

Anna von Hellens

# Komponenttivaraston ja täydennysprosessin kehittäminen

Metso Automation

---

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinööriytyö

13.5.2013

Tekijä Otsikko	Anna von Hellens Komponenttivaraston ja täydennysprosessin kehittäminen
Sivumäärä Aika	41 sivua 13.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Suuntautumisvaihtoehto	Toimitusketjun hallinta ja liiketoiminta
Ohjaajat	logistiikkainsinööri Tuomas Niemelä yliopettaja Antero Putkiranta
<p>Insinööriytyössä kehitettiin Metso Automation yhdistelmäkokoonpanon Stock-valmistusvirran komponenttivarastointia. Työn tavoitteena oli lyhentää keräilyn läpimenoaika sekä alentaa keräilyn kustannuksia vähentämällä ulkopuolisen varastointipalvelujen tarjoajan keräilytapauksien määrää siirtämällä valittu nimikkeistö oman varaston tiloihin.</p> <p>Työssä keskityttiin yhdistelmän varasto-ohjautuviin pääkomponentteihin, jotka pääosin varastoidaan ulkopuolisen palveluntarjoajan varastossa. Yhdistelmäkokoonpanon varastosta oli vapautunut tietty määrä lavapaikkoja, joiden käyttö haluttiin optimoida osana tätä työtä.</p> <p>Työssä analysoitiin nimikkeistöä niiden kulutuksen ja varastoitavuuden osalta ja selvitettiin keräilyn nykytilaa läpimenoajan ja prosessin luotettavuuden osalta.</p> <p>Analyysin seurauksena määriteltiin omaan varastoon siirrettävä nimikkeistö sekä laskettiin varastoitavat määrät niin, että sekä palvelutaso että varaston kierto säilyvät hyvänä. Varastolle kehitettiin helppokäyttöinen ja luotettava kanban-tyyppinen tilausjärjestelmä, jossa täydennysimpulssi perustuu tuotannon todelliseen kulutukseen. Analyysin tulosten perusteella varaston layout muutettiin ja kanban-tilausjärjestelmä otettiin käyttöön.</p> <p>Työn tuloksena Stock-arvovirran keräilyn läpimenoaika lyheni 42 % ja ulkopuolisen palveluntarjoajan keräilytapauksien määrä laski niin ikään 40 %. Osan hyvistä tuloksista selittänee kysynnän aleneminen vertailujaksojen välillä, mutta muiden valmistusvirtojen keräilyn läpimenoaika lyheni samassa vertailussa vain 18 %. Voidaankin tulkita, että varastoinnin ja täydennysperiaatteiden optimointi on osaltaan vaikuttanut näihin molempiin parannuksiin. Tärkeää ja palkitsevaa on ollut myös havaita, että varaston käyttäjät ovat toivoneet lisää nimikkeitä Kanban-tilausjärjestelmän piiriin. Käyttäjien tyytyväisyys auttaa ylläpitämään toimivaa varastoa ja lisäksi luomaan jatkokehitykselle avointa ilmapiiriä.</p>	
Avainsanat	Kanban, Lean, imuohjaus, JIT, ABC-analyysi, keräily, varastointi

Author Title	Anna von Hellens Optimizing component stock and ordering principles
Number of Pages Date	41 pages 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management
Specialisation option	Supply Chain Management and Business
Instructors	Antero Putkiranta, Principal Lecturer Tuomas Niemelä, Logistics Engineer
<p>The purpose of this study was to improve warehousing policies of selected stock components. The study was made for Metso Automation Flow Control's "Stock Stream", and focused on the supply center's warehouse that stores all components for final unit assembly. The aim of this study was to shorten the picking lead time of the final assembly unit and to reduce picking costs by reducing stock transactions made by the external warehousing partner by means of moving selected components to the supply center's own warehouse.</p> <p>The study focused on the main components that were bought as finished products and mainly stored in the premises of the external warehousing partner. There was storage space released from the supply center's own warehouse and thus the objective of this study was to effectively utilize this space.</p> <p>The scope of the study was to analyze the main components regarding demand and physical storing properties. Also the current state of the picking lead time and process reliability was investigated and analyzed.</p> <p>The item selection that would be transferred to the company's own warehouse and the stock levels were determined based on the analysis, taking into account the service level and stock turnover rate. A reliable and easy-to-use kanban order system was developed based the on pull of the subsequent process. An order impulse will be generated solely as a result of true consumption. The warehouse layout was designed and implemented together and the kanban-type order system was taken into use.</p> <p>As a result of the study the picking lead time was reduced by 42 % and the stock transactions of the external warehousing partner were reduced likewise by 40 %. Part of the good results can be explained by the demand reduction during the follow-up period. However the picking lead time of other value streams that didn't benefit as much from the warehousing changes was reduced only by 18 % in a similar time period. Hence it can be interpreted that the warehouse and ordering practices optimization has had an impact on both lead time and quantity of transactions reduction. It has been very rewarding that the kanban system was positively accepted by the warehouse personnel and more items have been added to the system by their request. The atmosphere was positive and conversational throughout the whole study leaving a good platform for further development.</p>	
Keywords	Kanban, Lean, Pull System, JIT, warehousing, ABC-analysis

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn lähtökohdat ja tausta	2
	Työn tavoite	5
	Työn rajaus	5
	Työn toteutus	5
2	Työn teoriatausta	7
2.1	Tilaus-toimitusketju ja logistinen prosessi	7
2.2	Lean-filosofia	8
2.3	Pareto-periaate ja ABC-analyysi	12
2.4	Just-in-Time eli JIT	15
2.5	Imuohjaus	16
2.6	Kanban	17
2.7	Varastotoiminnot, layout ja materiaalinkäsittely	20
2.8	Pohdintaa teoriataustasta	22
3	Varaston optimointi ja täydennysprosessin kehittäminen	23
3.1	Lähtötilanne	23
3.2	Tuotteistoanalyysi	24
3.3	Täydennysmenetelmän valinta	26
3.4	Kanban-laskenta	26
3.5	Kanban-tilausjärjestelmä	28
3.6	Minimitilauspistejärjestelmä	30

3.7	Tilaamiskäytännöt	31
3.8	Varaston layout, toiminnallisuus ja muutostyöt	32
4	Työn tulosten arviointi	34
5	Johtopäätökset	39
	Lähteet	41

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on analysoida ja kehittää Metso Automationin yhdistelmäkokoonpanon pääkomponenttivarastoa ja varaston täydennysperiaatteita. Lähtötilanteessa pääkomponentit varastoidaan ja keräillään suurelta osin ulkopuolisen varastointipalvelujentarjoajan tiloissa ja keräily suoritetaan kumppanin toimesta. Yksittäiskeräykset sekä komponenttien tilaus ja liikuttelu tuovat sekä turhia kustannuksia että pidentävät keräilyn läpimenoaikaa. Insinööriyö tehdään Stock-arvovirralle, jonka toimitusaikalupaus asiakkaalle on kaikista tehtaan arvovirroista lyhyin. Tämä luo lisäpainetta keräilyn läpimenoaikojen lyhentämisen kehittämiseen ja keräilyprosessin luotettavuuden parantamiseen.

Työn tarkoituksena on vähentää keräilytapahtumien määrää ja lyhentää keräilyprosessin läpimenoaikaa siirtämällä pääkomponenttien käyttövarastoa yhdistelmäkokoonpanon omiin varastotiloihin. Varastosta oli vapautunut tietty määrä lavapaikkoja, jotka haluttiin tehokkaaseen käyttöön. Insinööriyössä analysoidaan pääkomponenttituotteisto, etsitään suurimman kysynnän omaavat ja helposti varastoitavat tuotteet sekä määritetään analyysin perusteella omaan varastoon siirrettävä tuotevalikoima ja kehitetään imuohjaukseen pohjautuva tilausjärjestelmä.

Tässä luvussa kerrotaan insinööriyön kohdeyrityksestä, taustoista ja prosessin lähtötilanteesta, työn tavoitteista, rajauksesta ja toteutustavasta. Toisessa luvussa kuvataan työn teoriataustaa. Teoriataustassa käsitellään ensin yleisellä tasolla tilaus-toimitusketjua ja logistista prosessia sekä Leania, jonka mukainen ajatusmaailma on ollut työn perustana. Teoriaosuudessa kuvataan tarkemmin työssä konkreettisemmin hyödynnettyä ABC-analyysiä ja Pareto-periaatetta sekä imuohjausta, Just-In-Timea ja Kanbania. Varaston layout-suunnittelua, varaston toiminnallisuutta ja varaston materiaalivirtoja käsitellään myös lyhyesti.

Kolmannessa luvussa kuvataan työn toteuttamisvaiheita ja neljännessä arvioidaan saavutettuja tuloksia. Viidennessä luvussa on työn pohjalta tehdyt johtopäätökset ja jatkoehdotukset ja viimeisessä luvussa on yhteenveto tehdystä työstä.

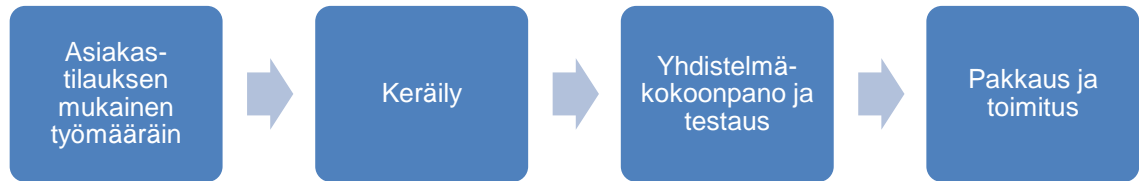
## 1.1 Työn lähtökohdat ja tausta

Insinööriytyö tehdään Metso Automationille. Metso Automation on Metso-konserniin kuuluva liiketoiminta-alue, joka keskittyy prosessiteollisuuden automaatio- ja säätöratkaisuihin. Automation jakautuu kolmeen liiketoimintalinjaan: prosessiautomaatiojärjestelmät (Process Automation Systems), virtauksensäätöratkaisut (Flow Control) ja palvelut (Services). Insinööriytyö tehdään Flow Controlin Vantaan Hakkilan tuotantoyksikölle, joka valmistaa virtauksensäätöratkaisuja prosessiteollisuudelle. Flow Controlin pääasiakkaat toimivat energiatuotanto-, hiilivety-, sellu- ja paperiteollisuudessa. Päätuotteita ovat venttiilit, toimilaitteet, asennoittimet ja rajakytkimet. Hakkilan tehtaassa valmistus kattaa venttiilien osien koneistuksen sekä venttiilien, toimilaitteiden ja asennoittimien kokoonpanon. Näistä päätuotteista kootaan tilauskohtaisia venttiiliyhdistelmiä kuvan 1 mukaisesti. Insinööriytyö keskittyy venttiiliyhdistelmäkokoonpanon varastotoimintoihin.



Kuva 1. Metso Automationin venttiiliyhdistelmä.

Metso Automationin yhdistelmätuotanto on jaettu kolmeen arvovirtaan: Stock, ATO ja Special. Stock-arvovirrassa yhdistelmä kootaan pääosin varastoitavista valmiista pääkomponenteista kuvan 2 mukaisesti. ATO-arvovirrassa yhdistelmä koostuu komponenteista, joiden osat ovat varastoitavia tuotteita. ATO-virrassa pääkomponentit kokoonpannaan Vantaan tehtaalla tilauskohtaisesti. Special-arvovirrassa pääkomponenteissa on tilaukselle ostettavia osia tai erikoisia tilauskohtaisia vaatimuksia. ATO- ja Special-virtojen läpimenoajat ovat selvästi pidempiä kuin Stock-virran.



Kuva 2. Stock-arvovirran valmistusprosessi.

Insinööriyössä tarkastellaan Stock-arvovirtaa. Stock-tuotannon toimitusaika on lyhyimmillään kokonaisuudessaan kaksi viikkoa, josta yhdistelmäkokoonpanolle ja pakkaamiselle on varattu viikko. Toinen viikko on varattu tilauksen käsittelylle ja tuotannon suunnittelulle. Lyhyt läpimenoaikalupaus luo painetta prosessin läpimenoaikojen kehittämiseen ja luotettavuuden parantamiseen kaikissa prosessin vaiheissa. Insinööriyössä keskitytään logistiikkatoimintojen läpimenoaikojen lyhentämiseen.

#### Prosessin lähtötilanne

Stock-arvovirran pääkomponenteista venttiilit ja toimilaitteet hankitaan suurimmalta osin Metson Kiinan tehtaalta. Tuotteita varastoidaan pääasiassa Vantaan tehtaan vieressä sijaitsevan varastointi- ja keräilypalveluja tarjoavan kumppanin tiloissa. Lähtötilanteessa osaa päävarastokomponenteista varastoitettiin myös yhdistelmäkokoonpanon tiloissa, mutta tuotteita tai niiden varastopaikkojen määrää ei ollut suunniteltu menekin perusteella. Lisäksi komponentteja oli usein joko liikaa tai ei ollenkaan, sillä täydennystilauksiin ei ollut sovittua järjestelmää, vaan tilaaminen perustui varastohenkilöstön arviointikykyyn eikä läpinäkyvyyttä täydennystilausten statuksiin ollut. Keräilijöillä oli myös kirjavat käytännöt siihen, tehdäänkö keräily omasta vai kumppanin varastosta. Toimintaan ei ollut selviä pelisääntöjä ja varaston palvelutaso oli vaihteleva.

Käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä asetti omat reunaehdonsa kehittämislle. Järjestelmän rajoitteiden vuoksi pääkomponenttien varastopaikkaa ei ollut järkevä muuttaa tehtaan todellisille varastopaikoille komponenttien allokointisperiaatteiden vuoksi, jolloin saldotiedoissa komponentit jäivät kumppanin tiloihin. Tämän vuoksi mitään järjestelmäsidoista, kuten tilauspisteeseen perustuvaa tilaustapaa, olisi ollut



hankala ottaa käyttöön. Lisäksi järjestelmää ei ole integroitu varastopalvelujen tarjoajan järjestelmän kanssa.

