

Aada Kivalo

# HeVi-tuotannon tehostaminen sisälogistiikkaa kehittämällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

11.4.2018

Tekijä Otsikko	Aada Kivalo HeVi-tuotannon tehostaminen sisälogistiikkaa kehittämällä
Sivumäärä Aika	26 sivua + 2 liitettä 11.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Teollisuuden prosessit
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Antti Koski Yliopettaja Antero Putkiranta
<p>Insinööriyön tarkoitus oli tutkia kohdeyrityksen tuotannon prosesseja, löytää niistä arvoa lisäämättömiä tekijöitä sekä ideoida prosessin tehokkuutta parantavia kehitysehdotuksia. Tavoitteena oli kuvata ja analysoida sisäisten materiaalivirtojen nykytilaa. Näiden kuvausten ja analyysien pohjalta tavoite oli ideoida tuotannon tehokkuutta parantavia kehitysehdotuksia.</p> <p>Projekti alkoi tuotannon sisäisten prosessien kuvaamisella ja mittaamisella sekä näiden mitaustulosten analysoinnilla. Projekti jatkui projektia tukevan teorian tutkimisella. Tämän jälkeen projektissa siirryttiin kehitysehdotusten ideointiin. Ideoinnin jälkeen nämä kehitysehdotukset testattiin käytännössä. Testausten yhteydessä prosessi mitattiin uudelleen ja mitaustulokset analysoitiin.</p> <p>Projektin tuloksena syntyi vertailu nykytila-analyysin ja kehitysehdotusten testausten välillä. Vertailun tarkoituksena oli osoittaa mahdollisten muutosten hyöty tuotannon prosesseissa niiden tehokkuuden parantamiseksi. Vertailussa nähdään muutosten tuoma huomattava parannus tuotannon prosessien tehokkuudessa.</p> <p>Työ sisältää materiaali, jotka on salattu kohdeyrityksen pyynnöstä.</p>	
Avainsanat	materiaalivirta, lean, hukka, tehokkuus

Author Title	Aada Kivalo Optimizing fruit and vegetable production by improving inhouse logistics
Number of Pages Date	26 pages + 2 appendices 11 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Engineering and Management
Professional Major	Industrial Processes
Instructors	Antti Koski, Production Manager Antero Putkiranta, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine the production processes of the target company, discover non-value adding activities from these processes and innovate effectiveness improving development proposals. The main aim was to illustrate and analyse the present state of the internal material flows. Based on these illustrations and analysis the main objective were to innovate development proposals which would improve effectiveness of the production processes.</p> <p>The project started by illustrating and measuring the internal processes and analysing these measuring results. The project then continued by searching for the project supporting theory. After this, the project continued by innovating development proposals. After innovating, the development proposals was put in to test. Along testing, the process was measured again and the measuring results were analysed.</p> <p>As an outcome of the project was created a comparison between the present state analysis and the test of the development proposals. The purpose of the comparison was to indicate effectiveness improving benefits of the possible changes in production processes. In the comparison, significant improvement in the effectiveness of the production processes can be seen.</p> <p>This thesis includes classified material on the request of the target company.</p>	
Keywords	material flow, lean, waste, effectiveness

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Materiaalivirta ja Lean	5
2.1	Materiaalivirta	5
2.2	Läpimenoaika	6
2.3	Lean	6
2.4	Virtaustehokkuus	8
2.5	Hukka	10
2.6	Imuohjaus	11
2.7	Just-In-Time	12
2.8	PDCA-sykli	13
2.9	Value stream map	14
2.10	Spagettikaavio	14
3	Kohdeyritys	16
4	Nykytila-analyysi	16
4.1	Arvovirtakuvaus	16
4.2	Sisälogistiikka tuotannossa	17
4.3	Kokonaisläpimenoaika	17
4.4	Tutkimuksen validiteetti	17
4.5	Tutkimuksen reliabiliteetti	17
4.6	Johtopäätökset	18
5	Prosessin kehitysehdotukset ja niiden testaaminen	19
5.1	Prosessin kehitysehdotukset	19
5.2	Testaus ja siitä saadut mittaustulokset	20
5.3	Johtopäätökset	20
6	Yhteenveto	22
	Lähteet	25

## Liitteet

Liite 1. Kellotuspohjat työpisteille ja varastoon

Liite 2. Excel-tiedostot kellotuksista, datasta sekä analyysistä

## Lyhenteet

HeVi	Hedelmä- ja vihannestuotanto. Projektin rajausalue.
JIT	Just-In-Time, Japanissa vuonna 1950 kehitetty virtautuksen toimintatapa.
PDCA	Plan, Do, Check, Act. Jatkuvaan parantamiseen käytettävä menetelmä.
TPS	Toyota Production System. Japanissa vuonna 1945 kehitetty tuotannonohjausjärjestelmä.
VSM	Value Stream Map. Arvovirtakuvaus, lean-työkalu materiaali-, informaatio- ja rahavirtojen kuvantamiseen.

## 1 Johdanto

Tämä luku sisältää materiaalia, joka on salattu kohdeyrityksen pyynnöstä.

Materiaalivirtojen tehokkuus ja oikea-aikaisuus ovat kriittisiä tekijöitä yrityksen prosessien kannalta. Materiaalivirrat kuljettavat materiaalia sinne, missä sitä tarvitaan. Tehotomasti virtaava materiaalivirta aiheuttaa hukkaa prosesseissa ja mahdollisesti kasvattaa prosessin läpimenoaikaa. Jatkuvasti virtaavat ja hyvin organisoidut materiaalivirrat puolestaan voivat parantaa prosessien tehokkuutta merkittävästi.

Insinööriä tehdään, jotta kohdeyritys voisi parantaa tuotannon prosessien tehokkuutta sisälogistiikkaa kehittämällä. Nyt prosesseissa esiintyy hukkaa, jota olisi mahdollista vähentää esimerkiksi materiaalivirtoja muuttamalla.

Insinööriön päämääränä on tehostaa kohdeyrityksen tuotannon prosesseja kehittämällä tuotannon sisälogistisia materiaalivirtoja. Tavoitteena on kuvata sisäisten materiaalivirtojen nykytilaa. Kuvatun nykytilan perusteella tavoite on ideoida kehitysideoita materiaalivirtojen parantamiseksi ja löydettyjen hukkien poistamiseksi sekä kokonaisläpimenoajan lyhentämiseksi. Ideoituja kehitysehdotuksia on tarkoitus testata käytännössä ja näiden testausten jälkeen on tarkoitus verrata kehitystoimenpiteiden mahdollista vaikutusta lähtötilanteeseen.

Projekti on rajattu koskemaan osaa HeVi- tuotantopuolen, eli hedelmä- ja vihannestuotantopuolen erikseen määriteltyjä tuotantolinjoja sekä niihin linkittyviä materiaalivirtoja. Nämä tuotantolinjat esitellään myöhemmin luvussa 3 kohdeyrityksen esittelyn myötä. Tuotantolinjoja ei käsitellä tutkimuksessa erikseen, vaan niistä saatua dataa käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Rajatut materiaalivirrat kulkevat raaka-ainevarastosta tuotannon kautta loppuvarastoon.

Tutkimuksen toteutus ja työn rakenne

Projektityö on tarkoitus toteuttaa kuvan 1 havainnollistaman projektisuunnitelmaan mukaisesti. Projekti lähtee tavoitteet asettamisesta. Tavoitteen määrittämisen jälkeen projektissa on tarkoitus edetä nykytila-analyysiin. Nykytila-analyysi toteutetaan prosessien kuvaamisella sekä mittaamisella. Nykytila-analyysiä käsitellään tarkemmin luvussa 4.

Nykytila-analyysistä on tarkoitus siirtyä kirjallisuustutkimukseen, jonka tavoitteena on tutkia projektia tukevaa tietoa. Kirjallisuustutkimus esitellään luvussa 2. Tämän jälkeen projektissa on tarkoitus edetä kehitysehdotusten ideoimiseen sekä kuvaamiseen. Kehitysehdotukset on esitelty luvussa 5. Lisäksi projektissa on tarkoitus testata käytännössä esitettyjä kehitysehdotuksia. Testauksen yhteydessä on tarkoitus mitata prosessi uudelleen ja näitä mittaustuloksia on tarkoitus verrata nykytila-analyysissä saatuihin mittaustuloksiin. Testaus ja siitä saadut tulokset on esitetty kehitysehdotusten jälkeen luvussa 5. Projektin lopputuloksena syntyy vertailu prosessin lähtötilanteesta kehitysehdotusten testauksesta saatujen tulosten kanssa. Vertailu on esitelty myös luvussa 5. Lopuksi viimeisessä luvussa on yhteenveto tehdystä projektista.



