

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2020

Jami Laakkonen

PYÖRIVIEN LAITTEIDEN HUOLTOPROSESSIN ARVOVIRTAKUVAUS

– Nesteen Naantalin jalostamon
keskipakopumppujen huoltoprosessin nykytilaa
kuvaava arvovirtakuvaus

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka | Energia- ja moottoritekniikka

Kevät 2020 | 53 sivua, 1 liitesivu

Jami Laakkonen

PYÖRIVIEN LAITTEIDEN HUOLTOPROSESSIN ARVOVIRTAKUVAUS

- Nesteen Naantalin jalostamon keskipakopumppujen huoltoprosessin nykytilaa kuvaava arvovirtakuvaus

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Neste Oyj. Neste Oyj on Suomen valtion omistama maailman suurin jätteistä ja tähteistä tuotetun uusiutuvan dieselin jalostaja. Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa keskipakopumppujen huoltoprosessista nykytilaa kuvaava arvovirtakuvaus ja luoda sen perusteella kehitysehdotuksia.

Työn alussa käsitellään Lean-filosofiaa ja siihen kuuluvia tärkeitä elementtejä, kuten tunnetut hukat ja niiden eliminoiminen, sekä muita opinnäytetyön kannalta olennaisista asioista, kuten prosessiajattelu ja sen komponentit. Opinnäytetyön tutkimuksessa käytetään Lean-ajattelusta tuttua Value Stream Mapping -työkalua, johon paneudutaan teoriaosuudessa tarkemmin.

Tutkimustyössä kerättiin yksityiskohtaista tietoa kunnossapidon keskipakopumppujen huoltoprosessista. Näitä ovat esimerkiksi prosessiin kuuluvat informaatiovirrat, prosessin työhön osallistuvien henkilöiden määrä tuotantovaiheissa, jokaisen vaiheen läpimenoaika sisältäen arvoa tuottamattoman ja arvoa tuottavan ajan sekä tunnistetut hukat ja niiden lähteet.

Työn tuloksena toimii tutkimuksessa kerätyn tiedon pohjalta muodostettu nykytilan arvovirtakuvaus ja sen perusteella luodut kehitysehdotukset. Arvovirtakuvauksesta ilmenee prosessin tehokkuus, informaatiovirrat, prosessivaiheiden yksityiskohtainen ajankäyttö ja kehityskohteet. Työn lopussa esitellään prosessin arvovirtaa heikentäviä elementtejä sekä ratkaisuja niiden eliminoimiseen, kuten työn standardisointi laadun ja virtauksen tehostamiseksi ja työluoprosessin tuomat haasteet ja vaikutukset huoltoprosessin arvovirtaan.

ASIASANAT:

laatu, lisäarvo, prosessifilosofia, tuottavuus, kunnossapito, läpimenoaika, arvovirtakuvaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Energy and Engine Technology

Spring 2020 | 53 pages, 1 page in appendices

Jami Laakkonen

VALUE STREAM MAPPING OF ROTATING EQUIPMENT MAINTENANCE PROCESS

- The current state map of the rotating equipment maintenance process at Neste Naantali refinery

This thesis was commissioned by Neste Corporation. Neste Corporation is the biggest renewable diesel refiner in the world owned by the Finnish state. The aim of this thesis was to create a current state map of a centrifugal pump maintenance process and to use it as a basis for development suggestions.

The beginning of the thesis introduces the lean philosophy and its important elements, such as known waste and their elimination, as well as other issues relevant to the thesis, such as process thinking and their components. The thesis uses the Value Stream Mapping tool, which is familiar from Lean thinking, and is discussed in more detail in the theoretical section.

The research collected detailed data on the maintenance process of the centrifugal pumps such as the process information flows, number of people involved in the process at the production stages, lead time for each stage including non value and value added time and sources of identified waste.

The result of the work is a current state map and development proposals based on the research data. The Value Stream Map describes process efficiency, information flows, detailed time used on the process steps, and areas for improvement. At the end of the work, the elements of the process value stream are presented as well as solutions to eliminate them, such as work standardization to improve quality and flow, and the challenges and implications of the work permit process on the value stream of the maintenance process.