Ulkopuolisen varastopalvelujen tarjoaja suoritti lähtötilanteessa suurimman osan keräilyistä rivikohtaisesti, mikä tarkoitti sitä, että kumppani kerää omissa tiloissaan olevat komponentit osana yksittäisen yhdistelmän keräilylistaa. Keräilyn kustannus on rivikohtainen, jolloin pääosa keräilyistä oli yksittäiskeräyksiä lavakohtaisten keräilyjen sijaan. Lisäksi Stock-arvovirran tuotteet painottuvat edullisempiin komponentteihin, jolloin keräilyn kustannusten osuus kokonaiskustannuksista nousee helposti liian korkeaksi. Insinööriyön tavoitteena on siirtää yksittäiskeräilyä omaan varastoon, jolloin kumppanin osuus painottuisi suurempimennekkisten komponenttien osalta lavakeräilyyn. Lavakeräilyssä kustannus saataisiin näin jakautumaan useammalle tuotteelle.

Lähtötilanteessa suurimpaan osaan yhdistelmäkeräilyistä sisältyi ulkopuolisen kumppanin keräilyosuus, mikä osaltaan hankaloittaa keräilyn hallintaa. Kuvassa 3 havainnollistetaan prosessin lähtötilanne. Kumppanin keräily väistämättä lisää keräilyn läpimenoaikaa, jolloin tuotannon laadukas palveleminen edellyttää suurempia valmiiden keräilyjen puskurivarastoja, koska kyky reagoida nopeasti tuotannon tarpeisiin on heikko. Tarvetta reagoinnille on, sillä tuotannon päivittäiskuormaa ei voida kovin tarkkaan suunnitella, koska tuotannon vaiheajojen paikkansapitävyys toiminnanohjausjärjestelmässä ei ole riittävällä tasolla. Lisäksi vaiheajat vaihtelevat yhdistelmien tilauskohtaisten eroavuuksien vuoksi, liittyen muun muassa pääkomponenttien kokoon ja eri instrumentointivalintoihin. Vaihtelevat tuotannon vaiheajat ja heikko ennustettavuus lisäävät tarvetta nopealle kyvyllä täydentää keräilypuskuria. Myös pitkistä läpimenoajasta aiheutuva keskeneräisten töiden pitkä jono vaikeuttaa mahdollisten valmistusjärjestyksen tai prioriteetin muutosten hallintaa. Lyhyemmillä läpimenoajoilla ja oman kokonaisvastuun osuuden kasvattamisella tavoitellaan joustavampaa toimintaa, kun muuttuneisiin tilanteisiin voitaisiin reagoida nopeammin.



Kuva 3. Keräilyn prosessi lähtötilanteessa

### Työn tavoite

Insinööriyön tavoitteena on lyhentää keräilyn läpimenoaikaa ja vähentää kumppanin suorittamien keräilytapahtumien määrää siirtämällä pääkomponenttien varastoa omiin tiloihin. Tavoitteena on luoda mahdollisimman kattava hyvän palveluasteen omaava pääkomponenttivalikoima, joka hyödyntäisi tehokkaasti vapautuneet varastopaikat. Varaston haluttiin olevan helppokäyttöinen ja selkeä. Tavoitteena on lisäksi vakioida varaston maksimikoko ja kehittää toimiva ja helppokäyttöinen tilausjärjestelmä, joka on mahdollisimman visuaalinen. Tilausjärjestelmän haluttiin perustuvan todelliseen kulu- tukseen eli tuotannon imuun. Tavoitteena on myös saada varastohenkilöstöä osallis- tumaan nimikkeistön valintaan, varaston suunnitteluun ja muutostöihin, jotta uuden toimintamallin käyttöönotto olisi sujuvaa.

### Työn rajaus

Insinööriyö rajattiin koskemaan varastovalikoimassa olevia venttiileitä ja toimilaitteita. Työhön sisällytettiin datankeruu, analysointi, suunnittelu ja toteutus- ja käyttöönottovai- he sekä muutosten onnistumisen todentaminen. Työn edetessä kanban- tilausjärjestelmän piiriin lisättiin myös suuren kulutuksen omaavat liitososapalkit varas- tohenkilöstön pyynnöstä.

### Työn toteutus

Insinööriyö toteutettiin vuoden 2012 kesän aikana, ja tulosten onnistumista arvioitiin vuoden lopulla. Työn alussa kerättiin lähtötietoa toiminnanohjausjärjestelmän raporteis- ta tuotteiden kysynnän ja sen vaihtelun suhteen. Lisäksi hyödynnettiin keväällä 2012 tehdyn tarkemman lomakepohjaisen keräilyn läpimenoaikojen seurannan tuloksia, jois-

sa selvisi, miten kumppanin keräilyn osuus vaikuttaa läpimenoaikaan ja kuinka suuressa osassa keräilyjä kumppania käytetään. Tarkempi tieto oli hyödyllistä lähtötilanteen analysoimiseksi, sillä toiminnanohjausjärjestelmästä saadaan ainoastaan keräilyn kokonaiskesto (keräilylistan tulostamisesta keräilyn valmistumiseen), eikä tarkkaa tietoa siitä, mihin keräilyriveihin sisältyy kumppanin osuus. Tuotteiden varastointiyksiköistä kerättiin tietoa havainnoimalla ja haastatteleamalla (mm. kuinka monta kappaletta laval-la, minkä painoisia/ovatko käsin kerättäviä, minkälaiseen lavaväliin mahtuu). Varastolayout suunniteltiin analyysin tulosten pohjalta.

## 2 Työn teoriatausta

### 2.1 Tilaus-toimitusketju ja logistinen prosessi

Tilaus-toimitusketju on Watersin (2009: 15) mukaan tapahtumien ketju, jonka tavoitteena on täyttää asiakkaan tarpeet. Sakin (1999: 20) määritelmässä tilaus-toimitusketju on useamman tavaroita tai palveluita toimittavan yrityksen ketju, joka yhtyy asiakasyrityksen prosesseihin. Tilaus-toimitusketjua kutsutaan myös logistiseksi verkostoksi. Tilaus-toimitusketjussa hankitaan materiaaleja, jalostetaan niitä tuotteiksi, varastoidaan materiaaleja ja valmiita tuotteita sekä toimitetaan valmiit tuotteet asiakkaalle tai jakelijoiden varastoon. Tilaus-toimitusketjun eri tekijöitä ovat toimittajat, valmistusyksiköt, varastot, jakelukeskukset, vähittäiskaupat sekä raaka-aineet, keskeneräinen tuotanto ja valmiit tuotteet, jotka virtaavat ketjussa. (Simchi-Levi, Kaminsky & Simchi-Levi 2003: 1.)

Tilaus-toimitusketjun tehtävänä on kuroa kiinni toimittajien ja asiakkaiden välinen kuilu asiakastarpeiden täyttämiseksi. Kuilut voivat liittyä sijaintiin, aikaan, määriin, valikoimaan ja tietoon. Näiden kuilujen ylittämiseksi tarvitaan tilaus-toimitusketjun hallintaa, jonka päämääränä on tyytyväinen asiakas. Tilaus-toimitusketjujen hallinnassa on useampi taso. Strategisella tasolla tehdään päätöksiä, joilla on pitkäkestoiset vaikutukset, kuten valmistusyksiköiden ja varastojen määrää, sijaintiin ja kapasiteettiin liittyvät linjaukset. Taktisella tasolla tehdään kvartaali- tai vuosisykleittäin tapahtuvia päätöksiä liittyen hankintaan ja valmistukseen, varastopolitiikkaan ja kuljetusstrategioihin. Operatiivisella tasolla tehdään päätöksiä liittyen tuotantosuunnitelmiin, aikataulutukseen, reititykseen ja toimituksiin. (Waters 2009: 15, Simchi-Levi, Kaminsky & Simchi-Levi 2003: 8–9.)

Perinteisiä tilaus-toimitusketjun korkeatasoisen suorituskyvyn ominaisuuksia ovat nopeat toimitukset, matalat varastotasot, alhainen kustannustaso, nopeat vasteajat, joustavuus, virheettömät toimitukset, pieni hävikki, korkea tuottavuus ja tyytyväinen henkilöstö. Tärkeintä on kuitenkin löytää juuri ne tilaus-toimitusketjun ominaispiirteet, jotka tyydyttävät asiakastarpeen. Logistinen verkosto palvelee ensisijaisesti asiakasta. On myös huomioitava, että lopputuotteen arvo syntyy tilaus-toimitusketjun kaikkien vaiheiden seurauksena. Toimitusketjun eri tekijöiden yhteispeli ja integraatio ovat tärkeässä roolissa kokonaistoiminnan kehittämiseksi. Koko ketjun lopputulos ei parane optimoimalla osasia ja siirtämällä kustannuksia ketjun yhdestä osasta toiseen. Yrityksen menestyminen riippuukin siitä, kuinka hyvin yritys pystyy näkemään tilaus-toimitusketjun

kokonaisuutena ja optimoimaan koko arvoketjua ja samalla vastaamaan asiakkaan odotuksiin. (Waters 2009: 15–16, Sakki 1999: 20–21.)

## 2.2 Lean-filosofia

Työn taustalla on vahvasti Lean-filosofia. Metso Automationilla on sovellettu Lean-menetelmiä jo muutaman vuoden ajan, minkä vuoksi myös tämän insinööriyön haluttiin liittyvän hukkan poistamiseen ja virtauksen parantamiseen.

Lean on kehitysfilosofia, joka pohjautuu Toyotan autotehtaiden tuotantomenetelmiin, Toyota Production Systemiin. Leanin kantavia ajatuksia ovat keskittyminen asiakasarvon ymmärtämiseen ja sen tuottamiseen, hukkan poistaminen kaikilta organisaation alueilta, tuotannon virtaus, resurssien oikea mitoittaminen, työn standardointi ja jatkuvan parantamisen mahdollistaminen. Asiakasarvon ymmärtäminen on tärkeää, jotta voidaan keskittyä kaiken arvoa tuottamattoman eli hukkan poistamiseen. Leanin filosofia ulottuu koko tilaus-toimitusketjuun ja sen mukaan koko organisaatiota, tuotekehityksestä valmistukseen, toimituksiin, ja asiakassuhteisiin, tulisi johtaa niin, että tuotteet olisivat laadukkaita ja täyttäisivät asiakastarpeen vähemmällä henkilöstö- ja materiaali-resursseilla, vähemmässä ajassa, pienemmissä tiloissa ja alhaisemmin kustannuksin. (Kerber & Dreckshage 2011: 5). Tutkimusten mukaan Lean-yritykset tekevätkin ”enemmän vähemmällä”. Lean-yrityksissä onkin siis pienemmät varastotasot, rajattu toimittajamäärä, korkealaatuisemmat tuotteet ja vähemmän työtapaturmia kuin niin sanotuissa perinteisissä massatuotantoyrityksissä. Lisäksi Lean-yritysten organisatorakenne on matala ja joustava, jossa yksilöiden aloitteellisuuteen rohkaistaan ja tiedonkulun avoimuuteen keskitytään. Työn standardointi, ongelmanratkaisutaidot sekä kokeellisuus ovat myös Lean-yrityksissä keskiössä. (Sayer & Williams 2012: 10–11.)

### Arvon tunnistaminen ja jatkuva parantaminen

Leanin keskeisiä ajatuksia on arvon tunnistaminen eli se mikä tilaus-toimitusketjussa on sellaista, mikä tuottaa asiakkaalle todellista arvoa. Arvo käsitetään useimmiten niiksi toiminnoiksi, josta asiakas on valmis maksamaan ja ominaisuuksiksi, joihin asiakas perustaa valintansa. Arvovirtojen analysoimisen seurauksena päädytään useimmiten ryhmittelemään toimintoja kolmeen ryhmään: todellista arvoa tuottavat toiminnot, arvoa tuottamattomat, mutta välttämättömät sekä arvoa tuottamattomat. Arvovirta-analyysi on

hyvä tehdä ennen kuin kehitystoimenpiteitä kohdennetaan, jotta tehdään oikeita asioita. Leanissä osana arvon ymmärtämistä korostetaan asiakkuussuhteita. On tiedettävä, mitä sekä sisäiset että ulkoiset asiakkaat odottavat ja arvostavat, jotta voidaan saavuttaa toiminnan ylivertaisuutta. (Womack & Jones 2003: 19–20.)

Arvovirta-analyysin perusteella voidaan asettaa organisaatiolle tulevaisuuden tavoitetila, johon kehitystoimenpiteiden avulla pyritään. Tavoitetilan perusteella muodostetaan lukuisia pienempiä kehityshankkeita, jolloin parantamista tehdään jatkuvasti ja pienen askelin tavoitetilan suuntaan. Tavoitetilan tulee olla riittävän haastava, jotta sen saavuttamisesta tulee vahva onnistumisen tunne. Liian helpot tai mahdottomat tavoitetilat eivät motivoi. Leanin jatkuva parantaminen perustuu nelivaiheiseen PDCA-sykliin, jossa P (plan) tarkoittaa suunnittelua, D (do) varsinaista tekemistä, C (check) tarkistamista ja A (act) korjaamista. PDCA-sykli on iteratiivinen menetelmä jossa muodostetaan hypoteesi, jonka paikkansapitävyyttä testataan. Suunnitteluvaihe (P) on syklin tärkein vaihe, jossa määritellään kehityshankkeen tavoitetila ja muodostetaan hypoteesi siitä, mitkä asiat estävät tavoitetilaan pääsyä. Vaiheessa määritellään, mitä tullaan tekemään. Suunnitteluvaiheen huolellisuus on PDCA-syklin onnistumisen avaintekijöitä. Tekemisvaiheessa (D) suunnitellut toimenpiteet suoritetaan kontrolloidusti ja tarkkaan havainnoiden. Vaihe tehdään tarvittaessa pienessä mittakaavassa, jos oletetut vaikutukset ovat merkittäviä silloin, kun hypoteesi ei pidä paikkaansa. Tarkastus- ja testausvaiheessa (C) todellisia tuloksia verrataan oletettuun tulokseen, eli todennetaan, pitääkö hypoteesi paikkansa. Korjaamisvaiheessa (A) joko vakiinnutetaan ja standardoidaan toimivat ratkaisut tai tarvittaessa käynnistetään uusi PDCA-sykli, jos haluttuun tavoitetilaan ei päästy. PDCA-sykli on tieteellinen mutta käytännöllinen tiedonhankinta- ja parantamisprosessi, jonka avulla askeletaan kohti tavoitetilaa. (Rother 2010: 102, 121–122.)