Kuva 1. Projektisuunnitelma.



## Tutkimusmetodologia

Tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena käyttäen konstruktivistista tutkimusotetta. Konstruktivistista tutkimusta käytetään case-tutkimuksen suorittamiseen. Sen avulla ratkaistaan reaali maailman ongelmia kytkemällä nämä ongelmat teoreettiseen tietämykseen. Konstruktivistisen tutkimusotteen tuloksena syntyy alkuperäisen tosielämän ongelman ratkaiseva innovatiivinen konstruktio (Lukka. 2014). Konstruktivistinen tutkimusote on valittu projektiin sen edellä mainitun kuvauksen perusteella.

## Aineisto ja sen keruumenetelmät

Projektissa kerättyä aineistoa käytetään nykytilan kartoittamiseen sekä prosesseissa esiintyvien mahdollisten kehityskohteiden havaitsemiseen.

Tutkimuksen aineistonkeruuseen on käytetty useita eri menetelmiä. Materiaalivirtojen läpimenoajat on mitattu kellottamalla. Kellottaminen on toteutettu yhteistyössä sekä tuotannon että varaston työntekijöiden kanssa. Kellotus on suoritettu manuaalisesti kelloa tarkkailemalla ja kellonajat kirjaamalla erikseen tarkoitusta varten luotuun taulukkoon. Kellonaikoja on otettu erikseen määriteltyjen tuotteiden valmistuksesta, pakkaamisesta sekä hyllyttämisestä. Jokaiselle työpisteelle sekä varastolle on omat, toisiaan muistuttavat kellotuspohjat (liite1).

Kellotuspohjan täyttö tapahtuu tuotannon ja varaston työntekijöiden toimesta. Tuotannon työntekijän on määrä kirjata lomakkeeseen se kellonaika, kun tietyn tuotteen valmistus alkaa. Valmistus katsotaan alkaneeksi, kun raaka-aine lähdetään hakemaan varastosta. Vastaavasti pakkauslinjan työntekijä merkitsee lomakkeeseen kellonajan, kun tietyn tuotteen pakkaaminen aloitetaan. Varaston työntekijä merkkää pohjaan kellonajan, kun tietyn tuotteen hyllytysprosessi on valmis, eli kun tietty tuote on hyllyssä valmiina keräiltäväksi. Loput projektin kannalta relevantit kellonajat saadaan selville toiminnanohjausjärjestelmästä. Näillä tiedolla saadaan laskettua kokonaisläpimenoaika, joka kuluu materiaalin virtaamiseen raaka-ainevarastosta eri työpisteiden kautta loppuvarastoon asti.

Materiaali- ja informaatiovirtojen tarkastelu on tehty yhteistyössä logistiikkahenkilökunnan kanssa. Logistiikkahenkilökunnan selvennysten perusteella on hahmotettu ensin piirtämällä arvovirtakuvaus (VMS) (kuva 2), joka on myöhemmin viimeistelty nykytila-analyysiä varten luvussa 4.

**Kuva 2. Luonnos Value Stream Mapista.**

Lisäksi projektissa on käytetty kiinteistön layoutia (kuva 3), joka on saatu käyttöön yrityksen tekniseltä päälliköltä. On otettava huomioon, että layout on vanhentunut, eikä se ei esitä projektin aikaista tuotantotilan todellista asettelua. Muutokset ovat kuitenkin niin vähäisiä, etteivät ne ole projektin kannalta relevantteja, ja layoutia voi käyttää projektissa.

**Kuva 3. Kiinteistön layout.**

## 2 Materiaalivirta ja Lean

Tässä luvussa käsitellään projektissa käytettyä teoriaa. Teorian on tarkoitus tukea projektissa tehtävää nykytila-analyysia sekä kehitysehdotuksia. Tietoperustan pohjana on käytetty materiaalivirtaa ja lean-tuotantofilosofiaa. Lean-tuotantofilosofiaan sisältyviä käsitteitä virtaustehokkuus, imuohjaus, hukka, Just-In-Time, PDCA-sykli, Value stream map ja spagettikaavio avataan tässä luvussa. Lisäksi luvussa käsitellään läpimenoaikaa.

### 2.1 Materiaalivirta

Materiaalivirtojen tulisi kuljettaa oikeaa tuotetta oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Tämä vaatii sekä suunnittelua että ohjausta (Martinsuo. 2016, s. 281). Materiaalivirtauksen tulisi olla mahdollisimman nopeaa, eikä siihen saisi vaikuttaa häiriötekijöitä. Optimaalisessa materiaalivirrassa jokainen työvaihe tuottaa materiaaliin lisäarvoa, mutta usein toimitusketju sisältää odotusta ja pysähdyksiä materiaalia varastoitaessa. Informaatiovirroilla ohjataan materiaalivirtoja niin, että varastointi, sidottu pääoma ja kustannukset minimoituisivat sekä läpimenoajat ja toimituskyky paranisivat. (Martinsuo. 2016, s. 281.)

Tehokkaan sisäisen materiaalivirran edellytyksenä on työpisteiden hyvä suunnittelu. Materiaali virtaa työpisteeltä toiselle, ja tehokkaassa materiaalivirrassa virtaus on jatkuvaa, minkä johdosta materiaalia kerääntyy vain vähän puskuriin työpisteille. Tämä vaikuttaa läpimenoaikoihin lyhentävästi. Lisäksi tehokas materiaalivirta auttaa luomaan rutiininomaisia työtehtäviä prosesseissa (Arnold. 2014, s. 269.).

Hyvän materiaalivirran yksi tunnusmerkeistä on lyhyet toimitusajat. Lisäksi hyvä materiaalivirta edellyttää informaatiovirtaa, jotta tarvittavaa materiaalia toimitetaan juuri oikeaan aikaan juuri oikea määrä (Logistiikan maailma). Lisäksi materiaalivirralla on mahdollista määritellä päämääriä. Näitä päämääriä ovat esimerkiksi materiaalin tarpeettoman siirtelyn minimointi, materiaalsiirtojen nopea toteutus ja minimointi sekä mahdollisimman lyhyt kuljetusmatka. (Haavistola, 2012. s. 18.).

## 2.2 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan sitä aikaväliä, joka kuuluu prosessin suorittamiseen sen aloitushetkestä päättymishetkeen (Modig. 2016, s. 22). Läpimenoaika koostuu yleensä neljästä eri elementistä:

1. ajoajasta
2. asennusajasta
3. liikutteluajasta
4. jonotusajasta

Ajoaikaan sisältyy aika, joka kuuluu esimerkiksi tuotteen prosessointiin. Asennusaika puolestaan sisältää ajan, joka kuuluu työpisteen esivalmisteluihin ennen prosessointia. Liikuttelu-aika on aika, joka kuuluu prosessissa materiaalin liikuttamiseen työpisteeltä toiselle. Jonotusaika puolestaan on se aika, joka prosessissa kuuluu odottamiseen ennen prosessointia työpisteellä. Jonotusaika on kokonaisläpimenoajan kriittinen elementti. Se on myös neljästä edellä mainitusta elementistä helpoin hallittava. Tämän odotusajan hallitseminen vaikuttaa läpimenoaikoihin lyhentävästi ja sitä kautta myös työpisteiden puskurivarastoihin laskevasti. (Jacobs. 2011, s. 278–279.)

## 2.3 Lean

Lean on organisaation henkilöstön toimintaan vaikuttava ajattelutapa. Ymmärrys lean-ajattelutavasta tulisi ulottua läpi organisaation niin, että jokainen voi soveltaa sen oppeja omassa työskentelyssään (Kahari, 2017, s. 4). Lean on myös kattava eri tekniikoiden ja työkalujen kokoelma, joita käytetään seitsemän hukun (muda) vähentämiseen ja eliminointiin. Lean-filosofiaa käyttämällä on mahdollista parantaa laatua ja vähentää sekä tuotannon läpimenoaikoja, että kustannuksia (Wilson. 2010, s. 9.).

