kunkin päivän mukaan, jotka toimitetaan valmiiksi setitettyinä kärryissä. Kunkin kärryn toimitus tulee ajoittaa päivää ennen varsinaista tarvetta, jotta kaikki valulevyt ovat heti aamusta saatavilla. Valukoneen alueelle järjestetään tila kahdelle kärrylle sekä A-varastoon selvitetään alue, jossa tarpeen tullessa voidaan säilyttää kolmatta kärryä. Kärryn tyhjentyessä kuljetetaan se odottamaan seuraavan päivän toimitusta ja sen myötä paluukyytiä takaisin toimittajalle.

Tämän toimintatavan kokonaiskustannukset on avattu kuvassa 29. Sen vertailukohtana ovat näiden nimikkeiden nykytila ja sen kokonaiskustannukset. Tarkemmat luvut on esitettynä taulukossa 24. Lisäksi nimikkeiden sitoma pääoma ja varastonkierto ovat kuvattu taulukossa 25.




**Kuva 29** Kokonaiskustannukset

**Taulukko 24** Kokonaiskustannusten erittely

| | Nykytila | Muutostila |
|---|---|---|
| **Varastointikustannukset** | 24 422 € | 1 152 € |
| **Käsittelykustannukset** | 10 050 € | 840 € |
| **Hankintakustannukset** | 32 510 € | 45 566 € |
| **Yhteensä** | 66 982 € | 47 558 € |

**Taulukko 25** Varaston sitoma pääoma ja kierto

| | Keskivaraston arvo | Varaston kierto |
|---|---|---|
| **Nykytila** | 5983 € | 5,4 |
| **Muutostila** | 227 € | 200,7 |

Ehdotettu muutosmalli tehostaa toimintaa tehtaalla selvästi. Tämän lisäksi kokonaiskustannukset pienenevät. Tämä toimii hyvänä esimerkkinä, kuinka hankintahinta on vain yksi osa kokonaisuutta, eikä siihen tule keskittyä liikaa. On myös huomioitavaa, että tämä toimintatapa tarjoaa myös muita etuja, joita emme tässä työssä lähteneet suuren ennustamiseen liittyvän epävarmuuden takia arvioimaan. Näitä saavutettavissa etuja ovat valun tehokkuuden paraneminen, romutettavien ja vaurioituneiden tuotteiden väheneminen sekä vapautuneen tilan hyödyntäminen joko arvoa tuottavaan toimintaan tai eri hukkien vähentämiseen.

Samanlaista tarkastelua tulee lähteä laajentamaan. Tällainen tapauskohtainen nimikkeiden tarkastelu ja toimintojen järjestely on paljon aikaa ja resursseja kuluttavaa. Tämän vuoksi tulisi priorisoida nimikkeitä, joiden käsittelyssä tai varastonpidossa tiedetään olevan paljon parannettavaa. Näissä tapauksissa käytettävät kärryt voivat olla mitä tahansa kuljetus- ja säilytysratkaisuja, jotka tuovat samoja etuja kuin tämän esimerkin kärry.

Myös nimikkeiden tilaus- ja tuotantoerien arviointi tulee laajentaa mahdollisimman monelle nimikkeelle. Jos kysyntä on pientä mutta tasaista, voi nimikkeiden tilaaminen isommissa erissä olla suotavaa. Näiden nimikkeiden kanssa pieniin eriin siirtyminen ei juuri vaikuttaisi varastoinnin tilan tarpeeseen, sillä tasaisen kysynnän tuotetta on varastossa joka tapauksessa suurin osa ajasta. Tällöin pienten tilauserien tuotanto ja tilaaminen johtaisi hankintakustannusten huomattavaan nousuun tai toimittajan pitämiin puskurivarastoihin, jotka tulisi priorisoida oleellisemmille nimikkeille. Puolestaan nimikkeet, joiden kysyntä on hyvin epäsäännöllistä, tarjoavat paremmat hyödyt siirryttäessä tilaamaan vai tarvetta vastaava määrä. Muita oleellisia muuttujia ovat nimikkeen koko sekä hinta, jotka

vaikuttavat potentiaaliseen varastotilan vapauttamiseen sekä erätuotannon kiinteiden kustannusten aiheuttamaan suhteelliseen hinnan nousuun.