Jotta jatkuvasta parantamisesta saataisiin paras hyöty, on organisaatiokulttuurin tuettava kehittämisen ilmapiiriä. Kokeellisuuden ja epäonnistumisten tulee olla sallittuja, parantamisen tulee kuulua kaikkien vastuulle ja ongelmat tulee nähdä mahdollisuuksina. Ongelmien keskipiste pidetään prosessissa henkilöiden sijaan, jotta työkuulttuuri olisi salliva eikä syyllistävä. Nykytilan ymmärtäminen ja havainnoiminen ”siellä missä tapahtuu” on myös ensisijaisen tärkeää. Organisaation ei tule myöskään tuudittautua tilanteeseen, jossa prosessissa ei olisi ongelmia. Tämä tarkoittaa Leanin mukaan sitä, että ongelmat on peitetty erilaisilla hukan muodoilla. Organisaation menestys riippuu sen kyvystä oppia ongelmista ja ratkaista niitä. PDCA-sykli luo standardin tavan parantaa ja

käsitellä epävarmuutta, jolloin parantaminen ei tarkoita liikkumista epävarmuusalueella. Tämä yhdessä jatkuvaa parantamista tukevan organisaatiokulttuurin kanssa luo pohjan askelten ottamiselle kohti tavoitetilaa niin, että koko henkilöstö osallistuu parantamiseen ja paras hyöty saavutetaan. (Rother 2010: 125–127, 148–153.)

### Leanin ”seitsemän hukkaa”

Leanin keskeisiä käsitteitä on hukka, japaniksi ”muda”. Hukalla tarkoitetaan kaikkea hyödyttöntä ja arvoa tuottamatonta. Lean-filosofiassa hukka jaetaan seitsemään ryhmään, jotka ovat:

- ylituotanto
- odottaminen
- kuljetus
- yliprosessointi
- varastointi
- liike
- vialliset tuotteet ja virheet.

Leanin mukaan ylituotantoon tulee hukan lajeista tarttua ensimmäisenä, sillä se on usein ajurina monelle muulle hukan lajille ja toisaalta se myös estää ongelmien näkymistä. Ylituotanto estää tuotannon tasapainoa ja luo ympäristöä, jossa ongelmia on hankala havaita. Leanin vahvoja ohjenuoria onkin, että organisaation tulee kaikin tavoin estää ylituotantoa ja ylituotannon rajoittamisen tulee olla sisäänrakennettu toimintamalli. (Lu 1986; 16–17.)

Odotuksesta aiheutuva hukka on useimmiten seurausta sisäisten toimittajien huonosta palvelutasosta, viallisista laitteista tai työkaluista, hankinnan tai tiedonkulun ongelmista sekä heikosta saannosta. Odotusta on usein myös epätasapainoisissa prosesseissa, standardoimattomissa työvaiheissa sekä sellaisissa työvaiheissa, joissa tuotantolaitteil-

la on sekä automaattisia että manuaalisia vaiheita, jolloin operaattorityöhön piiloutuu usein paljon hukkaa. (Lu 1986; 17–18, Hernandez 1989: 185–189.)

Kuljetukseen liittyvä hukka on pääosin tarpeetonta tuotteiden siirtelyä eri varastopaikkojen tai prosessivaiheiden välillä tai siirtelyä kuljetusyksiköistä toiseen. Yliprosessointiin liittyvä hukka aiheutuu toimimattomista tai epäkuntoisista prosesseista, jolloin tekeminen ei ole optimaalista ja joudutaan tekemään ylimääräistä työtä tai jopa toistamaan samaa vaihetta useaan kertaan. Myös liian monimutkainen tuotedesign aiheuttaa yliprosessointia. Yliprosessointi voi tarkoittaa myös ylilaadun tekemistä tai turhia tarkastuksia. Tarpeeton varastointi ja turhat liikkeet sekä vialliset tuotteet ovat hukan lajeista kaikkein yksiselitteisimpiä ja helpoimpia havaita. (Lu 1986; 17–18, Hernandez 1989: 185–189.)

Hukan poistamiseksi on ensin varmistettava, että jokainen ymmärtää, mitä hukalla tarkoitetaan. Helpoimmin havaittavia hukan lajeja on odottaminen. Usein odottamisen välttämiseksi aiheutetaankin muita hukan lajeja puuttumatta itse alkuperäiseen hukan aiheuttajaan. Voidaan esimerkiksi siirtyä toiseen pisteeseen tekemään tuotteita, joille ei ole tarvetta. Odotuksen välttämiseksi aiheutetaan muita hukan lajeja, kuten turhia liikkeitä ja ylituotantoa. Hukan havaitsemiseksi ja poistamiseksi tulisikin pitää kiinni seuraavista periaatteista:

- Työssä tulee noudattaa tarkasti standardia, eli ohjeistettua toimintatapaa.
- Ylituotantoa tulee ehkäistä imuohjauksen, kuten kanbaneiden avulla.
- Työympäristön ja prosessivaiheiden tulee olla niin visuaalisia, että edistäminen ja yliprosessointi estetään.

Omistautuminen hukan tehokkaaseen havaitsemiseen ja poistamiseen on Toyotan tuotantojärjestelmän tärkein kulmakivi. (Lu 1986: 20–21.)

Lean ja tuotannon virtaus



Tuotannon virtaus on Leanin avainasioita. Virtaus liittyy imuohjaukseen, oikea-aikaisuuteen ja jatkuvaan parantamiseen. Virtauksella tarkoitetaan tuotteiden pysähtymätöntä kulkemista prosessivaiheista toiseen niin, että tuote siirtyy vain silloin kun sitä tarvitaan. Tämä edellyttää korkealaatuista prosessia sekä tasapainossa olevia työvaiheita. Virtaukseen liittyy vahvasti käsite yhden kappaleen virtaus, eli tuotteita ei valmisteta erissä, vaan kappale siirtyy yksi kerrallaan asiakasprosessiin. Yhden kappaleen virtaus tuo esiin prosessin ongelmia ja toisaalta vähentää hukkaa tehokkaasti. Esimerkiksi ylituotanto ja välivarastointi eivät ole mahdollisia, jolloin prosessissa on enemmän arvoa tuottavia vaiheita ja vähemmän hukkaa, kun kappaleet eivät pysähdy odottamaan. Lisäksi yhden kappaleen virtaus vahvistaa työn vakioimista, kun vaiheiden kestön tasapaino ja tuotannon virheettömyys on odotuksen eliminoimiseksi välttämätöntä. Tällöin poikkeamissa tarkastetaan ensimmäiseksi, noudatetaanko standardoitua tapaa toimia. Tärkeimpänä yhden kappaleen virtaus kehittää henkilöstä ongelmien välittömään ratkaisemiseen. Usein yhden kappaleen virtaus on osa tavoitetilaa, vaikka siihen ei täysin jokaisessa toiminnossa päästäisi. (Rother 2010: 76–77.)

### 2.3 Pareto-periaate ja ABC-analyysi

Pareto-analyysi muodostaa perustan varaston hallinnalle, ja se tähtää parhaan tuloksen saavuttamiseen mahdollisimman vähillä resursseilla. Analyysi perustuu 80/20-sääntöön, jossa 80 prosenttia seurauksista selittyy 20 prosentilla syistä. Esimerkiksi 20 prosenttia yrityksen tuotteista synnyttää 80 prosenttia myynnistä. Kun suurimman vaikutuksen aiheuttavat nimikkeet tiedetään, voidaan keskittyä oikeisiin tuotteisiin ja asioihin kehitystavoitteesta riippuen. Pareto-periaatetta sovelletaan varastonhallinnan lisäksi muuhun liiketoiminnan hallintaan. (Wild 2002: 33.)

ABC-analyysi on maailmanlaajuisesti käytetyin varastoinnin kehittämisen menetelmä, joka perustuu Pareto-periaatteeseen. 80/20-säännön ja ABC-logiikan hallinnalla voidaan keskittää rajallisia resursseja oikeisiin nimikkeisiin ja saavuttaa oikein kohdennetuilla toimenpiteillä tuloksia. ABC-analyysin avulla tavoitellaan parempaa varaston palvelutasoa ja kiertonopeutta sekä kykyä välttyä puutetilanteita. ABC-kategorisointia hyödyntämällä voidaan lisäksi vähentää ostorivien ja rutiinien määrää, mm. automatisoinnin ja yksinkertaisten tilausjärjestelmien (mm. Kanban, kaksilaatikko, RFID) avulla. ABC-analyysissä tuotteita ryhmitellään useimmiten niiden myynnillisen arvon tai kappalemääräisen menekin perusteella riippuen siitä, mihin analyysiä sovelletaan.

Tässä insinööriyössä analyysissä käytettiin kappalemääristä menekkiä. (Sakki 2003: 71–72.)

ABC-analyysi luo perustan varaston hallinnalle. Analyysin ryhmittelyn tavoitteena on löytää jokaiselle nimikeryhmälle oikea ohjaus- tai hallintatapa. Tavoitteena on taata jokaiselle ryhmälle yhtä hyvä palvelutaso siten, että palvelutason saavuttamiseen täytyy panostaa mahdollisimman vähän. ABC-analyysissä nimikkeet jaetaan kolmeen tai useampaan ryhmään. A-ryhmä on suurimman vaikutuksen ryhmä, jossa 10 prosenttia nimikkeistä muodostaa 65 prosenttia kulutuksesta tai liikevaihdosta. B-ryhmässä 20 prosenttia nimikkeistä muodostaa 25 prosenttia kulutuksesta tai liikevaihdosta. C-ryhmässä 70 prosenttia nimikkeistä muodostaa 10 prosenttia kulutuksesta tai liikevaihdosta. Ryhmittelyyn saatetaan lisätä myös D-ryhmä silloin kun nimikkeistöön kuuluu suuri määrä hitaasti kiertäviä tuotteita. (Wild 2002: 36–37.) Ryhmittelyn prosenttikriteerit vaihtelevat jonkin verran lähdemateriaalista riippuen, mutta periaatteet pysyvät samana.

Eri ryhmien ohjausperiaatteet kuulostavat Wildin (2002: 38) kiteytysten mukaan yksinkertaiset. A-ryhmään kuuluu vain harva nimike, joten ryhmää kontrolloidaan tarkkaan. B-ryhmässä annetaan suuri osa hallinnasta järjestelmälle. C-ryhmää ohjataan laiskasti korkealla varastotasolla, mutta ilman riskejä ja ylisuurta varastoa. Eri ryhmien ohjausperiaatteet on esitetty tarkemmin taulukossa 1.

Taulukko 1. ABC-analyysin ominaispiirteet ja ohjausperiaatteet (mukaillen Wild 2002).

Ryhmä	Ominaispiirteet	Periaatteet ja menetelmät
<b>A</b>	Vähäinen nimikemäärä Suurin osuus liikevaihdosta tai kulutuksesta	Tarkka ja tiheä kontrolli
		Henkilökohtainen seuranta
		Hyvä kommunikointi
		JIT-periaatteet
		Tarkat saldotiedot
		Palvelutaso-periaatteet
		Tarkat ennustemenetelmät
<b>B</b>	Tärkeät nimikkeet Merkittävä osuus liikevaihdosta tai kulutuksesta	Perinteiset varastonhallintamenetelmät
		Kevyt varastopoliittikka
		Varmuusvarastot
		"Manage by exception"
		Rajalliset tilauseräkoot
Tietojärjestelmäperusteinen hallinta		
<b>C</b>	Suuri nimikemäärä Pieni osuus liikevaihdosta tai kulutuksesta (hitaasti kiertävät/alhaisen arvon omaavat)	Minimaalinen valvonta
		Suuret tilausmäärät
		Joko ei varmuusvarastoa tai hyvin suuri varmuusvarastokoko
		Keskittyminen puutetilanteiden välttämiseen
		Satunnaiset hankinnat
		Tilauskohtaiset ostot
Automatisoidut tilaukset		

Ohjausperiaatteiden tavoitteena on saavuttaa oikeat varastotasot kullekin ryhmälle. Koska tärkeimpien nimikkeiden A-ryhmää kontrolloidaan tarkimmin, on sille tavoitteena saada alhaisin varastotaso. Muutokset A-ryhmässä tuovat nopeita muutoksia kokonaisuuteen, sillä ryhmä muodostaa suurimman osan liikevaihdosta tai menekistä. A-ryhmän riiton tulisi olla 1-4 viikon välillä. B-ryhmässä tavoiteltava varaston riitto on 2-8 viikkoa ja C-ryhmässä 3-20 viikkoa. Se mihin väliin eri kategorioiden varastotasot todellisuudessa asettuvat, riippuu paljolti kysynnän vaihtelusta, toimitusajoista ja toimitusvarmuudesta sekä siitä mikä on toimittajien minimierätkoko. (Wild 2002: 46–47.)

Jotta varastotasoa saadaan laskettua, voidaan joko alentaa varmuusvarastotasoa tai pienentää tilauserätkokoja. Pienemmällä tilauserällä ja tiheällä tilausvälillä saadaan varastotasoa pidettyä matalana. A-ryhmän nimikkeiden osalta tavoitteena onkin lähestyä Just-In-Time-toimitusmallia. A-ryhmän periaatteena onkin siis usein ja vähän. Varmuusvarastotason laskemiseksi tarvitaan lisäksi lyhyempiä toimitusaikoja. Tämä ohjaa siihen, että tilaus-toimitusketjun kehitystoimenpiteet kohdennetaan A-ryhmän nimikkeisiin. Keskeisen tärkeää on myös kysyntämalliin vaikuttaminen. Jos kysyntää saadaan muutettua ennakoitavaksi tai tasaisemmaksi, on varastojen hallinta helppoa vähän pidemmälläkin toimitusajoilla. (Wild 2002: 52–53.)

Tässä insinööriyössä muodostettiin ainoastaan menekkianalyysin pohjalta A-kategoria, johon sovellettiin ABC-analyysin oppeja. Useat A-ryhmän ohjausperiaatteet toteutuivat kanban-varaston täydennysperiaatteita muodostettaessa.