Lean on lähtöisin 1940-luvun Japanista. Sen isänä pidetään Toyotalla työskennellyttä Taiichi Ohnoa, joka kehitti Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS) vuonna 1945. Ohnon ajatus oli lyhentää toimitusketjun kokonaisläpimenoaika poistamalla siitä arvoa tuottamat-

tomat hukat. Hänen mukaan suurin hukka kaikista on ylituotannosta johtuva ylijäämävarasto (Leach. 2014, s. 53–54). Toyota keskittyi leanin avulla kustannustehokkuuden sijaan virtaustehokkuuteen, eli siihen, miten yksikkö virtaa prosessin läpi (Modig. 2016, s. 74). Tärkeää virtaustehokkuudessa on se, miten paljon tuotetaan lisäarvoa, ja kuinka kauan prosessin läpi virtaava yksikkö vain seisoo paikoillaan (Modig. 2016, s. 13–14). Mitä enemmän läpimenoaika kasvaa, sitä enemmän virtaustehokkuus laskee (Modig, 2016, s. 44).

Lean ja sen työkalujen soveltaminen lähtee ajattelutavasta, joka ohjaa organisaation toimintaa. Se on systeemi, joka yhdistää organisaation kaikki toiminnot toisiinsa. Kuva 4 havainnollistaa tätä ajattelutapaa ja leanin peruspilareita.



**Kuva 4. Leanin peruspilarit.**

Kaikki lähtee arvoista. Arvot määrittelevät henkilön toimintaa tilanteesta riippumatta. Ne luovat perustaa olemassa ololle sekä sille, mihin suuntaan tulisi kulkea. Organisaatiossa arvot luovat ytimen kulttuurille. Periaatteiden pohjalta tulisi tehdä päätöksiä sekä priorisointia. Periaatteiden avulla pyritään toteuttamaan organisaation arvoja. Lean sisältää kaksi periaatetta: Just-In-Time ja Jidoka. JIT auttaa luomaan virtausta. Käsitettä käsitellään myöhemmin tarkemmin tässä luvussa. Jidoka täydentää JIT:ä. Sen avulla prosessista on mahdollista tunnistaa kaikki virtausta häiritsevät ja estävät tekijät. Just-In-Time ja Jidoka määrittelevät yhdessä kehityksen suunnan.

Menetelmien perusteella määräytyy suoritustyyli. Ne ohjaavat toimimaan oikealla tavalla. Standardisointi on yksi Leanin tärkeimmistä menetelmistä. Standardisointi ylläpitää jatkuvaa virtausta ohjeistamalla kaikkia toimimaan samalla tavalla. Toinen esimerkki menetelmistä on visualisointi, jonka avulla nähdään koko toiminta ja tunnistetaan Jidokaa. Menetelmiä toteutetaan työkalujen ja toimintojen avulla. Ne ovat menetelmien komponentteja. Työkaluja tarvitaan tietyn menetelmän toteuttamiseen. Toiminnot puolestaan ovat ne, jotka vaaditaan tämän menetelmän toteutumiseen. (Modig. 2016, s. 129–139).

Tässä projektissa menetelmänä on käytetty visualisointia. Visualisointia on toteutettu leanin työkaluilla Value stream map ja spagettikaavio, joita käsitellään myöhemmin tässä luvussa.

Lean-tuotanto vaatii sekä tehokkaita yksittäisiä toimintoja että kaikkien toimintojen tiivistä yhteistyötä (Arnold. 2014, s. 9). Lean-tuotannon peruseriaatteina voidaan pitää tiimityöskentelyä, kommunikaatiota, lähteiden tehokasta käyttöä ja hukkan eliminointia sekä jatkuvaa parantamista. Muita periaatteita ovat esimerkiksi arvon määrittäminen, arvovirran identifiointi, työn virtaukseen keskittyminen, asiakasohjautuvuuden implementointi ja täydellisyteen pyrkiminen. Nämä periaatteet linjaavat arvoa yhdessä yrityksen tavoitteiden kanssa. Ne keskittyvät yrityksen arvovirtaan ja korostavat asiakasohjautuvuutta sekä virtausta. (Leach, 2014. s. 54.)

## 2.4 Virtaustehokkuus

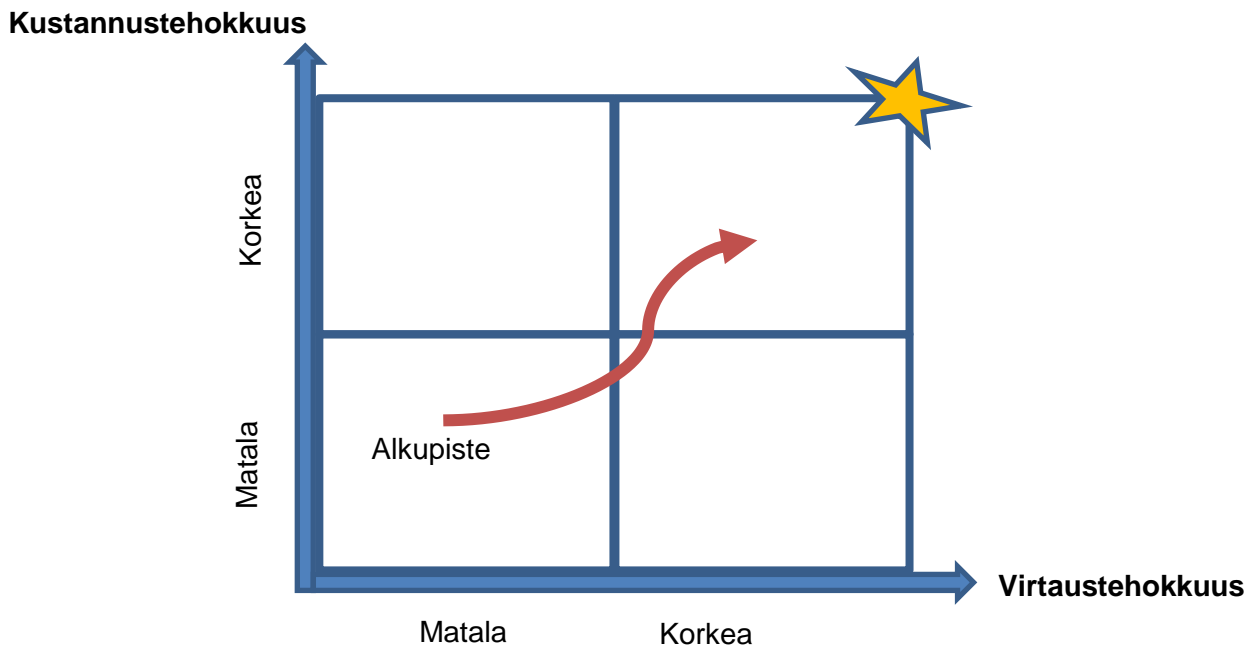
Niin kuin aikaisemmin mainittiin, Lean-tuotantofilosofiassa on mahdollista keskittyä kustannustehokkuuden sijaan virtaustehokkuuteen. Virtaustehokkuus kertoo sen, kuinka kauan yksiköllä kestää virrata prosessin läpi, ja kuinka paljon prosessissa tuotetaan lisäarvoa. Lisäarvoa ei tuota esimerkiksi yksikön seisominen paikoillaan prosessin aikana niin, ettei sitä prosessoida (Modig. 2016, s.13–14). Myös prosessin läpimenoajan piteneminen vaikuttaa virtaustehokkuuteen laskevasti. Kokonaisläpimenoaikaan pidentävästi vaikuttaa kolme tekijää:

1. prosessoitavien yksiköiden suuri määrä
2. prosessissa esiintyvät pullonkaulat
3. vaihtelun esiintyminen prosessissa

Läpimenoajan pidentyminen ei siis ole sama asia, kuin lisäarvoa tuottavan ajan pidentyminen. Yllä esitetyt kolme tekijää auttavat ymmärtämään sitä, että sekä korkean kustannus- että virtaustehokkuuden yhtäaikaisten saavuttaminen on lähes mahdotonta. Kustannustehokkuuden lisääminen vaatii prosessoitavien yksiköiden odottamista prosessin aikana. Tämä vaikuttaa virtaustehokkuuteen negatiivisesti. Virtaustehokkuutta on mahdollista parantaa seuraavilla toiminnoilla:

1. prosessoitavien yksiköiden määrän vähentäminen prosessissa, mikä eliminoi odotusta aiheuttavia tekijöitä
2. työnopeuden lisääminen, mikä lyhentää kiertoaikaa
3. resurssien lisääminen, mikä kasvattaa kapasiteettia ja lyhentää kiertoaikaa
4. prosessissa esiintyvän vaihtelun eliminointi, vähentäminen ja hallinnoiminen

Usein organisaatioissa keskitytään kustannustehokkuuden parantamiseen. Vaikka kustannustehokkuuden parantaminen on tärkeää, sen myötä virtaustehokkuus todennäköisesti kärsii. (Modig, 2016, s. 44-46).