# 6 YHTEENVETO

Työn lähtökohtana oli kehittää lean-filosofian pohjalta logistiikkaa toimittajan ja kohdeyrityksen välillä. Tämän toteuttamiseksi pyrittiin rakentamaan konkreettisia suunnitelmia, jotka vietäisiin mahdollisimman pitkälle toteutukseen. Lopputuloksena toteutettiin kanban-pilotti, jonka pohjalta saatiin konkreettista näkyvyyttä imuohjauksen soveltuvuudessa yrityksen toimintaan. Lisäksi suunniteltiin toimintatapa, jolla valulevyjen ohjaus uudistettiin.

Työn toteutuksena kehitettiin ja rakennettiin toimintatapoja ja näiden myötä analysoitiin lean-filosofian ja sen työkalujen soveltumista kohdeyrityksen toimintaan. Käytännönympäristöön viedyt toimintatavat antoivat vertailukelpoista käytännönkokemusta hyödynnettävistä työkaluista. Lisäksi nämä antoivat alkusysäyksen näiden käytön tulevalle laajentamiselle ja jatkojalostukselle.

Työn alkuun sijoittuva kirjallisuuskatsaus sisälsi teoreettiset viitekehykset, jotka olivat oleellisia muutoskohteiden suunnittelussa ja toteuttamisessa. Kirjallisuuskatsaus käsitti kahdeksan eri osa-aluetta lean-filosofiasta. Näitä hyödynnettiin työn myöhemmissä vaiheissa. Kirjallisuuskatsaus tarjosi syventävää tietoa lean-filosofiasta ja siihen liittyvistä näkökulmista eri koulukuntien välillä.

Työn empiirinen osuus alkoi työn toimintaympäristön analysoinnista. Kohdeyrityksen logistiikan kehitystarpeet saatiin tällä tavalla selvitettyä, jota hyödynnettiin muutostoimenpiteitä rakennettaessa ja valittaessa. Ensimmäinen osa-alue oli kohdeyrityksen materiaalien tilausprosessin ja materiaalihankinnan kuvaaminen. Toinen osa-alue oli varastoinnin nykytilan selvittäminen ja sen kohtaamat ongelmat. Näiden kahden perusteella valittiin UCL-valu tarkasteltavaksi prosessiksi, joka toimi hyvänä kehityskohteena yhdistäen varastonpidon, hankinnan sekä käsittelyjen ongelmakohtia.

Nykytila-analyysin jälkeen rakennettiin muutoskohteet, joiden tarpeet perustuivat sekä kohdeyrityksen esittämiin toiveisiin sekä itse havainnoituihin potentiaalisiin kehityskohteisiin. Nämä kehityskohteet toimivat hyvin eri toimintojen testaamisessa ja

analysoinnissa, jota työllä tavoiteltiin. Lopuksi johtopäätöksissä käytiin läpi muutosehdotusten ja pilotin tulokset ja niiden arvioinnit.

Kehityskohteilla pyrittiin tarjoamaan ratkaisuja yrityksen toiminnassa havainnoituihin ongelmiin. Näistä esiin nousivat varastoinnin kohtaamat haasteet tilan käytössä, nimikkeiden keräilyn tuottamat ongelmat sekä osto-organisaation käyttämät suuret eräkoot, jotka aiheuttivat ongelmia kahdessa ensimmäisessä. Näiden ratkaisemiseksi hyödynnettiin kirjallisuuskatsauksessa esiin tuotuja lean-työkaluja. Nimikkeiden tilaamisessa siirryttiin pienempiin eräkokoihin, jotka ratkaistiin toimittajan pitämillä puskurivarastoilla. Tämä toimintatapa ei ollut kirjallisuudessa esitetty JIT-hankinnan lopullinen päämäärä, jossa varastot poistuisivat sekä toimittajalta että kohdeyritykseltä. Nykyisillä toimittajien eränvaihtokustannuksilla ja prosesseilla tämä havaittiin kummallekin osapuolelle parhaaksi toimintatavaksi.