## 2.4 Just-in-Time eli JIT

Just-in-Time-periaatteet nähdään useimmiten keinoksi vähentää varastotasoa minimiin tai lähelle nollaa. JIT on kuitenkin laaja-alaisempi periaate, joka koskettaa useita yrityksen toimintoja, vaikka sen keskiössä onkin logistiset prosessit. JIT on menetelmä, jonka tarkoituksena on tuotantoyksikön toiminnan tehokkuuden lisääminen minimoimalla vaadittavia kone- ja henkilöstöresursseja. JIT-menetelmän avulla parannetaan lisäksi laatua, alennetaan varastotasoa ja maksimoidaan halua välittömään ongelmien ratkaisemiseen. JIT tähtää yksinkertaisuuteen, tehokkuuteen ja hukan minimoimiseen. (Hernandez 1989: 5.)

JIT-periaate noudattaa Lean-filosofiaa siinä, miten hukka määritellään. JIT:n mukaan kaikki, mikä ei ole välttämätöntä tuotteen valmistamiseen, on hukkaa. Tämän vuoksi JIT- periaatteessa tarpeelliset tuotteet pyritään toimittamaan juuri silloin kun niitä tarvitaan. Vaikka täydellinen JIT on turbulenssissa tuotantoympäristössä lähes mahdotonta, on sen tarkoituksen ohjata kehitystoimenpiteitä niin, että päästäisiin mahdollisimman lähelle tavoitetilaa eliminoimalla niitä tekijöitä, jotka estävät JIT-menetelmää toimimasta. (Hernandez 1989: 5–6.)

JIT paljastaa organisaation heikkoudet. Perinteisessä toimintamallissa suurilla varastotasojen paikataan prosessia olevia ongelmia, kuten konerikkoja, pitkiä ja epäluotettavia toimituksia, viallisia tuotteita, rajallista kapasiteettia tai heikkoja ja monimutkaisia prosesseja. Varastot ehkäisevät ainoastaan ongelmien tuomia oireita, mutta eivät poista itse ongelmien juurisyitä. Toiminnan kehittämiseksi ei ole pakkoa, vaan vallitseva tila hyväksytään pitämällä suuria varastoja. JIT:n lähestymistapa on erilainen, ja sen vaikutus ulottuu koko tilaus-toimitusketjuun varastoista tuotantoprosesseihin. (Waters 2009: 291.)

JIT-menetelmän kaksi kulmakiveä ovat laadukkaat tuotteet ja prosessit sekä pienet eräkoot. Kun tavoitellaan mahdollisimman pieniä varastoja, on tuotteiden ja valmistusprosessien oltava korkealaatuisia, sillä tuotteiden ja prosessien on oltava käyttökelpoi-

sia ja laadukkaita juuri silloin kun niitä tarvitaan. JIT-menetelmän tavoitteena on, että eräkokoja pyrittäisiin pienentämään mahdollisimman lähelle yhtä sekä tuotanto- että toimitusprosesseissa. (Hernandez 1989: 6.)

Wildin (2002: 59–60) mukaan JIT ei ole itsessään mikään tekniikka, vaan se on seurausta oikein kohdennetuista kehitystoimenpiteistä. JIT on korkealaatuisen tilaus-toimitusketjun tulos. JIT-tilan saavuttamiseksi kehitystoimenpiteiden keskiössä ovat toimittaminen ja hankkiminen tarpeeseen, korkealaatuisten tuotteiden toimittaminen, läpimenoaikojen lyhentäminen, tuotannon tehokkuuden kasvattaminen ja osaamisen laaja-alainen hyödyntäminen. JIT:n tärkeitä elementtejä ovat lisäksi jatkuva parantaminen ja tuotteiston monimutkaisuuden vähentäminen, kysynnän ja toimitusten tasapainotus, tuotannon joustavuuden kehittäminen, toimittajayhteistyön kehittäminen, tilauskulojen pienentäminen, prosessien luotettavuuden parantaminen sekä organisaatiorajojen madaltaminen ja vastuun jakaminen eri organisaatiotasojille. (Wild 2002: 60, Waters 2009: 291–292.)

JIT-toiminta on imuohjautuvaa, kun taas perinteiset ohjaustavat ovat työntöohjautuvia. Seuraavassa luvussa kuvataan imuohjauksen periaatteita.

## 2.5 Imuohjaus

Työntöohjauksessa edeltävä prosessi toimittaa esimerkiksi tuotantoaikataulun tai toiminnanohjausjärjestelmän varastotasotiedon perusteella. Imuohjauksessa materiaalien kulutus ohjaa prosessin virtausta tuotantoaikataulutuksen sijaan. Imuohjauksessa seuraavan prosessivaiheen kulutus luo edeltävälle vaiheelle toimitus- tai valmistustarpeen. Varsinainen asiakastarpeeseen perustuva ohjaus kohdennetaan ainoastaan prosessin loppupäähän lähelle asiakasrajapintaa, josta tarve ”valuu” kaikkiin edeltäviin prosessivaiheisiin. Perinteinen ohjaus perustuu kysynnän ennakoimiseen, kun taas imuohjauksessa valmistus- tai täydennysimpulssi syntyy ainoastaan todellisen tarpeen perusteella. Imuohjauksen ohjenuoran mukaan materiaaleja siirretään vain silloin, kun niitä tarvitaan. (Hernandez 1989: 14–15, Wild 2002: 76.)

Imuohjauksen etuja on, että varastossa tai prosessivaiheiden välillä pidetään ainoastaan lyhyen ajan tarvetta vastaava määrä osia tai puolivalmiita komponentteja. Varastojen riitto on ihannelähtöisessä tilanteessa tunteja tai korkeintaan muutama päivä. Imuohjauksen

seurauksena tuotantoprosessilla on kyky havaita mahdolliset ongelmat nopeasti, sillä kun tuotteita valmistetaan ainoastaan seuraavan prosessin tarpeisiin, havaitaan mahdolliset poikkeamat nopeasti koska asiakasprosessi ottaa valmistetun erän välittömästi. Imuohjauksessa edeltävä prosessivaihe ei tuota uutta erää odottamaan mahdollista tulevaa tarvetta, vaan valmistuslupa saadaan vasta kulutuksen perusteella. Virheet pysähtyvät nopeasti, koska tarpeetonta tavaraa ei tuoteta välivarastoihin. Toimiva imuohjaus kulkee käsi kädessä JIT-menetelmän kanssa, ja organisaatiolta edellytetään korkealaatuista tilaus-toimitusketjua. (Hernandez 1989: 15, Wild 2002: 76.)

Imuohjauksen haasteita on heikko näkyvyys ylätason tuotannosuunnitteluun. Usein imuohjaus yhdistetään perinteisen ERP-tason työntöohjauksen kanssa, jotta saavutetaan optimaalinen kokonaisuus. Imuohjauksella kontrolloidaan tehdastason materiaali- virtoja ja pääosin materiaalitäydennyksiä toimittajilta. ERP-tasolla käsitellään myynnin ennusteet, toimittajia ja tehdasta koskevat karkean tason ennusteet, hallitaan tehdaskapasiteettia sekä tehdään myös osa C- ja B-kategorioihin kuuluvien nimikkeiden hankinnasta. ERP-tasolla laaditaan ylätason tuotannosuunnitelma, jonka perusteella ohjataan tarvittaessa prosessinloppupäätä, riippuen toiminnan ohjauseriaatteista. Imuohjauksen periaatteena kuitenkin on, että jokaisen prosessivaiheen ei tarvitse tietää pidemmän aikavälin kokonaiskuvaa, vaan suurella osalla prosessin tasoista riittää sisäiseltä asiakkaalta tuleva signaali tarpeesta edellyttäen, että kapasiteetti ja tuotantomäärät ovat tasapainotettu. (Hernandez 1989: 17)

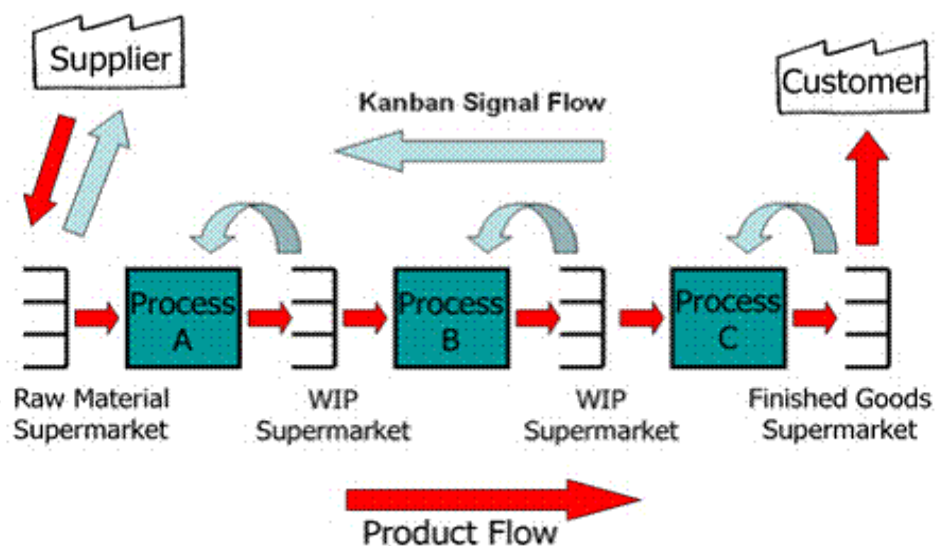
Tässä insinööriyössä tilausjärjestelmä perustuu imuohjaukseen. Wildin (2002, 77) kiteytyksen mukaan imuohjausta ja JIT:iä tulee soveltaa siihen varastokategoriaan, mistä saadaan paras hyöty, eli A-ryhmään. Tässä työssä imuohjausjärjestelmä kohdennettiin juuri A-ryhmään ja toteutustavaksi valittiin kanban-järjestelmä, josta kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

## 2.6 Kanban

Kanban on Lean-kehitysmenetelmän, Just-In-Timen ja imuohjauksen tärkeitä työkaluja. Näissä kaikissa menetelmissä pyritään poistamaan hukkaa, joka varastoinnissa usein ilmenee ylivarastointina ja toimittamisena tai tilaamisena ilman tarvetta. Kanbaneita käytetään Toyotalla hyvin laajasti materiaalitärkeiden kommunikointiin kahden prosessin välillä. Kanban on japania, ja sillä tarkoitetaan näkyvää dokumenttia. Hukan

välttämiseksi kanbanin tarkoituksena on kehittää toimintaa niin, että materiaaleja valmistetaan tai siirretään ainoastaan silloin, kun asiakasprosessi on niitä kuluttanut. Kanban-periaatteella tilaamista kutsutaan imuohjaukseksi, sillä sisäisen asiakkaan kulutuksen tuoma tarve nähdään ”imuksi”. Tällöin toiminta käynnistyy vain silloin kun seuraavalta prosessivaiheelta tulee impulssi. Kanban on useimmiten fyysinen kortti, jonka avulla kontrolloidaan tuotannon materiaalien ja tiedon virtaamista. Lisäksi kanbaneiden avulla vahvistetaan toimittaja- ja asiakasprosessien linkittymistä toisiinsa, kun asiakas aidosti säätelee toimittajan toimintaa. (Rother 2010: 84–85.)

Kuvassa 4 havainnollistetaan kanban-ohjautuvaa tuotantoa, jossa seuraavan prosessivaiheen kulutus, eli imu, luo valmistus- tai siirtoimpulssin (signal flow), jolloin tuotteet virtaavat prosessissa asiakastarpeeseen pohjautuen.



Kuva 4. Kanban-ohjautuva prosessi.

Kanban nähdään vahvasti myös kehittämisen välineenä. Kanbanien määrää vähentämällä voidaan paljastaa toimitus- tai tuotantoketjussa piileviä ongelmia ja näin haastaa tuotantoympäristöä toiminnan jatkuvaan parantamiseen (Japan Management Association 1985: 99). Lisäksi kanbaneiden avulla voidaan keventää tuotannon kontrollointi-kuormaa niiden visuaalisuuden avulla. Korttien määrän perusteella voidaan nähdä, missä vaiheessa prosessia materiaali tai tieto kullakin hetkellä virtaa ilman toiminnanohjausjärjestelmän mukana oloa. (Smalley 2009: 107.)

Kanbanit jakautuvat kahteen pääryhmään: valmistus-kanbaneihin (production instruction kanban) ja siirto-kanbaneihin (parts withdrawal kanban). Valmistus-kanban vapautuu, kun sitä vastaava määrä kulutetaan. Valmistus-kanban kehottaa edeltävää prosessia valmistamaan sovitun määrän kyseistä tuotetta kulutetun määrän tilalle. Valmistus-kanbaneiden avulla voidaan ohjata valmistusta jopa yksi kappale kerrallaan, mutta sitä voidaan käyttää myös eräprosesseihin linkittymiseen. Siirto-kanbaneita on joko sisäisiä (interprocess kanban) tai toimittaja-kanbaneita (supplier kanban). Kanbaneiden avulla voidaan siis ohjata sekä sisäisten että ulkoisten toimittajien materiaalivirtoja. Siirto-kanbanissa ilmaistaan tarvittavan osan numero, mahdollinen revisiotieto sekä eräkoko. Lisäksi kortissa tulee mainita niiden kahden prosessin nimet ja sijainnit, jotka linkittyvät kortin avulla toisiinsa. Käytännössä siirto-kanban vapauttaa myös valmistus-kanbanin, joilloin luodaan imuun perustuvan virta läpi tehtaan sisäisten asiakasprosessien. (Smalley 2009: 108–111, Hernandez 1989: 56–57.)

Hernandezin mukaan (1989: 58–59) kanban-järjestelmän toimivuuden varmistamiseksi tulee noudattaa tiettyjä perussääntöjä, jotka ovat seuraavat:

- Kanban siirretään vain kun koko kanban-eräkoko on kulutettu.
- Kanban on ainoa sallittu tapa siirtää osia prosessista toiseen.
- Kanban-korttiin kirjattua määrää tulee noudattaa.
- Kanbanin tulee olla kiinnitettynä fyysisiin tuotteisiin aina kun mahdollista.
- Valmistus- ja siirto-kanbaneiden tilausmäärien tulisi vastata toisiaan.
- Viallisia tuotteita ei koskaan siirretä asiakasprosessiin.
- Kanbanit tulee käsitellä saapumisjärjestyksessä.