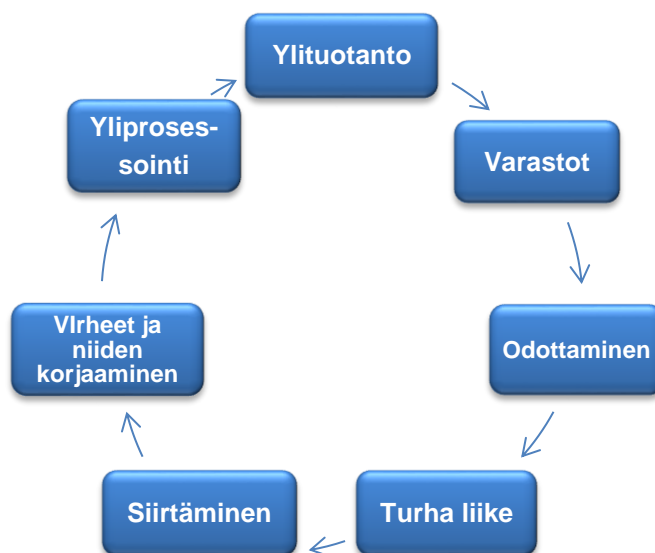
Kuva 5. Tehokkuusmatriisi.

Kuvan 5 mukainen tehokkuusmatriisi esittää kustannus- ja virtaustehokkuuden tasapainon etsimistä lean-tuotantofilosofian avulla. Tähti kuvastaa tätä tavoitetilaa, jota todellisuudessa on mahdoton saavuttaa. Tavoitetilaa saavuttaminen vaatii sekä täydellistä resurssien hallintaa että prosessoitavien yksiköiden täydellistä tarpeiden mukaista ennakkotietoa. Tavoitetilaa saavuttamiseen vaikuttaa oleellisesti myös muun muassa kysynnän vaihtelu. (Modig. 2016, s. 124–125). Tässä projektissa on tarkoitus keskittyä virtaustehokkuuden parantamiseen.

## 2.5 Hukka

Hukan poistamiseen käytetään usein lean-toimintatapoja. Prosessi koostuu neljästä komponentista, jotka ovat prosessointi, tarkastelu, kuljetus ja viivästyneet toiminnot. Näistä neljästä komponentista ainoastaan prosessointi tuottaa arvoa ja loput kolme voidaan katsoa hukaksi (Leach. 2014, s. 54). Hukaksi luokitellaan kaikki tekeminen, joka ei tuota arvoa, ja josta asiakas ei ole valmis maksamaan (Torkkola. 2015, s. 23–27). Hukalla on kolme eri muotoa: mura, muri ja muda.

Muda eli hukka voidaan jakaa seitsemään eri muotoon (kuva 6). Nämä ovat: ylituotanto, varastot, odottaminen, turha liike, siirtäminen, virheet ja niiden korjaaminen ja yliprosessointi. (Torkkola, 2015, s. 23-27.)



Kuva 6. Hukan seitsemän muotoa.



Hukaksi voidaan myös luokitella henkilöstön hyödyntämättä jättäminen (Kahari. 2017, s. 11). Tämän projektin kannalta keskeiset hukan muodot ovat turha liike, siirtäminen, odottaminen sekä varastot.

Mudaa aiheutuu hukan toisesta muodosta, murasta. Muralla tarkoitetaan toimintojen hajontaa tai epätasaisuutta. Vaihtelua ei voida koskaan välttää täysin, ja epätasaisuus voi aiheutua esimerkiksi prosessointiaikojen vaihtelusta tai työskentelynopeudesta. (Kahari. 2017, s. 12)

Hukan kolmas muoto, muri, tarkoittaa ylikuormitusta. Tämä ylikuormitus kohdistuu työtä suorittavaan kohteeseen, ja sitä voi esiintyä kaikissa arvoa lisäävissä toiminnoissa. Muri voi aiheutua esimerkiksi huonosta työprosessin suunnittelusta tai osaamisen puutteesta. Muran tavoin myös muri aiheuttaa itsessään mudaa. (Kahari. 2017, s. 12.)

## 2.6 Imuohjaus

Imuohjaus on yksi Leanin käsitteistä. Imuohjauksella tarkoitetaan sitä, että tuotteita tai niiden osia valmistetaan vain todellista tarvetta vastaan ilman ylimääräistä varastointia. Imuohjaus tarkoittaa myös sitä, että tuotteiden osat tai raaka-aineet syötetään tuotantoon vain todellisen tarpeen mukaan. (Haverila. 2009, s. 422). Kaikki liike ja tuotanto määräytyy siis tarvesignaalin mukaan, eikä materiaalin puskeminen tuotantoon tai mielivaltainen tuotanto ole sallittua (Jacobs. 2011, s. 335.).

Imuohjauksella saavutetaan hyötyjä Just-In-Time -toimintatavassa, jota käsitellään seuraavaksi tässä luvussa. Imuohjauksen avulla on mahdollista saavuttaa kustannustehokkaampaa toimintaa ja sen avulla voi vähentää tilakustannuksia ja keskeneräisen työn määrää, nopeuttaa läpimenoaikoja ja parantaa sekä lopputuotteen että prosessin laatua. (Jacobs. 2011, s.336.)

## 2.7 Just-In-Time

Just-In-Time (JIT) on Ohnon vuonna 1950 kehittämä virtautuksen toimintatapa ja Leanin yksi peruseriaatteista. Sitä käytetään tuotannon virtauksen parantamiseen yhdessä aikataulutuksen kanssa laittamalla tuotannon komponentit jatkuvaan virtaukseen mahdollisuuksien mukaan. (Womack. 2003, s. 58-59.)

JIT-johtamisfilosofiaa ja tekniikkaa käytetään hukan minimoiseen tuotannossa. JIT:n avulla tavoitellaan nollavarastointia, -liikettä ja -häiriöitä. Nollahäiriöillä tarkoitetaan rutiinia suoritua päivittäisestä aikataulusta. Tärkeimpiä JIT:n ominaisuuksia ovat erillisten tuotantoerien eliminointi tavoiteltujen tuotantomäärien saavuttamiseksi, keskeneräisen työn varastoinnin vähentäminen sekä realistinen tuotantoaikataulu. JIT-toimintatapojen omaksuminen tuo mukanaan monia hyötyjä. Näitä hyötyjä on koottu alla olevaan taulukoon (taulukko 1):

**Taulukko 1 Just-In-Timen hyödyt**

<b>Just-In-Timen hyödyt</b>
Läpimenoajan lyhentäminen
Vähemmän materiaalin siirtoja varastojen välillä
Vaihtoaikojen lyhentäminen
Varastointitarpeen väheneminen
Työkustannusten väheneminen
Vaadittavien tilojen vähentyminen

Läpimenoaikoja on mahdollista lyhentää esimerkiksi raaka-ainetarpeita täydentämällä juuri oikeaan aikaan, jolloin odottamista ei synny. Tämä odottamisen eliminointi mahdollistaa myös vaihtoaikojen lyhentymisen. Tuotannon aikataulun ansiosta materiaalin siirtoja on mahdollista valmistella etukäteen ja samalla minimoida siirtojen määrää. Suunnitelman ansiosta myös varastointia on mahdollista vähentää tuotannossa. Varastointia on mahdollista vähentää myös varastossa, jos aikataulun ansiosta voidaan hallinnoida paremmin raaka-aineen tai materiaalin tilaamista toimittajalta. Varastoinnin vähentyessä myös vaadittavien tilojen laajuus vähenee. (Jacobs, 2011. s. 327-329.)