KEYWORDS:

quality, value creation, process philosophy, maintenance, productivity, value stream mapping, lead time

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
1.1 Neste	8
2 TUOTANNON ORGANISAATIO JA LEAN	9
2.1 Johtaminen	10
2.2 Työn suunnittelu ja aikataulutus	11
2.3 Kunnossapitotoiminnot – Manage Maintenance Operations	11
2.4 Lean-prosessijohtamisen filosofia	12
2.4.1 Leanin historiaa	13
2.4.2 Käytännön Lean	13
2.5 Lean-filosofiassa tunnetut hukat	14
2.5.1 Ylituotanto	15
2.5.2 Varastot	15
2.5.3 Kuljetukset	15
2.5.4 Liike	16
2.5.5 Odotusaika	16
2.5.6 Virheet	16
2.5.7 Yliprosessointi	17
2.5.8 Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen	17
2.6 Gemba-Walk	17
3 PROSESSIAJATTELU	19
3.1 Prosessien jaottelu	19
3.2 Osatekijät prosessissa	20
3.3 Prosessin kuvaus	21
3.4 Toimittaja-asiakas-suhde	22
3.4.1 Sisäinen kaupankäynti	22
4 VALUE STREAM MAPPING (ARVOVIRTAKUVAUS)	23
4.1 Virtaus ja imu	23
4.2 Value Stream Mapping (arvovirtakuvaus)	23
4.2.1 Arvovirta prosessissa	24
4.2.2 Arvovirran priorisointi	24
4.2.3 Arvovirtakuvauksen symbolit ja komponentit	25

4.2.4 Current state map (nykyisen tilan kartta)	29
4.2.5 Future state map (tavoiteltavan tilan kartta)	29
4.2.6 Menetelmän hyödyt ja muistettavat asiat	30
5 PROSESSIN TUTKIMUSTYÖ	31
5.1 Toteutusmuoto ja kerätty tieto	31
6 TULOKSET, ANALYYSI JA KEHITYS	33
6.1 Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 1.	33
6.1.1 Työlupa	34
6.1.2 Pumpun irrotus	34
6.1.3 Pumpun purku	35
6.1.4 Osien puhdistus	36
6.1.5 Mittaukset	36
6.1.6 Koneistukset	37
6.1.7 Korjaukset ja huollot	37
6.1.8 Kokoonpano	38
6.1.9 Pumpun asennus	39
6.1.10 Linjaus	39
6.1.11 Koeajo ja luovutus asiakkaalle	40
6.2 Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 2.	42
6.2.1 Työlupa	42
6.2.2 Pumpun irrotus	43
6.2.3 Pumpun purku	43
6.2.4 Osien puhdistus	44
6.2.5 Mittaukset	45
6.2.6 Koneistukset	45
6.2.7 Korjaukset ja huollot	45
6.2.8 Kokoonpano	45
6.2.9 Pumpun asennus	46
6.2.10 Linjaus	46
6.2.11 Koeajo ja luovutus asiakkaalle	47
7 POHDINTA	49
LÄHTEET	52

LIITTEET

- Liite 1. Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 1.
Liite 2. Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 2.

KUVIOT

Kuvio 1. Ydinprosessit omaisuudenhallinta yksikössä (Salminen 2019b).	9
Kuvio 2. Johtamisprosessi – Lead Asset Culture/leadership (Luoto 2019).	10
Kuvio 3. Arvovirtakartan osat (SmartDraw 2019).	25
Kuvio 4. Prosessilaatikko (SmartDraw 2019).	26
Kuvio 5. Varastot (SmartDraw 2019).	26
Kuvio 6. Kuljetus (SmartDraw 2019).	26
Kuvio 7. Toimittaja/asiakas (SmartDraw 2019).	26
Kuvio 8. Elektroninen informaatiovirta (SmartDraw 2019).	27
Kuvio 9. Kaizen räjähdyks (SmartDraw 2019).	27
Kuvio 10. Käy katsomassa (SmartDraw 2019).	27
Kuvio 11. Laatu (SmartDraw 2019).	27
Kuvio 12. Arvovirtakuvausesimerkki (vsm-present-state.png (1105x718)).	28

TAULUKOT

Taulukko 1. Arvovirtataulukko.....	33
Taulukko 2. Työlupa arvovirtataulukko.....	34
Taulukko 3. Pumpun irroitus arvovirtataulukko.....	35
Taulukko 4. Pumpun purku arvovirtataulukko.....	35
Taulukko 5. Osien puhdistus arvovirtataulukko.....	36
Taulukko 6. Mittaukset arvovirtataulukko.....	36
Taulukko 7. Koneistukset arvovirtataulukko.....	37
Taulukko 8. Korjaukset ja huollot arvovirtataulukko.....	38
Taulukko 9. Kokoonpanoprosessin arvovirtataulukko.....	38
Taulukko 10. Pumpun asennus arvovirtataulukko.....	39
Taulukko 11. Linjaus arvovirtataulukko.....	40
Taulukko 12. Koeajo ja luovutus arvovirtataulukko.....	40
Taulukko 13. Arvovirtataulukko 2.....	42
Taulukko 14. Työlupa arvovirtataulukko 2.....	43
Taulukko 15. Pumpun irroitus arvovirtataulukko 2.....	43
Taulukko 16. Pumpun purku arvovirtataulukko 2.....	44
Taulukko 17. Osien puhdistus arvovirtataulukko 2.....	44
Taulukko 18. Mittaukset arvovirtataulukko 2.....	45
Taulukko 19. Kokoonpano arvovirtataulukko 2.....	46
Taulukko 20. Pumpun asennus arvovirtataulukko 2.....	46
Taulukko 21. Linjaus arvovirtataulukko 2.....	47
Taulukko 22. Koeajo ja luovutus arvovirtataulukko 2.....	47