Pienten tilauseräkokojen myötä siirryttiin hyödyntämään vaihtoehtoisia toimitusmuotoja, kuten laatikoita ja käryjä. Näiden avulla saatiin suunniteltua sekä toteutettua selvää varastoinnin tilan käytön optimointia. Lisäksi ne mahdollistivat hukan poistamista keräilystä sekä liikavarastoinnista.

Imuohjauksen tarkastelu materiaalien hankinnassa oli suuri osa kanban-pilottia sekä sitä tarkasteltiin myös mahdollisena toimintatapana matalamman kysynnän tuotteiden ohjaamisessa. Jälkimmäinen matalan kysynnän tuotteiden ohjaaminen imuohjauksella ei osoittautunut kannattavaksi, mutta sen käyttömahdollisuuksia tulee jatkossa tarkastella muissa samankaltaisissa tilanteissa, joissa suuri määrä pienen kysynnän tuotteita muodostaisi yhteenlaskettuna vakaan kysynnän. Korkean kysynnän A-nimikkeillä puolestaan saavutettiin erinomaiset tulokset varastonkierrossa imuohjausta hyödyntämällä. Tästä huolimatta tultiin lopputulokseen, jonka mukaan kanbanin vaatimien logististen ehtojen täytyttyä, ja niistä saatavien hyötyjen jälkeen, kyettäisiin materiaalitarvelaskennalla ohjaamaan näitä nimikkeitä pienemmin riskein ja matalammin varastotasoin. Näitä kanbanin mukanaan tuomia prosessikehityksiä olivat pienet tilauseräkoot, laatikoiden

hyödyntäminen ja niiden kautta tehokas varastointi sekä lyhyet toimitusajat. Nämä nähtiin tehokkaina muutoksina, joita tulee laajentaa kattamaan suurempaa osaa nimikkeistä.

Tutkimuskysymyksiin saatiin vastattua ja tätä tukemaan kerättiin suuri määrä dataa. Lisäksi kohdeyrityksen toimintoja kartoitettiin monelta osaa ja näiden hyödyntäminen jatkotoimenpiteiden suunnitellussa on kannattavaa.

# LÄHTEET

Axsäter, S. 2015. Inventory Control. New York, Yhdysvallat: Springer-Verlag New York Inc. 268 s.

Baudin, M. 2005. Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods. New York, Yhdysvallat: Taylor & Francis Group. 387 s.

Bozer, Y., McGinnis, L. 1992. Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics.* Vol. 28, nro. 1, s.1-19.

Demeter, K., Matyusz, Z. 2011. The impact of lean practices on inventory turnover. International Journal of Production Economics. Vol. 133, s. 154-163.

Dyer, R. 2016. Kaizen. *Cost Management*. Vol. 30, nro.1, s.19-20.

Faccio, M., Gamberi, M., Persona, A. 2013. Kanban number optimization in a supermarket warehouse feeding a mixed-model assembly system. *International Journal of Production Research,* vol. 51, nro. 10, s.2997-3001.

Jaiprakash Bhamu, Kuldip Singh Sangwan, (2014) "Lean manufacturing: literature review and research issues", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 34 nro 7, s.876-940

Jones, D., Hines, P., Rich, N. 1997. Lean logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.* Vol. 27, nro. 3, s.153-173.

Kattman, B., Corbin, T. P., Larry, E. M., Walsh, L. 2012. Visual workplace practices positively impact business process. *Benchamrking. An International Journal.* Vol. 19, nro. 3. s. 412-530.

Lödding, H. 2003. Handbook of Manufacturing Control. Hampuri, Saksa: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 577 s.

Logistiikan maailma. 2018. JIT (Just-in-Time) ja imuohjaus. [logistiikan Maailma www-sivut] [Lainattu 17.12.2018]. Saatavissa: http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/

Mann, D. 2010. Creating a Lean Culture: tools to sustain lean conversions. New York, Yhdysvallat. Taylor & Francis Group. 296 s

Naylor, J. B., Naim, M. M., Berry, D. 1999. Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*. Vol. 62, s. 107-118.

Plenert, G. 2007. Reinventing Lean. Introducing Lean Management Into the Supply Chain. Butterworth-Heinemann. 303 s.

Saurin, T., Ribeiro, J. & Vidor, G. 2012. A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 31, nro. 3, s. 358-366.