Lu (1987: 87-93) lisää sääntöihin lisäksi tuotannon tasoittamisen sekä vakiinnuttamisen ja järkevöittäminen. Kanban ei siis ole pelkkä irrallinen työkalu, vaan kanbaneiden käyttöönottamisessa on tärkeää noudattaa edellä mainittuja sääntöjä, jotta kanbaneiden tuoma hyöty saavutetaan täysimääräisenä. Sääntöjen noudattamista tulisi arvioida säännöllisesti, ja työntekijöiden mukaan ottamista aikaisessa vaiheessa suositellaan



sääntöjen sisäistämisen helpottamiseksi. Mahdollisiin poikkeamiin tulee puuttua, ja ne tulee korjata välittömästi.

## 2.7 Varastotoiminnot, layout ja materiaalinkäsittely

Varastojen tarkoitus on tukea yrityksen logistiikkatoimintoja varastoimalla materiaaleja hyvällä palveluasteella ja alhaisin kustannuksin kunnes niitä tarvitaan. Varastointitoiminnoissa tähdätään materiaalien turvalliseen ja laadukkaaseen säilyttämiseen ja tehokkaaseen materiaalien käsittelyyn. Lisäksi varastotoimintojen tehtävänä on ylläpitää tarkkoja saldo- ja paikkatietoja niin, että tieto on helposti saatavilla. Varastotoiminnoilta edellytetään joustavuutta ja kykyä vastata muuttuvaan tuotantoympäristöön ja vaihtelevaan kysyntään ja erikoisvaatimuksiin. (Waters 2009: 375–376.)

Organisaatiot pyrkivät saamaan materiaalit virtaamaan mahdollisimman nopeasti tilaus-toimitusketjun läpi ilman pitkäaikaista varastointia. Tämä muuttaa varastojen roolia ja painopistealueita. Varastotoiminnot eivät keskitykään vain tavaroiden säilyttämiseen, vaan ne pyrkivät tarjoamaan laaja-alaisemmin arvoa lisääviä toimintoja, kuten tarkastustoimintaa, pakkaamista, merkintöjä, keräilyä, materiaalien vastaanottamista, materiaalien siirtämistä kuljetusyksiköistä toisiin, lähetystoimintoja liikuttelua sekä inventaario- ja kirjanpitoluvastuita. Varastot eivät enää muodosta pelkästään kuluja, vaan ne ovat vahvemmin osa yrityksen ydintoimintoja. (Waters 2009: 377.)

Perinteisesti yritykset ovat pitäneet varastoja omissa tiloissaan ja osana omia toimintojaan, mutta varastopalveluja siirretään yhä enemmän ulkopuolisten varastointipalvelutarjoajien vastuulle. Usein osa toiminnoista säilytetään itsellä ja osa toiminnoista luovutetaan kumppanille. Ulkopuolisen logistiikkakumppanin palveluissa on omat etunsa, mutta myös haasteensa. Kumppanin etuina voidaan nähdä keskittyminen logistiikkaosaamiseen, vahvempi integraatio muihin logistiikkatoimijoihin sekä kapasiteettijoustavuus ja suuruuden ekonomia. Lisäksi vältytään suurilta investoinneilta, kun kulurakennne on suoritepohjainen. Haasteiksi voidaan nähdä palvelutaso, suuremmat muuttuvat kustannukset ja pienentynyt hallinta. Valinta omien vai kumppanin varastotoimintojen välillä perustuu kokonaiskustannusten laskentaan ja strategiaan painopisteisiin. (Waters 2009: 380–382.)

Layout tarkoittaa varastohyllyjen, lastaus- ja purkualueiden, toimistojen ja muiden laitteiden fyysistä sijoittelua varastoalueella. Layout vaikuttaa merkittävästi varastojen toiminnan tehokkuuteen. Layout-päätökset ovat erittäin tärkeitä, koska varaston rakentaminen on suuri rahallinen ja työmäärällinen investointi, layoutiin sitoudutaan pitkäksi aikaa ja layoutilla on suuri merkitys toiminnan sujuvuuteen ja kustannuksiin. Varaston layoutsuunnittelun lähtökohtina pidetään yleisesti turvallisuutta, toimivuutta, energiatehokkuutta, kestävyyttä ja sopivuutta tulevaisuuden tarpeisiin. (Waters 2009: 385.)

Tarkempia ohjenuoria toiminnallisuuden takaamiseksi on useita. Päätoiminnot tulisi sijoittaa yhteen kerrokseen, sillä kerrosten välillä liikkuminen on usein hankalaa ja hukkaa aikaa. Välikerrokseen tulisi sijoittaa vain kevyitä toimintoja, kuten toimistotöitä. Lastaus- ja purkualueiden tulisi olla erillisiä, jotta vältetään ruuhkalta ja risteävältä liikenteeltä. Materiaalien tulisi virrata varaston läpi mahdollisimman sujuvasti, ja liikkeen tulisi olla suoraviivaista. Liikuttelua tulee yksinkertaista, esimerkiksi poistamalla tai yhdistämällä yksittäisiä siirtoja. Käsittelykaluston tulee olla tehokasta ja vaadittuihin varastotoimintoihin soveltuvaa. Käytävätila tulee minimoida, ja tilan korkeus hyödyntää maksimaalisesti. (Waters 2009: 385–386.)

Materiaalien käsittelyllä tarkoitetaan kaikkia pääosin lyhyitä materiaalsiirtoja varaston sisällä tai eri varastoalueiden välillä sekä kuljetuksia. Jokainen siirto aiheuttaa kustannuksia, vie aikaa ja luo mahdollisuuden käsiteltävän tuotteen vahingoittumiseen tai käsittelyvirheeseen. Materiaalien käsittelyn tarkoituksena on siirtää materiaaleja sovitun järjestyksen mukaan mahdollisimman nopeasti ja sujuvasti. Tarkoituksena on myös lyhentää liikutettavaa matkaa sekä vähentää siirtojen määrää. Materiaalien käsittelyn tavoitteena on myös optimoida käytetty varastotila parantamalla varastointitiheyttä sekä alentaa kustannuksia tehokkailla toiminnoilla eliminoiden materiaalivauriot ja käsittelyvirheet. (Waters 2009: 390–391.)

## 2.8 Pohdintaa teoriataustasta

Teoriatausta oli työn vankkana pohjana ja ohjasi toteutusta sekä päätöksentekoa oikeaan suuntaan. Oli hyvä ymmärtää tilaus-toimitusketjun kokonaiskuva, jossa yhteistyö ja kokonaisuuden optimointi ratkaisevat. Leanin jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaan työn toteutuksessa painotettiin suunnitteluvaihetta ja faktoihin perustuvaan päätöksentekoa. ABC-analyysi toimi hyvänä pohjana nimikkeistön valinnassa. ABC-analyysin periaatteet A-ryhmän ohjaustapoihin olivat linjassa työn Lean-taustan, JIT-menetelmän ja imuohjauksen kanssa. Varasto-layoutin luomisessa pyrittiin noudattamaan hyvän layout-suunnittelun ja materiaalivirtojen kehittämisen ohjenuoria.

Kuten Lean-filosofiassa yleensä, kanban-järjestelmää pyrittiin hyödyntämään laajalaisemmin, ilman että kyseessä olisi pelkkä työkalu. Työkalupainotteisuus, filosofian unohtuminen ja jatkuvan parantamisen kulttuurin puutos ovat yleisiä syitä Lean-hankkeiden epäonnistumiseen. Kanban-menetelmän onnistuneessa käyttöönotossa painotettiin sitouttamista, jotta menetelmän toimivuuden takaaviin sääntöihin sitoudutaisiin. Jatkuvan parantamisen askelia tulee ottaa jatkossakin, jotta voidaan hyödyntää JIT:n ja kanbaneiden potentiaalia.

### 3 Varaston optimointi ja täydennysprosessin kehittäminen

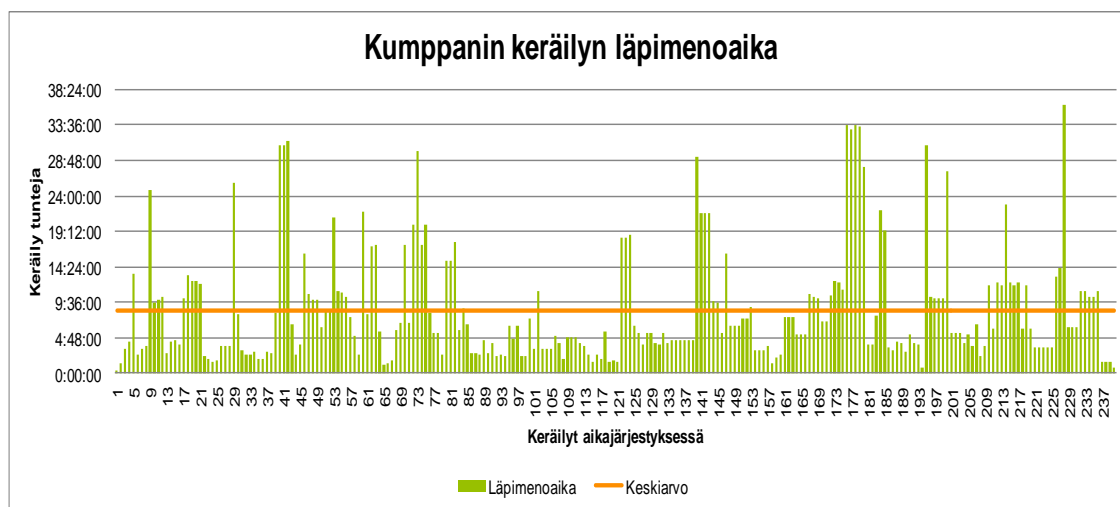
#### 3.1 Lähtötilanne

Insinööriyön alussa kartoitettiin varaston nykytilanne ja toimintamalli. Osaa pääkomponenteista varastoitettiin toimituskeskuksen varastossa, mutta tuotteisto oli valittu sattumanvaraisesti. Tuotteet olivat toiminnanohjausjärjestelmässä yhä ulkopuolisen kumppanin varastopaikalla järjestelmäsyistä, jolloin tilausjärjestelmä perustui varastohenkilöstön omaan arviointiin ja silmämääräiseen havainnointiin. Omalla keräilyhenkilöstöllä ei myöskään ollut tarkkaan tiedossa, mitä komponentteja omassa varastossa säilytettiin, jolloin keräilykäytännöt olivat kirjavia. Haastattelujen perusteella sekä puute- että ylivarastotilanteet eivät olleet harvinaisia.

Keväällä 2012 tehdyn keräilyseurannan perusteella noin 80 prosentissa keräyksistä yhden tai useamman pääkomponentin keräilyn suoritti ulkopuolinen varastokumppani. Keräilyseurannan perusteella ulkopuolisen suorittama keräily pidensi keräilyn läpimenoaika keskimäärin kahdeksan tuntia, mikä oli 40 prosenttia keskimääräisestä keräilyn kokonaisläpimenoajasta. Ulkopuolisen kumppanin keräilyaika laskettiin siitä, kun keräilykortti oli toimitettu kumppanille siihen, kun lava oli keräilty ja toimitettu kuljetusjonoon. Mitattuun keräilyaikaan ei siis sisältynyt lavatoimitusta tehtaan tiloihin. Ulkopuolisen keräilyn vaikutus läpimenoaikaan on suurempi kuin keräilyseurannassa mitattu 8,5 tuntia. Lisäksi ulkopuolisen kumppanin palvelukyky oli sekä haastattelujen että datankeruun perusteella vaihtelevaa taulukon 2 mukaisesti. Ulkopuolisen keräilyn keskijointa oli 7,7 tuntia, mikä on suurempi kuin kokonaiskeräilyn mitattu suhteellinen hajonta.

Keräilyn läpimenoaikaan syntyi vaihtelua erityisesti niissä tapauksissa, kun havaittiin, että keräilyjä ei ollut käsitelty saapumisjärjestyksessä, eli "First-in First-Out"-periaate oli rikkoontunut.

Taulukko 2. Ulkopuolisen varastopalveluntarjoajan keräilyn läpimenoaika seurantajaksolla



Pitkä ja vaihteleva keräilyn läpimenoaika hankaloittikin kyselyiden perusteella tuotannon kuormittamista. Reagointi vaihtelevaan valmistustilanteeseen koettiin myös haastavaksi. Työn tavoitteeksi asetettiin, että 50 prosenttia keräilystä voitaisiin tehdä omasta varastosta.

### 3.2 Tuotteistoanalyysi

Insinöörityön alussa varasto-ohjautuvien pääkomponenttien menekki selvitettiin edeltävän 12 kuukauden ajalta. Menekkilaskennassa käytettiin tehtaan vahvistamaa toimitusaikaa, sillä sen koettiin kuvastavan parhaiten todellista asiakastarvetta valmistuman sijaan. Menekki laskettiin toimilaitteiden osalta kaikille valmistusvirroille, sillä sama varasto palvelee kaikkia valmistusvirtoja. Samalla selvitettiin, kuinka monta komponenttia mahtuu yhdelle varastolavalle ja kuinka monta lavakaulusta eri tuotteiden varastointi vaatii, ja kuinka paljon tuotteet menevät lavakauluksen yli. Tämän tiedon avulla voitiin laskea, kuinka korkeita hyllyvälejä varastoon tarvitaan. Varaston layout-suunnittelua varten komponenttien paino selvitettiin, jotta voitiin arvioida, onko niitä mahdollista keräillä käsin.

Varasto-ohjautuvia venttiileitä on tarjonnassa yhteensä 62, joista analyysin perusteella 20 nimikettä muodostaa 74 prosenttia kappalemääräisestä kokonaismenekistä. Venttiileissä noin 30 prosenttia nimikkeistä muodostaa siis noin 70 prosenttia kysynnästä taulukon 3 mukaisesti.