## 2.8 PDCA-sykli

Jatkuva parantaminen on osa lean-tuotantofilosofiaa. Sen edistämiseksi käytetään erilaisia menetelmiä, joista yksi on PDCA-sykli (kuva 7). Kirjaimet ovat lyhenteitä sanoista Plan, Do, Check ja Act, ja sykliä käytetään yrityksen kehitystoiminnan systematisointiin sekä toiminnan jatkuvuuden takaamiseen.



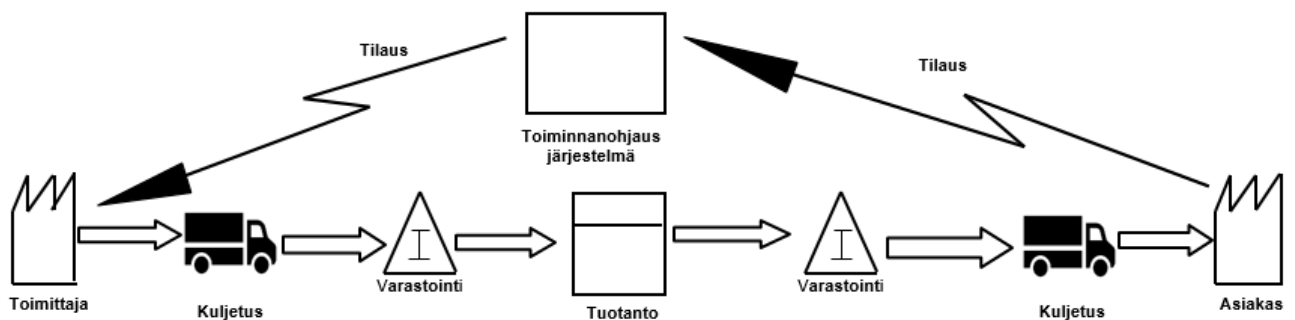
Kuva 7. PDCA-sykli.

PDCA-syklin ensimmäinen kohta on Plan eli suunnittelu. Tämä vaihe pitää sisällään ongelmien analysoinnin sekä kehitysehdotusten ideoinnin ja niiden suunnittelun. Tästä siirytään syklin seuraavaan vaiheeseen, joka on Do eli toteuta. Tässä vaiheessa edellisessä Plan-vaiheessa ideoidut ja suunnitellut kehitysehdotukset toteutetaan sekä dokumentoidaan. Syklin seuraava vaihe on Check eli tarkasta. Tässä vaiheessa toteutetut kehitystoimenpiteet tarkastetaan esimerkiksi mittaamalla ja analysoidaan. Analyysissa katsotaan, onko asetetut tavoitteet saavutettu. Syklin viimeinen vaihe on Act eli kehitä. Tässä vaiheessa kehitystoimenpiteet standardisoidaan, jos ne ovat saavuttaneet asetetut tavoitteet. Jos ne taas eivät ole saavuttaneet näitä tavoitteita, PDCA-sykli alkaa alusta. (Haverila. 2009, s. 381-382.)

Tässä projektissa on tarkoitus toimia PDCA-syklin mukaisesti. Ensin analysoidaan ongelmat ja kehitysehdotukset ideoidaan. Sen jälkeen kehitysehdotukset testataan käytännössä, minkä jälkeen testaus analysoidaan.

## 2.9 Value stream map

Value stream map (VMS) eli arvovirtakuvaus on yksi leanin työkaluista. VMS:n perusidea on kuvata virtauksia, tarkemmin sanottuna materiaali- ja informaatiovirtoja. Sitä käytetään prosessien eri vaiheiden kuvaamiseen (Lean Enterprise Institute. 2006). VMS kuvaa myös prosessin sisältämät yhteydet, varastot ja tapahtumat. VMS:sää käytetään tunnistamaan esteitä, joita esiintyvät virtauksessa. VMS:n avulla tunnistetaan oikeita ongelmia, jotta niitä voidaan ratkaista tehokkuuden parantamiseksi (Nyman. 2014, s. 13). Kuva 8 on yksinkertainen esimerkki Value stream mapista.



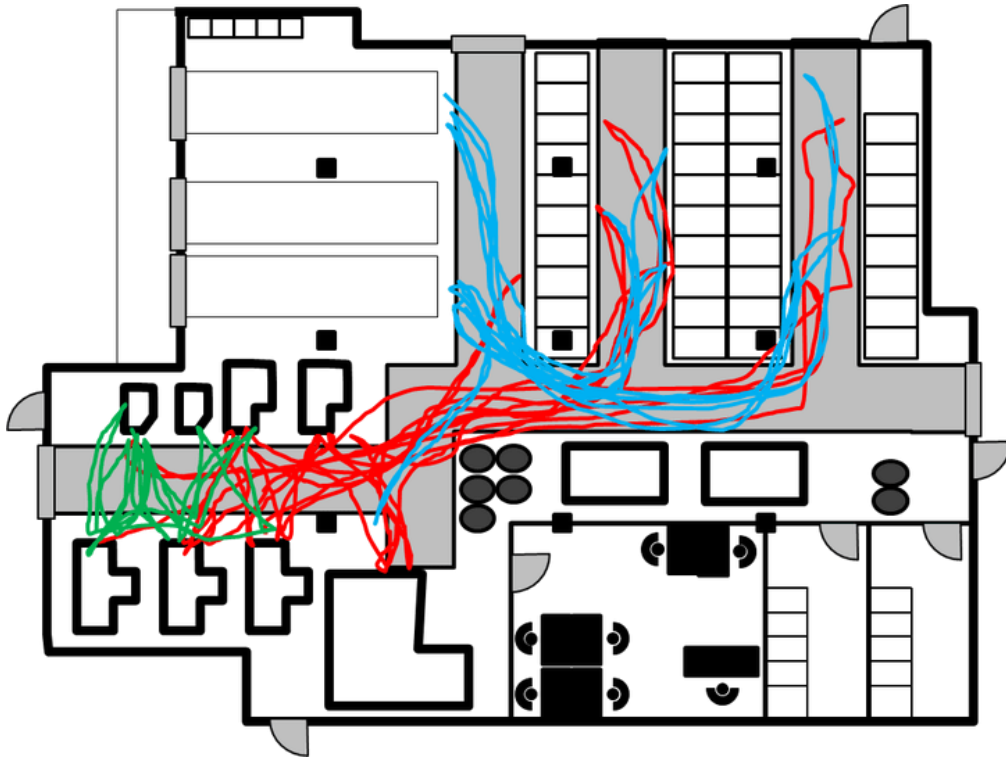
Kuva 8. Esimerkki Value stream mapista.

VMS osoittaa, missä kohtaa prosessia olisi mahdollista toteuttaa Lean-toimintatapoja prosessin parantamiseksi (Lean Enterprise Institute. 2006). Arvovirtakuvaukseen on mahdollista liittää virtausten läpimenoaikoja, ja Lean-toimintatavoilla näitä läpimenoaikoja on mahdollista lyhentää. Arvovirtakuvauksella siis tunnistetaan ongelmia ja hukan lähteitä sekä mahdollisia pullonkauloja ja ylimääräisiä varastoja. (Nyman. 2014, s.13.)

## 2.10 Spagettikaavio

Spagettikaavio (kuva 9) on yksi leanin työkaluista. Sitä käytetään apuna hukan, liikkeen ja odotusaikojen lyhentämisessä. Spagettikaaviossa käytetään prosessin layoutia, ja se

on visuaalinen kuvaus tuotteiden ja ihmisten liikkeistä. Kaaviossa kuvataan materiaalien virtaus työpisteeltä toiselle. Lisäksi se esittää myös virtausten kulkeman reitin ja ihmisten ja materiaalien edestakaisen liikkeen työpisteiden ja tehtävien välillä. Spagettikaaviossa näkyy myös virtauksen kulkemat välimatkat näiden työpisteiden ja tehtävien välillä, sekä virtausten sisältämän odotusajan. (What is six sigma. 2018.)