Spearman, M., Woodruff, D., Hopp, W. 1990, CONWIP: A pull alternative to Kanban. *International Journal of Production Research*. Vol. 28, nro. 5, s. 879-894.

Stephen, K. D. 1990. Kaizen. *The Internal Auditor*. Vol. 47, nro. 4. s. 66.

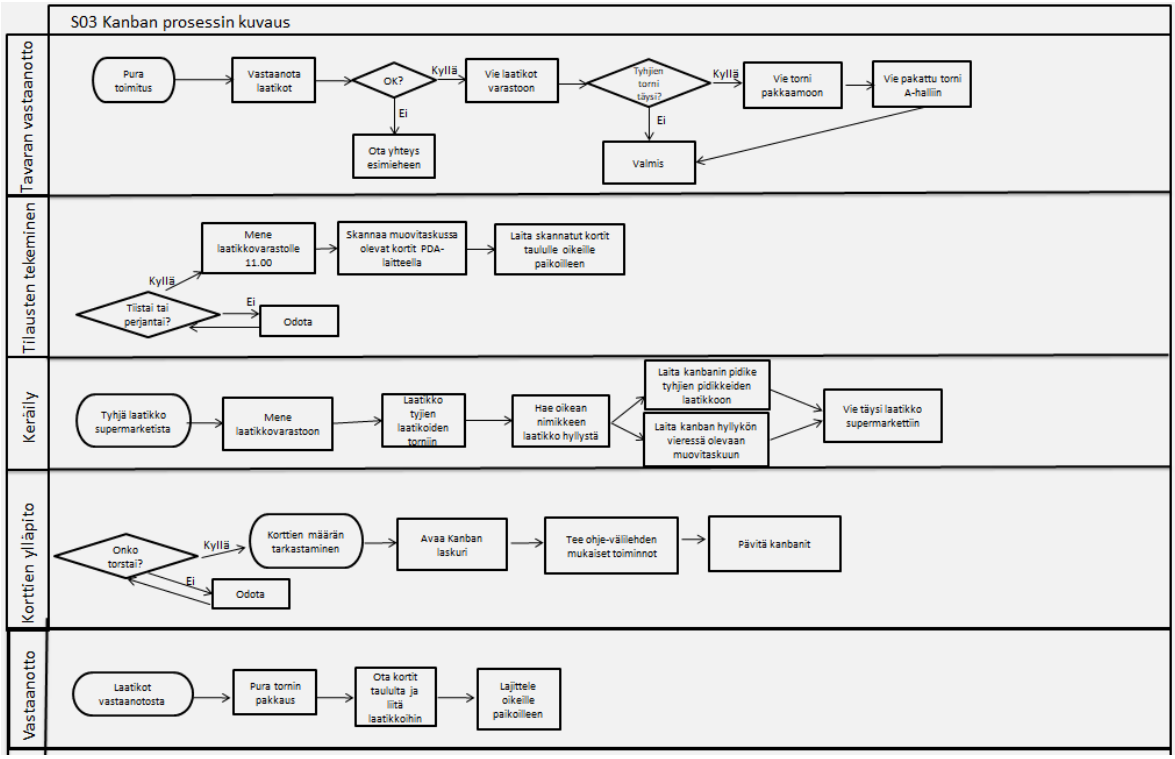
Takahashi, K., Morrikawa, K., Nakamura, N. 2003. Reactive JIT ordering system for changes in the mean and variance of demand. *International Journal of Production Economics*, vol. 92, s.181-196.

Wang, P., Yang, T., Yu, L. 2018. Lean-pull strategy for order scheduling problem in a multi-site semiconductor crystal ingot-pulling manufacturing company. Computers & Industrial Engineering 125. Vol 125, s. 545-562.

Waters-Fuller, N. 1996. Just-in-Time purchasing and supply: a review of the literature. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 15, nro. 9, s. 220-236.

Womacjk, J. P., Jones, D. T. 2003. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schocster. 400 s.

Wum, Y. 2003. Lean manufacturing: a perspective of lean suppliers. *International Journal of Operations & Production Management.* Vol. 23, s.1349-1376.

# LIITTEET

## LIITE 1 Kanban prosessikaavio