### 3.3 Täydennysmenetelmän valinta

Kanban-kortteihin perustuva tilausmenetelmä oli ollut vahvasti esillä koko työn ajan, sillä varastosta haluttiin imuohjautuva. Tilaustavasta kuitenkin keskusteltiin myös varastohenkilöstön ja logistiikkainsinöörin kanssa, jotta valittaisiin paras menetelmä, eikä päätöstä tehtäisi ilman perusteluja ja pohdintaa. Henkilöstön haluttiin myös sitoutuvan uuteen toimintatapaan. Keskusteluissa ehdotettiin myös havainnointiin perustuvaa tilaustapaa, eli kun varastossa näkyisi tyhjä paikka, tulisi täydennystilaus tehdä. Tämän menetelmän heikkoudeksi todettiin, että mitään signaalia siitä, oliko tilausta tehty, ei olisi. Riski tuplatilaamiseen, tai siihen, että tilausta ei tehtäisi ajoissa, koettiin suureksi. Vastuuhenkilöistä myös keskusteltiin, eli joku henkilöstöstä vastaisi tiettyjen nimikkeiden seuraamisesta ja tilaamisesta. Yksittäisen henkilön toimintaan luottavat järjestelmät koettiin kuitenkin epäluotettaviksi, koska kaikki tuuraustilanteet olisivat mahdollinen riski. Kanban-menetelmän eduksi muotoutui sekä sen toimintavarmuus että informatiivisuus. Kanban-kortit eivät ole riippuvaisia yksittäisistä henkilöistä, ja kortissa on kaikki tilaamiseen tarvittava tieto, jolloin muistinvaraisia asioita on vähemmän. Keskustelujen seurauksena kanban-kortteihin perustuva tilausjärjestelmä sai vahvan kannatuksen.

### 3.4 Kanban-laskenta

Kun kysynnän jakaumat sekä kysynnän viikkotason keskihajonta sekä tieto varastointiyksiköistä olivat selvillä, laskettiin komponenteille kanban-varaston koko kuvan 5 laskentakaavan mukaisesti. Kyseinen kaava valittiin, koska se huomioi myös kysynnän vaihtelun, sillä tuotteistoanalyysissä kysynnän keskihajonta oli merkittävä. Suurta keskihajontaa osattiin osittain odottaa, koska yhdistelmäkokoonpanossa on paljon projekteihin liittyviä töitä, jolloin kysyntä ei jakaudu ajallisesti tasaisesti. Laskennan perusteella saatiin selville, kuinka monta kanban-siirtoyksikköä, eli lavaa, kutakin nimikettä tulisi pitää varastossa. Laskenta tehtiin kahdella vaihtoehtoisella varaston palvelutasolla tai varmuuskertoimella: 95 prosenttia ja 99 prosenttia. Pääosin päädyttiin käyttämään 95 prosentin varmuuskerrointa, mutta alhaisemman kysynnän nimikkeissä saavutettiin useimmiten 99 prosentin palvelutaso.

$$\# \text{ Kanban} = ((AD * RT) + (SF * SD))/SCQ$$

AD = average period demand

RT = replenishment time (in the same time bucket as AD)

SF = the Z factor, typically 1.645 for 95%

SD = demand standard deviation

SCQ = the standard container quantity

Kuva 5. Kanban-laskentamalli (Kanban Calculation 2013).

Laskennan jälkeen nimikkeitä arvioitiin yksi kerrallaan sekä saadun hyödyn että varaston toimivuuden suhteen. Hyötymielessä arvioitiin, kuinka monta komponenttia lavalle mahtuu. Isompia komponentteja mahtui osaa lavalle ainoastaan 2 kappaletta, jolloin suuremman menekin tuotteilla kortteja olisi tarvittu useita. Usein isommat tuotteet edellyttivät myös korkeampaa hyllyväliä. Isot tuotteet olivat myös nostureilla käsiteltäviä, jolloin niihin kuluva keräilyaika oli suurempi. Koska vapaita varastopaikkoja oli rajallinen määrä, suositettiin niitä nimikkeitä, joissa säästö komponenttia kohden oli suurempi, eli niitä, jotka ovat nopeasti keräiltäviä, joita mahtuu lavalle useampi kappale ja jotka vievät mahdollisimman pienen varastotilan. Suurempia komponentteja valittiin varastoon harkittu rajallinen määrä. Komponentteja arvioitiin myös varaston loogisuuden suhteen käyttäjän näkökulmasta, kuten mitkä komponentit ovat samaa sarjaa ja ovatko varastovalikoiman tuotteet eri kokovariaatioiden suhteen järkeviä.

Lopullinen varastovalikoima päätettiin yhteistyössä logistiikkainsinöörin ja varastohenkilöstön kanssa niin, että tuotteisto mahtuu vapautuneeseen varastoon, hyödyntää tilan mahdollisimman optimaalisesti, kattaa mahdollisimman suuren osan kysynnästä ja on looginen varastoa käyttäville. Yhteensä varastoon valittiin 42 nimikettä.

Venttiileistä kanban-varastoon valittiin 20 nimikettä, jotka muodostavat 70 prosenttia kysynnästä. Näistä 18 tuotetta määriteltiin olevan käsin kerättäviä. Venttiileitä mahtuu pääosin lavalle enemmän kuin toimilaitteita, minkä vuoksi tiettyjen nimikkeiden osalta kanban-laskennan perusteella ei tarvittu useampaa kanban-korttia, mikä olisi edellytys järjestelmän toiminnalle. Osa venttiileistä päätettiin sijoittaa pelkästään yhdelle tai pienempien kokojen osalta jopa jaetuille lavoille. Näille tuotteilla määriteltiin tilauspiste, jotta varastopaikkoja käytettäisiin vain kiertäville nimikkeille. Yhteensä venttiileille tarvittiin vain 23 lavapaikkaa. Venttiileitä oli maksimissaan kaksi kanban-korttia nimikettä kohti.



Toimilaitteista kanban-varastoon valittiin 22 nimikettä, jotka muodostavat 80 prosenttia kysynnästä. Näistä 18 tuotetta määriteltiin olevan käsin kerättäviä. Toimilaitteiden kanban-määräksi muotoutui 53 kappaletta. Kanban-määrä vaihteli tuotteesta riippuen kahden ja neljän välillä. Kun venttiilien ja toimilaitteiden kattavuus kysynnästä kerrotaan yhteen (80 % x 70 %) saadaan näiden pääkomponenttien varaston kumulatiiviseksi kattavuudeksi 56 prosenttia. Laskennallisesti lähes 60 prosenttia keräilyistä voitaisiin siis tehdä omasta varastosta. Kanban-varastoon valittu tuotteisto oli kuvan 6 mukainen.

Nimike	Kappaletta/lava	Kanban-määrä	Kommentit	Käsin kerättävissä
Venttiili 1	36	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 2	24	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 3	18	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 4	12	2		Kyllä
Venttiili 5	12	2		Kyllä
Venttiili 6	30	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Venttiili 7	18	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 8	28	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Venttiili 9	6	2		Kyllä
Venttiili 10	18	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 11	9	2		Kyllä
Venttiili 12	6	2		Kyllä
Venttiili 13	36	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 14	24	1	tilauspiste	Kyllä
Venttiili 15	4	2	yli 1 kaulus	Ei
Venttiili 16	10	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Venttiili 17	10	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Venttiili 18	3	2	yli 1 kaulus	Ei
Venttiili 19	10	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Venttiili 20	10	1	tilauspiste, jaettu lava	Kyllä
Toimilaite 1	16	2		Kyllä
Toimilaite 2	4	4	Yli 1 kaulus	Ei
Toimilaite 3	16	2		Kyllä
Toimilaite 4	5	3		Kyllä
Toimilaite 5	3	4	Yli 1 kaulus	Ei
Toimilaite 6	16	2		Kyllä
Toimilaite 7	5	3		Kyllä
Toimilaite 8	3	3	Yli 1 kaulus	Ei
Toimilaite 9	2	4	Yli 1 kaulus	Ei
Toimilaite 10	5	2		Kyllä
Toimilaite 11	8	2		Kyllä
Toimilaite 12	8	2		Kyllä
Toimilaite 13	8	2		Kyllä
Toimilaite 14	4	2		Kyllä
Toimilaite 15	8	2		Kyllä
Toimilaite 16	4	2		Kyllä
Toimilaite 17	4	2		Kyllä
Toimilaite 18	8	2		Kyllä
Toimilaite 19	8	2		Kyllä
Toimilaite 20	5	2		Kyllä
Toimilaite 21	8	2		Kyllä
Toimilaite 22	8	2		Kyllä



Kuva 6. Kanban-varastoon valittu tuotteisto.

### 3.5 Kanban-tilausjärjestelmä

Varastoon haluttiin yksinkertainen tilausjärjestelmä. Lavoihin suunniteltiin A5-kokoiset laminoituneet tilauskortit, joihin erottautumisen vuoksi valittiin vihreä väri. Vihreää onkin pidetty kanban-tilausjärjestelmän jälkeen värikoodina varasto-ohjautuville komponenteille. Kanban-kortteja tehtiin analyysin mukaiset nimikkeet ja määrät. Korttiin merkittiin

kaikki tilaamisen kannalta oleellinen tieto: kortissa on kuvan 7 mukaisesti komponentin varastojärjestelmän tunnistekoodi sekä tekstinä että viivakoodina, ja nimikkeen kuvaus. Lisäksi kortissa on tilattava kappalemäärä, jotta korvaavan lavan tilaaminen onnistuisi helposti, sillä lavoilla on aina vakiomäärä komponentteja. Lisäksi ulkopuolisen varastokumppanin tilausjärjestelmään tulee syöttää tarkka kappalemäärä tilausyksikön sijaan. Kanban-korttia säilytetään lavakaulukseen laitettavissa muovitaskuissa.

Järjestelmä perustuu yksinkertaisesti siihen, että kun lava tyhjenee, toimitetaan kanban-kortti tilattavien komponenttien lokeroon keräilijän toimesta. Keräilijän tehtävänä on lisäksi siirtää puskuripaikalta täysi lava tyhjentyneen tilalle niin, että varsinaisella keräilypaikalla on aina lava. Varastohenkilöstö tilaa tuotteen ja lisäksi liittää kanban-kortin saapuvaan lavaan hyllyttämisen yhteydessä. Tilaus tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, vähintään kerran vuorossa.

LAVALAPPU / STOCK-KOMPONENTIT		KUN TÄMÄ LAVA TYHJENEE, TILAA xxx:ltä UUSI LAVA (____ kpl) TARKEMMAT OHJEET KÄÄNTÖ- PUOLELLA
<b>C0000065</b>		
		
<b>B1CU9/25</b>		

Kuva 7. Kanban-tilauskortti.

Kanban-kortin kääntöpuolelle sisällytettiin myös lyhyt toimintaohjeistus kuvan 8 mukaisesti.

**KERÄILIJÄ:** KUN LAVA TYHJENEE, SIIRRÄ PUSKURIPAICALTA UUSI LAVA KERÄILYPAILLALLE, OTA TÄMÄ LAVAKAULUSLAPPU MUKAASI, JA VIE LAVALAPPU TOIMISTOSSA OLEVAAN LOKEROON "TILATTAVAT STOCK-KOMPONENTIT".

**TILAAJA:** TILAA LAPUN MUKAISET TUOTTEET, LAITA LAVALAPPU TOIMISTOSSA OLEVAAN LOKEROON "TILATUT STOCK-KOMPONENTIT".

**HYLLYTTÄJÄ:** KUN TILATTU LAVA SAAPUU xxx:LTÄ, LAITA SIIHEN TÄMÄ LAVAKAULUSLAPPU JA SIIRRÄ LAVA NIMETYLLE PUSKURIPAICALLALLE.

Kuva 8. Kanban-tilauskortissa oleva toimintaohjeistus.

Työssä mietittiin myös sitä mahdollisuutta, että kanban-kortit siirrettäisiin fyysisesti kumppanin tiloihin. Varastokumppani edellyttää kuitenkin tilauksen syöttämistä sen järjestelmään, minkä vuoksi yhteisesti koettiin, ettei korttien liikuttelulla saavutettaisi erityistä hyötyä. Korttien fyysinen toimittaminen kumppanille ja sen odottaminen, että se kirjaa tilaukset järjestelmäänsä, olisi saattanut aiheuttaa jopa lisäviivettä tilauksiin. Lisäksi ajateltiin, että hallinta on helpompaa, kun korttitilauksia käsittelee vain yhdistelmäkokoonpanon varastohenkilöstö ja keräilijät. Riski korttien häviämiseen on tällöin hyvin pieni, kun vastuu on selvästi määritelty. Jos kanban-tilausjärjestelmää tulevaisuudessa laajennettaisiin, voisi korttien toimitus kumppanille saakka olla täysin perusteltua.

### 3.6 Minimitilauspistejärjestelmä

Kanban-järjestelmän rinnalle otettiin tietyille pienikokoisille venttiilinimikkeille käyttöön tilauspisteeseen perustuva tilausjärjestelmä, jossa keräilijää ohjeistettiin toimittamaan tilauskortti tilattavien komponenttien lokeroon. Kanban-menetelmästä luovuttiin silloin kun sillä laskennan perusteella kanbaneita olisi tarvittu selvästi alle 1 kappaletta. Tällöin varaston tehokkuuden ja kiertonopeuden varmistamiseksi kehitettiin visuaalisuuteen perustuva toimintatapa. Kun kortti puuttuu, on se selvä signaali siitä, että komponentti on laitettu tilaukseen. Tällöin vältetään liikatilaamiselta.

Tilauspistemäärät laskettiin summaamalla varmuusvaraston koko ja täydennysajan kysynnän määrä. Täydennysajan kysyntä laskettiin käyttäen kaavaa  $ROL = L \times D$ , jossa

$ROL$  on täydennystilaustaso

$L$  on täydennysaika

$D$  on täydennysajan kysyntä

Varmuusvarasto laskettiin käyttäen kaavaa  $SS = Z \times \delta \times \sqrt{L}$ , jossa

$SS$  on varmuusvarasto

$Z$  on varmuuskerroin

$\delta$  on kysynnän keskihajonta aikayksikköä kohti

$L$  on täydennysaika

Tilattavan eräkoon laskemiseksi ei käytetty erityistä kaavaa, vaan tilauseräkkö arvioitiin yhdessä logistiikkainsinöörin kanssa niin, että erän koko vastasi nimikkeestä riippuen 1–4 viikon varaston riittoa. (Waters 2009: 348, 356.)