Kuva 9. Esimerkki spagettikaaviosta (All about Lean. 2015.)

### **3 Kohdeyritys**

Tämä luku sisältää materiaalia, joka on salattu kohdeyrityksen pyynnöstä.

### **4 Nykytila-analyysi**

Tämä luku sisältää materiaalia, joka on salattu kohdeyrityksen pyynnöstä.

Tässä luvussa esitellään prosessin nykytila-analyysi. Nykytila-analyysin tavoitteena on kartoittaa materiaalin virtausta rajatuissa prosesseissa. Prosessin nykytila-analyysi on toteutettu arvovirtakuvauksen ja spagettikaavion sekä läpimenoaikamittausten avulla. Sekä arvovirtakuvauksessa että spagettikaaviossa on kuvattu materiaalin kuljetusta raaka-ainevarastosta tuotannon läpi aina loppuvarastoon asti.

Luvussa esitellään projektissa toteutetun mittauksen tuloksia sekä niistä tehtyä analyysia. Läpimenoaikamittauksissa on mitattu materiaalin kokonaisläpimenoaika kuvaajien kuvaamilta matkoilta. Mittaustulokset on esitelty tuotteittain käsittäen aina yhden erän. Näistä on koottu kaikkia mitattuja eriä käsitteleviä yhteisiä kuvaajia sekä taulukoita.

#### **4.1 Arvovirtakuvaus**

Arvovirtakuvauksessa (VSM) on kuvattu materiaalin kulku koko toimitusketjun läpi (kuva 10). Raportissa tarkastellaan myöhemmin tässä luvussa yksityiskohtaisemmin projektin kannalta relevantteja yrityksen sisäisiä prosesseja tuotannossa sekä loppuvarastossa.

Projekti on rajattu koskemaan tuotantoa. Tuotanto on kriittinen osa toimitusketjua. Lopputuotteet on saatava tuotannosta keräilyyn ajoissa, jotta asiakas saisi tilauksensa ajallaan. Tämä on yksi syy siihen, miksi tuotannon prosesseja halutaan tehostaa.

#### 4.2 Sisälogistiikka tuotannossa

#### 4.3 Kokonaisläpimenoaika

Materiaalivirran kokonaisläpimenoaika on saatu mitattua sekä tuotannon että varaston työntekijöiden yhteistyönä. Molemmat osapuolet ovat merkinneet pyydetyt datat liitteen 1 mukaiseen tulostettuun lomakepohjaan. Pyydetyn datan avulla on saatu selville prosessin eri vaiheiden aloitus- ja lopetusajat ja sitä kautta on saatu selville eräkohtaisia vaiheajoja sekä odotusaikoja eri työvaiheiden välillä.

#### 4.4 Tutkimuksen validiteetti

Tutkimuksen validiteetti kertoo sen, kuinka hyvin mitataan haluttua asiaa (Hiltunen, 2002, s. 3). Projektissa mitattavat ja analysoitavat asiat on sovittu yhdessä kohdeyrityksen edustajan kanssa. Projektin tarkoitus on mitata materiaalivirtaan liittyviä läpimenoaikoja. Mitatut asiat tukevat edellä mainittua tarkoitusta ja mitattavat asiat vastaavat projektin tavoitteita.

#### 4.5 Tutkimuksen reliabiliteetti

Tutkimuksen reliabiliteetti kertoo tutkimuksen luotettavuudesta (Hiltunen, 2002, s. 9). Projektin aineisto on kerätty manuaalisesti, ja manuaaliseen aineiston keruuseen sisältyy aina mahdollisuus virheisiin. Mittaustulosten kerääminen on työmäärän sekä rajallisen ajan vuoksi delegoitu sekä tuotannon että varaston työntekijöille. Työntekijöiden lomakkeiden täyttöä ei ole ohjeistuksen jälkeen valvottu. Lisäksi tuntemattomasta syystä mittaaminen tuotti hankaluuksia tuotannon työntekijöille. Useasta yrityksestä huolimatta kaikkia tarvittavia kellonaikoja ei saatu jokaisella yrityksellä kirjattua, ja osaa kelloituslomakkeista ei palautettu. Tästä johtuen tuloksia ei saatu kaikkien työpisteiden osalta tasanaisesti, vaan osaan kelloituksiin jäi puutteita. Tämä vaikuttaa mittausten reliabiliteettiin negatiivisesti.

#### 4.6 Johtopäätökset

Edellä esitetyistä luvuista mainittakoon havaintona keskiarvoja samankaltaiset keskihajonnat. Keskihajonta ja keskiarvo ovat lähes kaikissa mittausosioissa lähellä toisiaan, mikä vaikuttaa mittaustulosten reliabiliteettiin positiivisesti. Keskihajonta on kuitenkin lähes kaikissa mittauksissa suhteellisen suuri, noin 2 tuntia. Suuri keskihajonta kertoo vaihtelusta, jota prosessissa aiheuttaa esimerkiksi eri tuotteiden prosessointiaika, eräkokojen vaihtelu ja työskentelynopeus.

Mitatuissa prosesseissa esiintyy hukan eri muotoja, jotka vaikuttavat kokonaisläpimenoaikaan pidentävästi. Edellä mainittu vaihtelu on näistä hukista yksi. Lisäksi prosesseissa esiintyy turhaa liikkumista. Työskentely ei ole jatkuvaa, kun työntekijän on haettava raaka-aineet ja pakkausmateriaalit varastosta työpisteelleen. Myös valmiiden lopputuotteiden kuljettaminen loppuvarastoon aiheuttaa työskentelyn katkeamista. Tästä aiheutuu siis myös toista hukan muotoa, siirtämistä. Loppuvarastoon viedyt lopputuotteet siirretään odottamaan hyllyttämistä. Tässä kohtaa prosessia esiintyy turha välivaihe, hyllytystä odottaminen.

Yksi suuri prosessissa esiintyvä hukan muoto onkin juuri edellä mainittu odottaminen. Suurin osa kokonaisläpimenoajasta kuluu odottamiseen. Odottamista aiheuttavat esimerkiksi töiden kasaantuminen ja dynopakkaus koneen työkalun vaihto. Nykytila-analyysin aikana odotusaikaan saattoi vaikuttaa myös työntekijän vapaus valita seuraavaksi prosessoitava tuote. Tämä on kuitenkin muuttunut nykytila-analyysin mittausten jälkeen, kun tuotannossa on otettu käyttöön aikataulupohjainen suunnittelu. Odottamista saattaa aiheuttaa myös raaka-aineen tai pakkausmateriaalin puuttuminen varastosta. Odottaminen puolestaan aiheuttaa ylikuormitusta töiden kasaantuessa jonoksi työpisteelle. Prosessissa havaitut hukat on koottu taulukkoon 6.



Taulukko 2. Prosessissa havaitut hukat.

Hukka	Mistä aiheutuu
Turha liikkuminen	Työntekijän poistuminen työpisteeltä
Siirtäminen	Työntekijä siirtää lopputuotteet varastoon
Odottaminen	Töiden kasaantuminen, dynopakkaus koneen työkalun vaihto, raaka-aineiden/pakkausmateriaalin puuttuminen varastosta
Ylikuormitus	Töiden kasaantuminen
Vaihtelu	Prosessointiaika, työnopeus, eräkojen vaihtelu

Prosessin kehitysehdotuksissa on tarkoitus keskittyä yllä esitettyjen hukkien minimoimiseen sekä kokonaisläpimenoajan lyhentämiseen. Vaihtelua ei kuitenkaan yritetä parantaa, sillä se on suoraan yhteydessä eri tuotteiden menekkiin sekä työntekijöiden henkilökohtaisiin työnopeuksiin. Kehitysehdotukset on esitelty seuraavassa luvussa.

## 5 Prosessin kehitysehdotukset ja niiden testaaminen

Tämä luku sisältää materiaalia, joka on salattu kohdeyrityksen pyynnöstä.