### 3.7 Tilaamiskäytännöt

Tilausjärjestelmän periaatteet käytiin läpi sekä varastohenkilöstön ja varastoa käyttävien keräilijöiden kanssa lyhyessä koulutustilaisuudessa ennen varaston käyttöönottoa. Erityisesti kunkin henkilön vastualueet ja kanbaneiden tarkoitus käytiin läpi. Varaston henkilökuntaa ohjeistettiin tilaaman komponentteja mahdollisimman usein ja minimissään kerran vuorossa, jotta kumppanille aiheutuva keräilykuorma saadaan pysymään tasaisena. Tällöin ulkopuolisen varastokumppanin on helpompi säilyttää toimintansa vakiona, kun suuria tilauspiikkejä ei aiheuteta. Tiheä tilausväli on myös edellytys kanban-järjestelmän palveluasteen säilymiselle, sillä laskentakaavassa on käytetty optimaalista täydennysaikaa, joka perustuu päivittäiselle tilausperiaatteelle.

### 3.8 Varaston layout, toiminnallisuus ja muutostyöt

Varaston layout suunniteltiin yhdessä logistiikkainsinöörin ja varastohenkilöstön kanssa. Layout-suunnittelussa haluttiin huomioida keräilyn helppous, komponenttien sijainnin loogisuus ja kuljettava matka. Varastoon valituille komponenteille suunniteltiin sekä keräilylavapaikat että puskurilavapaikat. Keräily tehtäisiin siis aina mahdollisimman optimaalisesti sijoitetulta lavapaikalta ja puskurilavat sijoitettaisiin ylemmäksi. Suunnitelmassa kaikki komponentit sijoitettiin samaan varastokäytävään ja yhdelle puolelle, mikä aluksi herätti keräilijöissä pelkoa siitä, että käytävästä tulisi liian ruuhkainen. Komponentit haluttiin kuitenkin sijoittaa etäisyyksien lyhyden vuoksi samaan käytävään. Samalla käytävällä sijaitsee myös lähes kaikkiin Stock-virran keräilyihin tulevia muita varasto-osia, mikä vähentää liikkumisen kokonaismäärää. Keräilyn arveltiin myös nopeutuvan, kun liikuttava matka on pieni, mikä vähentää ruuhkariskiä. Myös trukiton keräily olisi mahdollinen suurella osalla keräilyistä, eli jos trukkiliikenne ruuhkautuu liian, voitaisiin ottaa käyttöön vähemmän tilaa vievää kärrykeräilyä.

Keräilypaikat valittiin niin, että suurimennekkisimpien kevyiden komponenttien keräilypaikat sijoitettiin vetotasoille ja niin alas, että käsin keräily on mahdollista, jotta trukkinostelulta vältyttäisiin. Käytössä olevat trukit ovat melko hitaita, jolloin keräily on selvästi nopeampaa, jos komponentit voidaan kerätä suoraan hyllystä. Isompien ja painavampien tuotteiden keräilypaikat sijoitettiin korkeammalle ja vähän hankalammin kerätäviin paikkoihin.

Hyllykerrosten korkeus suunniteltiin optimaaliseksi, mutta kuitenkin riittävän väljäksi, jotta kolhiintumisriski ylempään hyllykannattimeen on minimaalinen. Tilauspistenimikkeille, jossa lava ei vaihdu, suunniteltiin ja teetettiin kiinteät lavat, joista osa oli jaettu kahteen tai kolmeen sektoriin tilan optimoimiseksi. Kiinteiden lavojen etureuna oli mädallutettu, jotta keräily olisi helpompaa.

Valikoimasta tehtiin myös looginen niin, että saman sarjan ja kokoryhmän tuotteet olisivat mukana, jotta käyttö olisi helppoa ja jokaista riviä ei tarvitsisi tarkistaa tuotelistauksesta. Muutama tuote poistettiin liian ”epäloogisina” valikoimasta, vaikka laskennallisesti ne olisi voitu sisällyttää kanban-varastoon, ja toisaalta yksi tuote sisällytettiin valikoimaan juuri loogisuuden vuoksi, vaikka menekki ei ollut laskennallisesti arvioiden riittävä.

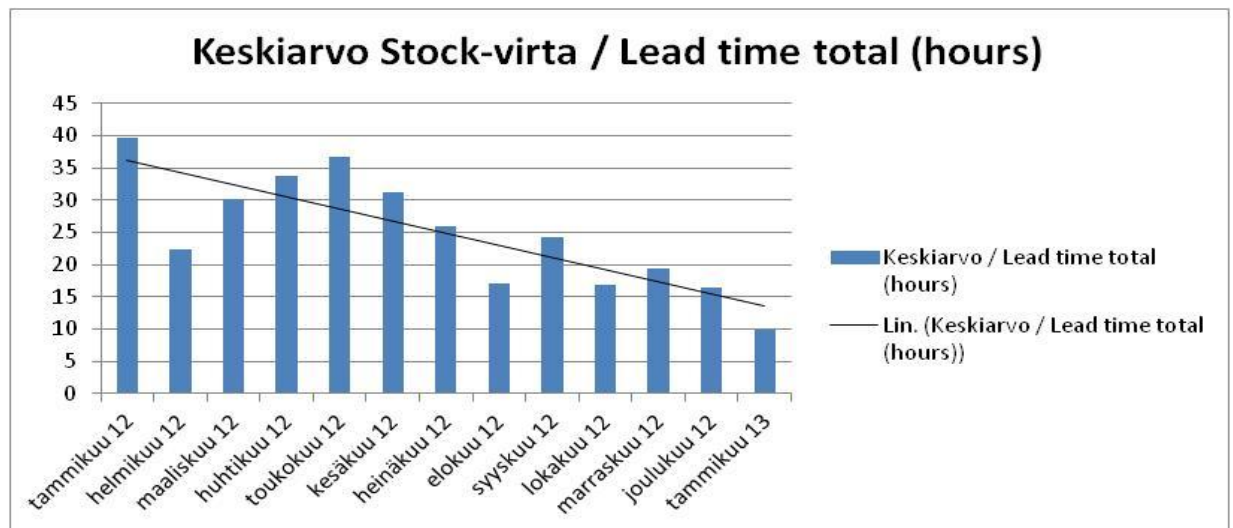
Layout-suunnitelma toteutettiin varastohenkilöstön toimesta yhtenä viikonloppuna. Hyllyväliä rakennettiin suunnitelman mukaan ja lavapaikat merkittiin mahdollisimman selkeästi. Suunnitelman mukainen perusvarasto tilattiin toimittajalta, laaditut kanban-kortit liitettiin lavoihin ja lavat sijoitettiin oikeille paikoilleen. Kanban-korteille (tilattaville ja tilatuille) tarkoitetut lokerot sijoitettiin toimiville paikoille. Toteutusvaihe sujui helposti, suunnitellussa aikataulussa ja hyvässä yhteistyössä.

## 4 Työn tulosten arviointi

Kun varasto oli rakennettu ja tilausjärjestelmä luotu, jäätiin odottamaan, näkyvätkö muutokset keräilyn läpimenoajassa ja ulkopuolisen kumppanin keräilyjen määrässä. Nopeaa palautetta saatiin varasto- ja keräilyhenkilöstöltä, jotka kokivat tilausjärjestelmän toimivana. Heidän pyynnöstään tilausjärjestelmän piiriin lisättiin suurimman menekin omaavat varasto-ohjautuvat liitososapalkit, joita menee lähes jokaiseen keräilyyn yhdistelmään. Keräilijöiden palautteen perusteella pelko käytävän ruuhkautumisesta osoittautui myös turhaksi, mikä oli erittäin positiivinen tulos. Ulkopuolisen varastokumppanin täydennystilausten toimitusajalla oli myös merkittävä rooli varaston palveluasteen takaamisessa. Varastohenkilöstön mukaan yhteistyö on ollut sujuvaa ja toimitukset nopeita. Tavara saapuu myös tilatussa järjestyksessä.

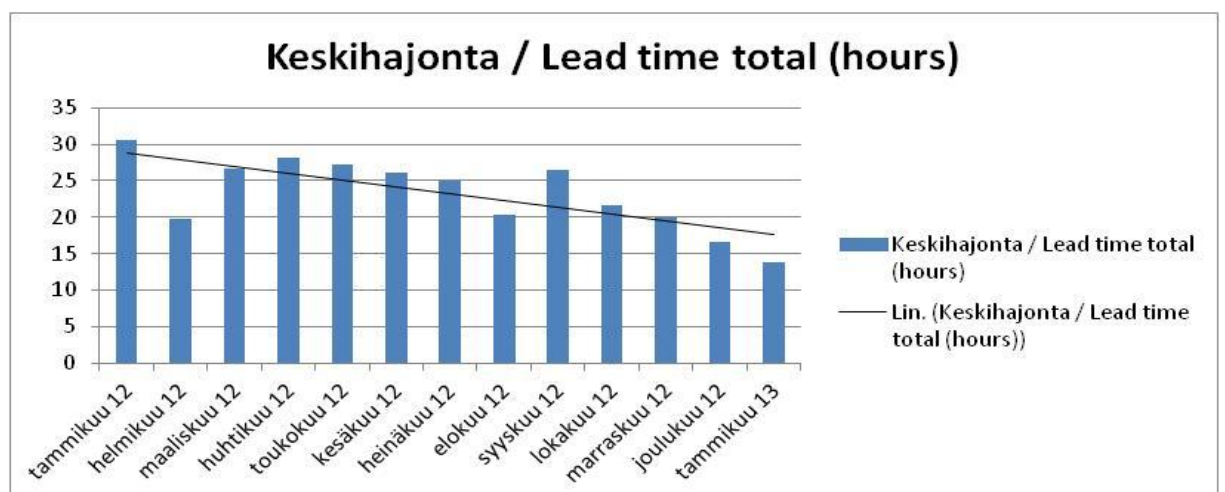
Vuoden 2013 alussa tehtiin analyysi keräilyn kokonaisläpimenoajan suhteen. Keväällä tehtyä tarkempaa käsin täytettävillä lomakkeilla tehtyä seuranta ei haluttu sen työläiden vuoksi enää suorittaa, vaan toiminnanohjausjärjestelmästä saatavan kokonaisläpimenoajan arveltiin riittävän tulosten arvioimiseen. Ajat eivät ole täysin verrannollisia keskenään, sillä toiminnanohjausjärjestelmästä saatu data sisältää myös viikonloput, jolloin keräilyjen kestoissa on eroa verrattuna lomakepohjaiseen seurantaan. Toiminnanohjausjärjestelmästä saadusta datasta analysoitiinkin pelkkää muutosta. Analyysissä havaittiin, että Stock-virran keräilyn läpimenoaika on taulukon 5 mukaisesti laskenut selvästi. Heinäkuun 2012 ja tammikuun 2013 välisten keräilyaikojen keskiarvo oli laskenut 42 prosenttia verrattuna vuoden 2012 tammi-kesäkuun keskiarvoon. Laskeva trendi on selvä.

Taulukko 5. Kokonaiskeräilyn läpimenoaikakeskiarvo Stock-virrassa.



Keskiarvon lisäksi haluttiin varmistua, että myös keskihajonta olisi niin ikään laskenut, jotta prosessin luotettavuus ei heikkenisi. Taulukon 6 mukaisesti myös keräilyn kokonaisläpimenoajan keskihajonta on laskenut vuoden 2012 aikana. Keskihajonta on yhä melko korkealla tasolla, mutta tämä johtunee mittaustavasta. Keräilyn kokonaisläpimenoaika lasketaan keräilykortin tulostamisesta keräilyn valmistumiseen, mikä ei suoraan kuvasta pelkkää ”aktiivista” keräilyn osuutta.

Taulukko 6. Kokonaiskeräilyn läpimenoajan keskihajonta Stock virrassa.

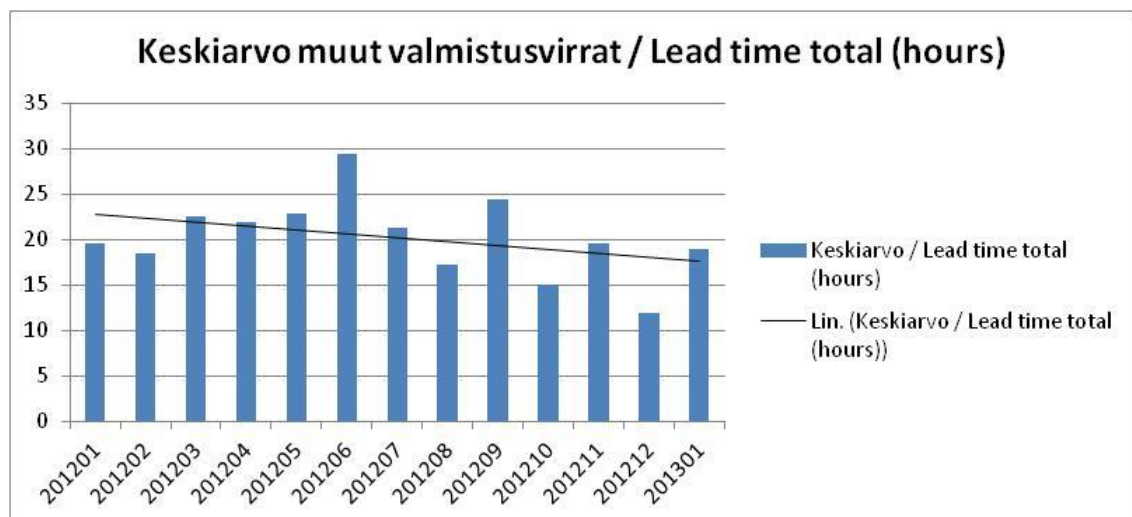


Läpimenoaikaan vaikuttaa muukin toimintaympäristö, kuten oman ja kumppanin työkuorma ja tuotevalikoima (kuinka monimutkaisista ja minkä kokoisista keräilyistä on kyse). Tulosten onnistumisen arvioinnissa verrattiin Stock-virran keräilyaikojen muutosta muihin valmistusvirtoihin, joiden läpimenoaikaan varastoinnin muutos ei niin merkit-



tävästi vaikuttanut, sillä muut valmistusvirrat käyttävät vain osaa varastoitavista toimilaittekomponenteista, eikä ollenkaan venttiileitä. Muiden valmistusvirtojen keräilyn kokonaisläpimenoaika oli taulukon 7 mukaisesti vastaavassa vertailussa laskenut vain 18 prosenttia, joten Stock-valmistusvirran 42 prosentin muutos oli selvästi suurempi. Koska vaikutuksia ehdittiin seurata melko pitkältä ajalta, ei tuotevalikoiman vaihtelun uskottu suuresti vaikuttavan tuloksiin. Työn alussa asetettiin tavoitteeksi, että 50 prosenttia keräilyistä voitaisiin suorittaa omasta varastosta. Koska lomakepohjaista seuranta ei tehty, ei osuutta voitu faktapohjaisesti varmentaa, mutta keräilyn läpimenoaikojen selvän alenemisen vuoksi työn koettiin onnistuneen tavoitteessaan.