Tässä luvussa esitellään prosessia koskevat kehitysehdotukset ja kehitysehdotusten testaaminen käytännössä sekä testauksessa saadut mittaustulokset. Näitä mittaustuloksia on vertailtu aiempiin, nykytila-analyysiluvussa esiteltyihin mittaustuloksiin. Projektin aikana ideoidut kehitysehdotukset pohjautuvat aikaisemmin esitettyyn nykytila-analyysiin ja siinä tehtyihin havaintoihin.

### 5.1 Prosessin kehitysehdotukset

Tuotannon prosessista on tarkoitus eliminoida hukkaa aiheuttavia tekijöitä ja kokonaisläpimenoaika on tarkoitus lyhentää. Kehitysehdotukset koskevat sisälogistisia materiaalivirtoja. Prosessissa esiintyvät hukat, työntekijän turha liikkuminen ja siitä aiheutuva työskentelyn katkeaminen sekä odottaminen pyritään eliminoimaan henkilöstön työtehtävien uudelleen järjestämisellä.

## 5.2 Testaus ja siitä saadut mittaustulokset

Edellä esitettyjä kehitysehdotuksia on testattu tuotannossa neljänä työpäivänä. Kolmen testauspäivän ajalta on toteutettu samankaltaiset mittaukset, kuin nykytila-analyysia tehtäessä. Kehitysehdotusta ei kuitenkaan ole testattu aivan sellaisenaan. Testauksen ajaksi ei ole saatu järjestettyä logistiikkapuolen henkilökuntaa mukaan.

Testauksen mittauksissa on huomioonotettavia tekijöitä. Ensimmäinen huomioonotettava tekijä on se, että kyseessä on testaus. Prosessia ei ole testattu aikaisemmin, joten se ei ole rutiininomainen eikä näin ollen toteudu yhtä jouhevasti kuin pitkän harjoittelun jälkeen olisi mahdollista toteutua. Toinen huomioonotettava tekijä on se, että mittauksia on otettu vain aamuvuoron aikana. Aamuvuorot ovat etenkin Dynopakkausasteella ilta- vuoroa kiireettömämpiä, sillä jonoa työpisteelle ei ehdi kertyä yhtä paljon. Kolmas huomioonotettava tekijä on se, että osa mittauksista on toteutettu torstain aikana. Torstait ovat hiljaisempia päiviä tuotannossa, jolloin tuotantovolyymit ovat normaalia pienemmät. Nämä tekijät vaikuttavat mittaustulosten reliabiliteettiin negatiivisesti.

## 5.3 Johtopäätökset

Edellä esitetyistä mittaustuloksista huomattakoon, että odotusajoissa keskihajonta on lähellä keskiarvoa. Tämä vaikuttaa mittausten reliabiliteettiin positiivisesti. Kokonaisläpimenoaikojen mittaustuloksissa sekä niiden muunnellussa muodossa keskihajonta on keskiarvoa huomattavasti pienempi. Huolimatta siitä, että projektissa ei keskitytty vaihtelun parantamiseen, keskihajonnassa on huomattava parannus aikaisempaan. Yli tunnin keskihajontaa voidaan silti pitää suhteellisen suurena, ja vaikka keskihajonnassa on tapahtunut muutos parempaan, prosessissa esiintyy edelleen vaihtelusta aiheutuvaa hukkaa.

Testauksen yhteydessä saatujen mittausten mukaan kokonaisläpimenoaika on parantunut nykytila-analyysista. Myös jokaisen mitatun odotusajan kohdalla on testauksissa saatu aiempaan verrattuna lyhyemmät odotusajat. Eniten tulokset ovat parantuneet Dynopakkausta edeltävissä odotusajoissa. Vähiten prosessin muutoksella on ollut vaikutusta hyllytyistä edeltäviin odotusaikoihin. Tämä on kuitenkin ollut nykytila-analyysissa prosessin nopein vaihe. Hyllytyistä edeltävien odotusaikojen mittauksessa on kuitenkin

vääristäviä tekijöitä. Todellisuudessa hyllytysaika voi olla pidempi. Kaiken kaikkiaan kokonaisläpimenoajasta odottamiseen kuluva osuus on testauksissa saatujen tulosten perusteella pienentynyt merkittävästi ja prosessi on tehostunut.

Testauksessa on tullut esille prosessin muutosten tuomien mahdollisuuksien lisäksi esille mahdollisia riskejä. Nämä mahdollisuudet ja riskit on esitetty taulukossa 12.

**Taulukko 3. Testauksessa ilmenneet mahdollisuudet sekä mahdolliset riskit.**

<b>Mahdollisuudet</b>	<b>Mahdolliset riskit</b>
Odotusaikojen lyhentyminen	Hyllytystä edeltävän odotusajan piteneminen
Katkeamaton työskentely	Työntekijöiden työkuormituksen vaihtelu aamu- ja iltavuorossa
Kokonaisläpimenoajan lyhentyminen	Raaka-aineille varatun tilan rajallisuus
Osastojen välisen kommunikaation parantuminen	Hyllypaikkojen tunteminen

Mahdollisuuksista ensimmäisenä mainittakoon eniten tuloksissa näkyvä parannus eli odotusaikojen lyhentyminen. Eri työvaiheita edeltävät odotusajat lyhentyvät, kun työpisteille ei ehdi kertyä jonoa jatkuvan työskentelyn seurauksena. Tämä myös vähentää työpisteiden kuormitusta. Myös katkeamaton työ on huomattava mahdollisuus. Katkeamaton työ mahdollistaa erien tuottamisen lyhyemmässä ajassa, mikä puolestaan vaikuttaa kokonaisläpimenoaikaan lyhentävästi. Lyhyemmän kokonaisläpimenoajan ansiosta lopputuotteet päätyvät loppuvarastoon nopeammin keräiltäväksi. Mahdollisuutena mainittakoon myös eri osastojen kommunikaation parantuminen. Kummatkin vaihtoehdot, joko tuotannon työntekijä vie lopputuotteet hyllyyn tai varaston työntekijä hakee lopputuotteet tuotannosta, vähentäisivät osastojen nykyistä vahvaa jaottelua, ja informaatio kulkisi paremmin ihmiseltä toiselle esimerkiksi nykyisen sähköpostin sijaan.

Yksi mahdollinen riski on työntekijöiden työkuormituksen vaihtelu aamu- ja iltavuorossa. Dynopakkauspuolelle kertyy yleensä jonoa enemmän iltavuorossa kohden. Kasvava jono lisää kiirettä työntekijöille, jotka kuljettavat kyseiselle työpisteelle materiaalia tai vastavasti valmiita lopputuotteita pois kyseiltä työpisteeltä. On myös mahdollista, että hylly-

tystä edeltävä odotusaika pitenee. Mikäli varaston työntekijä hakee lopputuotteet tuotannosta, ei hän näe ilman tarkistamista, onko tuotannon puolella valmiita tuotteita. Tarkistaminen puolestaan lisää varaston työntekijän turhaa liikettä. Myös varaston työntekijän työkuorma saattaa kasvaa muutoksen johdosta. Mikäli taas tuotannon työntekijä vie lopputuotteet varastoon, hyllytystä edeltävää odotusaikaa mahdollisesti kasvattaa oikeiden hyllypaikkojen etsiminen. Tuotannon työntekijä ei tunne loppuvarastoa läpikotaisin. Hyllypaikkojen löytäminen on siis myös yksi mahdollinen riski, mikä lisää myös väärin hyllytettyjen tuotteiden riskiä.

Raaka-aineille on varattu tuotannon työpisteillä rajallinen tila käytettäväksi. Rajallisen tilankäytön vuoksi työpisteelle saa vain rajallisen määrän raaka-aineita, mikä voi lisätä raaka-aineita hakevan työntekijän liikettä varastoon. Rajallinen tila ei myöskään salli koko työjonon mukaisten raaka-aineiden tuomista kerralla tuotantolinjalle. Tämä saattaa lisätä raaka-aineita kuljettavan työntekijän odottamista, kun vapautuvaa tilaa täytyy odottaa.

Mittaustulokset kuitenkin osoittavat muutosten tuomat mahdollisuudet sekä prosessin tehokkuuden paranemisen. Muutosten tuomien hyötyjen voidaan katsoa kumoavan muutoksen mukanaan tuomat mahdolliset riskit. Kaikkea hukkaa ei lean-tuotantofilosofian mukaan ole mahdollista poistaa. Jatkuvalla parantamisella kuitenkin on mahdollista parantaa tätäkin prosessia vieläkin tehokkaammaksi näidenkin muutoksien jälkeen.