Taulukko 7. Kokonaiskeräilyn läpimenoaikakeskiarvo muissa valmistusvirroissa.

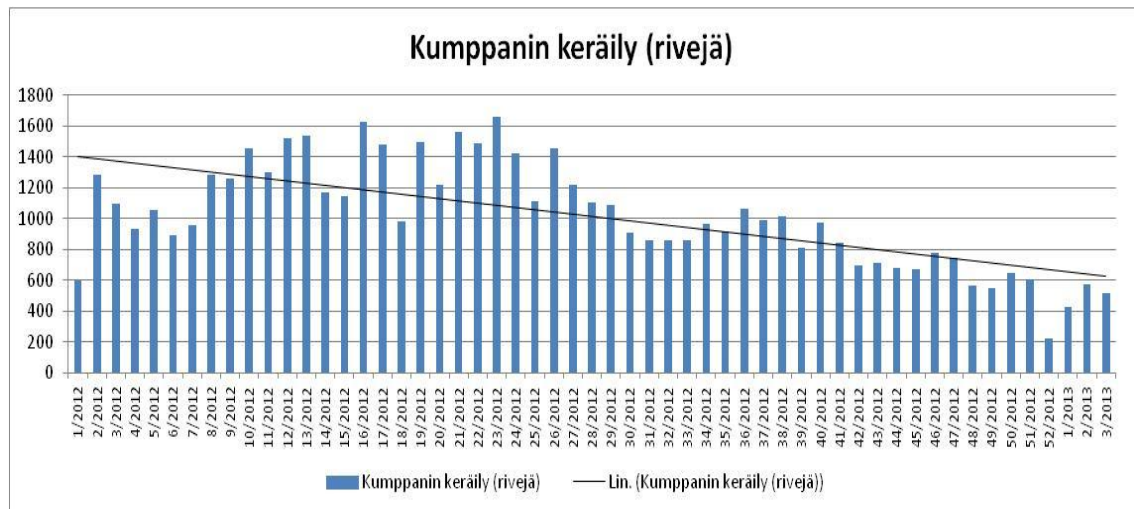


Insinööriyön toinen tavoite liittyi ulkopuolisen varastokumppanin keräilytapahtumien vähentämiseen ja siitä aiheutuvaan kustannussäästöön. Varastotapahtumien määrää analysoitiin vuoden 2012 alusta tammikuuhun 2013 saakka taulukon 8 mukaisesti. Keräilydatasta ei voida eritellä eri valmistusvirtojen keräilyjä, jolloin taulukossa kuvataan kaikille virroille tehtyjä keräilyjä. Taulukon perusteella keräilyjen määrässä on selvä laskeva trendi. Tammi-kesäkuussa 2012 keräilyjä oli viikossa keskimäärin 1300 riviä, kun heinäkuun 2012 ja tammikuun 2013 välillä keskimääräinen viikkotasoa oli laskenut 800 kappaleen tasolle. Pudotusta on noin 40 prosenttia. Samana vertailujaksona tuotannon valmistusmäärät ovat laskeneet vain noin 20 prosenttia.

Vaikka valmistusmäärän pudotus huomioidaan, voidaan työn myötä tehdyn varaston optimoinnin arvioida vaikuttaneen keräilymäärien laskemiseen, sillä mitään isoja keräilyyn liittyviä toimintatapojen muutoksia ei ole samana ajanjaksona tehty. Jos arvioi-

daan, että noin puolet keräilyrivien vähenemisestä aiheutuneesta kustannussäästöstä on varaston optimoinnin seurausta, on vuotuinen säästö yli 100 000 euroa. Varastoinnin siirtäminen omaan varastoon on aiheuttanut pääasiassa työkuluja, sillä mitään rakenteellisia muutoksia olemassa olevaan varastoon ei tehty, eikä investointeja tarvittu. Voidaan arvioida, että työn toteuttamiseen käytetty palkallinen työmäärä hankkeeseen osallistuneiden henkilöiden osalta olisi yhteensä 300 tuntia. Työhön kulutetut tunnit maksavat itsensä takaisin hyvin lyhyessä ajassa. Muita kustannuksia on haastavampi laskea, sillä esimerkiksi oman varastopaikan tarkkaa laskennallista kustannusta ei ole tiedossa, mutta voidaan olettaa, että oman ja kumppanin lavapaikkojen kustannuksessa ei ole ratkaisevaa eroa. Varsinaista pysyvää työkustannusten lisäystä ei siirrosta ole aiheutunut. Vaikka keräilytyötä on siirretty oman varastohenkilöstön tehtäväksi, ei omien keräilijöiden tai varastohenkilöstön määrää ole tarvinnut lisätä. Omaan varastoon siirretyt komponentit ovat pääosin helppoja ja nopeita kerätä, ja ne sijaitsevat toisiaan lähellä. Myös puutetilanteet ovat kyselyjen mukaan vähentyneet, mikä alentaa mahdollisia viivästymiskustannuksia.

Taulukko 8. Ulkopuolisen palveluntarjoajan keräilyrivien määrän kehitys.



Tulokset ovat erittäin positiivisia. Työssä havainnollistettiin, että toimintaa yksinkertaistamalla ja imuohjauksen avulla saadaan hukkaa poistettua ilman suuria investointeja ja monimutkaisia järjestelmiä. Läpimenoajan lyheneminen alentaa keskeneräistä tuotantoa ja luo joustavuutta toimintaan. Alentunut keräilytapahtumien määrä parantaa Stockvirran kustannustehokkuutta.

Käyttäjien tyytyväisyys kanban-järjestelmään ja varastovalikoimaan oli kyselyjen mukaan hyvä. Tilaaminen ja korttien käsittely koettiin helpoksi ja nopeaksi. Puutetilanteita

oli varastohenkilöstön mukaan harvoin, mutta tarkkaa puutedataa ei ollut saatavilla. Toisaalta jos puutetilanteita ei ole koskaan, on varastotasot laskettu liian suuriksi, jolloin kanban-järjestelmä ei nosta ongelmia esille ja ohjaa toimintaa jatkuvan parantamisen suuntaan. Keräilijät noudattivat pelisääntöjä pääasiassa hyvin, mutta jonkun verran hankaluuksia oli tilauspisteellä toimivien nimikkeiden kanssa, sillä tilauksia ei aina tehty riittävän ajoissa. Kirjattua tilauspistettä ei siis aina noudatettu. Kanban-varaston käyttöön liittyen ei yllättävästi havaittu minkäänlaista muutosvastarintaa.

## 5 Johtopäätökset

Työssä opittiin varastoanalyysityökalujen käyttöä ja oivallettiin niiden hyöty eri varastointimallien arvioimisessa. Lisäksi ymmärrettiin, miten tärkeää on hyödyntää todellista kulutustietoa sekä kysynnän vaihtelutietoa päätöksiä tehtäessä. Insinööriyön aikana haluttiin ymmärtää ja kokea ”varsinainen tekeminen”, jotta tehdyt suunnitelmat toimisivat sekä paperilla että käytännössä. Teoriapuolella tässä työssä perehdyttiin ABC-analyysiin, Leaniin, Just-In-Time-periaatteisiin, imuohjaukseen, kanban-menetelmään ja varastointiprosesseihin. Kanban-korttien avulla varaston ohjausta saatiin visuaalisemmaksi, tehokkaammaksi ja toimintavarmemmaksi.

Kaikille varastoa käyttäville on hankkeen seurauksena selvää, missä vaiheessa mikäkin komponentti on: mitä täytyy tilata ja mitä on saapumassa. Insinööriyön aikana opittiin myös osallistamisen ja yhteistyön merkitys: kun henkilöstö pääsee itse vaikuttamaan tuleviin muutoksiin, on niiden läpivienti ja uusien toimintatapojen käyttöönotto mutkatonta. Kanban-kortit osoittautuivat erittäin toimiviksi, ja varastoa käyttävät henkilöt ottivat järjestelmän erittäin hyvin vastaan. Työn edetessä henkilöstö jopa halusi lisätä Kanban-järjestelmään uusia komponentteja.

Insinööriyö onnistui tavoitteissaan sekä läpimenoajan alentamisen että ulkopuolisen varastokumppanin keräilyjen määrän vähentämisen suhteen. Läpimenoaika väheni merkittävästi. Rahalliset hyödyt osoittautuivat yllättävän suuriksi, vaikka työn käynnistämisen ensisijainen ajuri olikin keräilyn läpimenoajan lyhentäminen, ja tuotannon kuormittamisen helpottaminen. Työn onnistumiseen vaikutti huolellinen suunnitteluvaihe ja lähtötilanteen faktapohjainen kartoittaminen, jolloin osattiin tehdä ”oikeita asioita”. Iso onnistuminen oli myös se, että yhteistyö eri tahojen kanssa oli sujuvaa ja positiivista. Alusta jatkokehittämiselle on hyvä.

Jatkokehityksenä kannattaisi pohtia keräilyn läpimenoajan vähentämistä entisestään keskittäen erityishuomiota vaihtelun pienentämiseen. Nyt valmiiden keräilyjen puskurikokoa ei ole määritetty. Myös kanban-varaston laajentaminen ja varaston visuaalisuuden lisääminen voisivat olla hyviä jatkokehityskohteita. Tässä työssä kanban osoittautui selkeämmäksi ja käyttövarmemmaksi kuin tilauspistepohjainen järjestelmä. Henkilöstö sisäisti kanban-järjestelmän vaivattomasti, mutta tilauspistenimikkeiden kanssa on vielä kehitettävää, esimerkiksi niiden visuaalisen eroavuuden suhteen.

Toisaalta Kanbanin avulla saatiin parannettua ainoastaan sisäisten siirtojen toimivuutta. Kumppanin tiloissa oleva varastotasoon ei kajottu, vaikka omissa tiloissa olevaa varastoa saatiin optimoitua. Ihannetilanteessa ja tulevaisuuden haasteena kanbanjärjestelmää olisi mielenkiintoista hyödyntää laajemminkin, jotta koko potentiaali saataisiin hyödynnettyä. Työssä kehitetyn järjestelmän toimivuus on siis täysin riippuvainen päävaraston palvelutasosta ja toimivuudesta, eli varaston palveluaste pystytään takaamaan vain osittain. Jotta toiminnan laatu saataisiin pysymään korkeana, tulisi myös hankintatoimen ja tuotannosuunnittelun olla aktiivisesti mukana kehityksessä. Myös ABC-analyysin oppeja päästiin työssä hyödyntämään vain rajallisesti, koska työ painotui ainoastaan sisäisiin varastosiirtoihin ja yhteen nimikeryhmään. Varastokumppanin tiloissa sijaitseva komponenttivaraston ja sen täydennysperiaatteiden kehittäminen laajemman ABC-analyysin avulla olisi hyvä lisä tässä työssä kehitetyn prosessin kokonaisluotettavuuden parantamiseksi.

Hyvien tulosten ylläpitämiseksi tulee muistaa kanban-pelissäännöt, ja huolehtia että sovitusta toimintatavoista pidetään kiinni. Tämän työn laajuuteen ei kuulunut mittariston luominen, mutta keräilyläpimenoaika ja mahdollisia varaston poikkeamatilanteita, kuten puute- tai ylitilaustapauksia, olisi hyvä seurata säännöllisesti. Mahdolliset poikkeaman aiheuttajat tulee selvittää, jotta syihin voidaan puuttua. Myös ulkopuolisen varastokumppanin toimituskykyä tulisi seurata ja varmistaa toimiva yhteistyö, jotta hyvä palveluaste säilyy jatkossakin.

## Lähteet

Waters, Donald 2009: Supply Chain Management – An Introduction To Logistics. Second Edition. Palgrave Macmillan. UK.

Sakki, Jouni 1999: Logistinen prosessi. Neljäs ja uudistettu painos. Jouni Sakki. Espoo

Simchi-Levi, David, Kaminsky, Philip & Simchi-Levi, Edith 2003. Designing & Managing the Supply Chain. The McGraw-Hill Companies. USA.

Kerber, Bill & Dreckschage, Brian J. 2011: Lean Supply Chain Management. Taylor and Francis Group, LLC. USA.

Sayer, Natalie J. & Williams, Bruce 2012. Lean for dummies. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Womack, James P. & Jones, Daniel T. 2003: Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Second Edition. James Womack & Daniels Jones. USA

Wild, Tony 2002: Best Practice in Inventory Management. Second Edition. Elsevier Ltd. USA.

Sakki, Jouni 2003: Tilaus-toimitusketjun hallinta - Logistinen b to b –prosessi. Jouni Sakki Oy. Espoo.

Hernandez, Arnaldo 1989: Just-In-Time Manufacturing – A Practical Approach. Prentice-Hall Inc. USA.

Smalley, Art 2004: Creating Level Pull. The Lean Enterprise Institute, Inc. USA.

Rother, Mike 2010: Toyota Kata. Kääntänyt Niemi, Marko 2011. Bookwell Oy. Porvoo.

Japan Management Association 1985: Kanban – Just in time at Toyota. Kääntänyt Lu, David J. 1986. Productivity Press. Cambridge.

Kanban calculation 2013. Verkkodokumentti Resourcesystems consulting.  
<<http://www.resourcesystemsconsulting.com/blog/kanban-calculation/>>. Luettu 1.4.2013.