## **6 Yhteenveto**

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tehostaa tuotannon prosesseja sisälogistiikkaa kehittämällä. Projekti toteutettiin kohdeyrityksen pyynnöstä HeVi-tuotanto-osastolla. Projektissa saatuja tuloksia on mahdollista käyttää kehitysideoiden implementointia tukevana informaationa.

Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena, jossa käytettiin konstruktivistista tutkimusotetta. Projektin aikana nykytila-analyysia varten kerättiin aineistoa ensin koko tilaustoimitusketjusta ja sen jälkeen tuotannon sisäisistä prosesseista sekä niihin kuluvista läpimenoajoista. Aineistonkeruu toteutui yhdessä sekä tuotannon että varaston henkilöstön kanssa. Aineiston pohjalta tehtiin mittauksia, jotka analysoitiin. Mittaukset ja analyysi koskevat kokonaisläpimenoaikaa ja siihen sisältyviä odotusaikoja.

Nykytila-analyysin pohjalta tehtiin johtopäätöksiä, joissa kävi ilmi, että tuotannon nykyisissä prosesseissa esiintyy hukan eri muotoja. Myös näiden esiintyvien hukkiin aiheuttajia esiteltiin nykytila-analyysin yhteydessä. Havaittujen hukkiin sekä niiden aiheuttajien perusteella tehtiin myös johtopäätöksiä. Näiden johtopäätösten pohjalta ideoitiin prosessia mahdollisesti parantavia kehitysehdotuksia. Projektin aikana kehitysehdotuksia myös testattiin käytännössä. Näistä testauksista tehtiin nykytila-analyysia vastaavia mittauksia ja mittaukset analysoitiin vertaillen nykytila-analyysin kanssa. Testauksessa hyllytystä edeltävään odotusaikaan on vaikuttanut tekijöitä, jotka vääristävät tulosta. Nämä reliabiliteettiin negatiivisesti vaikuttavat tekijät otettiin huomioon analyysissa.

Testauksen jälkeisistä mittauksista saatu tulos on merkittävä. Prosessin tehokkuutta on mahdollista parantaa implementoimalla kehitysideat tuotantoon. Kehitysideoiden myötä tehokkuus voi parantua jatkuvan työskentelyn ansiosta. Tämä jatkuva työskentely vähentää ylimääräistä liikettä ja lyhentää sekä työpisteiden välisiä odotusaikoja että kokonaisläpimenoaika. Parantuneen kokonaisläpimenoajan ansiosta lopputuotteet ovat valmiina keräiltäväksi aiempaa nopeammin.

Projektin tulokset ovat saaneet positiivisen vastaanoton kohdeyrityksessä. Tämän insinööriyön jälkeen projekti jatkuu mahdollisesti kehitysideoiden lopullisen käyttöönoton suunnittelulla.

#### Jatkotutkimusmahdollisuudet

Nykytila-analyysissa havaittiin, että odotusta saattaa lisätä tuotannon ulkopuolinen tekijä. Mikäli raaka-ainevarastossa tai materiaalivarastossa ei ole tarvittavaa raaka-ainetta tai materiaalia juuri oikealla hetkellä valmiina, on otettava yhteys varaston henkilökuntaan, joka pyynnöstä täydentää varaston. Täydentämiseen kuuluu luonnollisesti aikaa ja tuotannon työ saattaa keskeytyä. Raaka-aine- ja materiaalivarastojen automaattinen täydennys esimerkiksi jonkinlaisella visuaalisella ohjauksella on mahdollinen jatkotutkimusaihe.

Tuotantopisteillä on rajallinen tila käytettävänä raaka-aineille. Tämä rajoittaa työpisteille valmiiksi tuotavien raaka-aineiden määrää ja voi pahimmillaan jopa lisätä raaka-ainehakukertoja varastosta. Raaka-aineille varatun tilan lisääminen on mahdollinen jatkotutkimusaihe.

Mikäli tuotannon työntekijä vie lopputuotteen loppuvarastoon ja turha välivaihe, jossa lopputuote odottaa varastossa varastotyöntekijää ennen hyllyttämistä, halutaan eliminoida, tulisi tuotannon työntekijän viedä tuotteet itse hyllyyn asti. Kuten aiemmin mainittiin, tuotannon työntekijä ei tunne varastoa läpikotaisin, ja hyllypaikan etsiminen voi viedä aikaa. Esimerkiksi hyllypaikkojen merkitseminen on mahdollinen jatkotutkimusaihe. Hyllypaikkojen merkitsemisestä voisi hyötyä myös esimerkiksi keräilyn mahdolliset uudet työntekijät, kun tuotteet todennäköisesti löytyisivät nopeammin.

Odotusaikaan ennen Dynopakkausta saattaa vaikuttaa pidentävästi pakkauskoneen työkalun vaihto. Tämä työkalun vaihtaminen on seurausta erikokoisista dynorasioista. Sekä valmistus- että pakkausjärjestyksen ohjaaminen erikokoisten dynorasioiden mukaan esimerkiksi tuotannosuunnittelua muuttamalla on mahdollinen jatkotutkimusaihe.

## Lähteet

All about Lean. 2015. All About Spaghetti Diagram. Verkkodokumentti <<https://www.all-aboutlean.com>> Luettu 9.4.2018.

Arnold, J.R. Tony. 2014. Introduction to materials management. London: Prentice-Hall.

Haavistola, Anssi. 2012. Lean-ajattelun soveltaminen sairaalan sisäisiin materiaalikuljetuksiin. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Haverila, Matti. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Hiltunen, Leena. 2002. Validiteetti ja reliabiliteetti. Verkkoaineisto. Jyväskylän yliopisto. <[http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius\\_ja\\_reliabiliteetti.pdf](http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ja_reliabiliteetti.pdf)> Luettu 28.03.2018.

Jacobs, Robert F. 2011. Manufacturing planning & control for supply chain management. New York: McGraw-Hill.

Kahari, Heidi. 2017. Kuormituksen vaihtelu Large Drivers -tuotantolinjalla. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kohdeyritys. 2017. Verkkodokumentti. Luettu 03.10.2017.

Kohdeyritys. 2017. Historia. Verkkodokumentti. Luettu 03.10.2017.

Kohdeyritys. 2018. Verkkodokumentti. Sisäinen dokumentti. Ei ulkopuolisille. Luettu 01.04.2018.

Kohdeyritys. Sisäinen dokumentti. Ei saatavilla ulkopuolisille. Luettu 01.12.2017.

Leach, Lawrence P. 2014. Critical chain project management Third edition. Boston: Artech House.

Lean Enterprise Institute. 2006. Value stream mapping for manufacturing. <[www.lean.org](http://www.lean.org)> Luettu 9.4.2018.

Logistiikan maailma. 2017. Tieto- raha ja materiaalivirrat. Verkkodokumentti. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/tieto-raha-ja-materiaalivirrat/>>. Luettu 05.01.2018.

Lukka, Kari. 2014. Konstruktiivinen tutkimusote. Verkkodokumentti. Metodix. <<https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>> Luettu 27.12.2017.

Martinsuo, Miia. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Keuruu: Edita Publishing Oy.

Modig, Niklas. 2016. This is Lean. Stockholm: Rheologica publishing.

Nyman, Anssi. 2014. Alipaineunun value stream mapping. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.

Rantanen, Heikki. Kiinteistön layout. Sisäinen dokumentti. Ei ulkopuolisten saatavilla. Vastaanotettu 3.10.2017.

Torkkola, Sari. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum.

What is six sigma. 2018. Spaghetti Diagram. Verkkodokumentti. <<http://www.whatis-sixsigma.net>> Luettu 9.4.2018.

Womack, James P & Jones, Daniel T. 2003. Lean thinking. New York: FREE PRESS.



LIITE 1: Kellotuspohjat työpisteille ja varastoon

Salattu tiedosto. Vain kohdeyrityksen käyttöön.

LIITE 2: Excel-tiedostot kellotuksista, datasta sekä analyysistä

Salattu tiedosto. Vain kohdeyrityksen käyttöön