1 JOHDANTO

Teollisuudessa tulee kehittyä ja uudistua jatkuvasti, jotta yritykset säilyttävät kilpailukykynsä ja tehokkuutensa. Näiden asioiden tukena käytetään esimerkiksi Lean-ajattelusta tuttuja työkaluja. Tämän opinnäytetyön yksi keskeisimmistä työkaluista on Value Stream Mapping (arvovirtakuvaus), jonka avulla luodaan visuaalinen esitys huoltoprosessin nykytilasta. Arvovirtakuvauksen pohjalta pyritään optimoimaan ja tehostamaan Nesteen Naantalin jalostamon kunnossapidon pyörivien laitteiden huoltoprosessia.

Nesteen kunnossapidon pyörivien laitteiden huoltoprosessin optimoinnin tarve syntyy jalostamon laitteiden jatkuvan toimintavarmuuden ylläpidon tärkeydestä. Tehokas kunnossapito takaa tuotannon toimivuuden asiakkaiden tarpeiden tyydyttämiseksi. Jalostamon kriittiseksi luokitetuilla laitteilla on pääasiassa varalaitte, mutta siitä huolimatta on mahdollista, että pää- ja varalaitte vikaantuvat samanaikaisesti. Tästä voi aiheutua merkittävät tuotannon menetykset. Opinnäytetyö on rajattu keskipakopumppujen huoltoprosessin arvovirran tarkasteluun, johtuen sen suuresta volyymista verraten muihin huollettaviin laitteisiin.

Huoltoprosessi koetaan nykytilanteessa olevan hyvin epätasainen, joka ilmenee työntekijöiden vaihtelevasta työkuormasta ja suorituskyvystä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia huoltoprosessin nykytilaa kuvaava arvovirtakuvaus ja havainnoida sen avulla prosessin kehityskohteet, sekä laatia kehitysehdotuksia prosessin tehostamiseksi.

Opinnäytetyön teoriaosuus pohjautuu Lean-ajatteluun, sekä etenkin Value Stream Mapping-työkalun käyttöön ja sen soveltamiseen. Teoriaosuudessa tuodaan ilmi lean-ajattelun perusteita ja pyritään luomaan ymmärrystä sen tehokkuudesta tuotantolaitoksissa. Lisäksi teoriaosuudessa selvitetään prosessiajattelua ja sen kehittämisen kulmakiviä, etuja ja mahdollisia ongelmia.

Tutkimustyö toteutetaan keskipakopumpun huoltoprosessiin perehtymällä työnsuorittajien arkipäiväiseen työhön kahden keskipakopumpun huoltoprosessin ajan. Kerätyn tiedon pohjalta molemmista huoltoprosesseista muodostetaan arvovirtakuvaus kuvaamaan prosessin nykytilaa, jonka avulla päästään käsiksi toiminnan pullonkauloihin ja kehityskohteisiin.

1.1 Neste

Alkujaan Neste perustettiin Suomen öljyhuollon turvaajaksi talvisodan jälkeen vuonna 1948. Jalostamon rakentamisen tarve tuli esille 1940-luvun keskivaiheilla. Nesteen ensimmäinen jalostamo rakennettiin Naantaliin eduskunnan päätettyä asiasta vuonna 1954. Jalostamo käynnistettiin vuonna 1957. (Neste 2015b.)

Pienen ajan kuluessa öljytuotteiden tarve ja kulutus kasvoi Suomessa, joten jalostamon kapasiteettiä nostettiin 800 000 tonnista 2,5 miljoonaan tonniin. Seuraavana toimenpiteenä aloitettiin rakentamaan Kilpilahteen uutta jalostamoa. Nesteen kapasiteettia on nostettu asteittain aina tähän päivään asti. (Neste 2015b.)

Nesteestä tuli pörssiyhtiö vasta vuonna 1995, omistajuus haluttiin kuitenkin pitää Suomen valtiolla. Vuonna 1997 yhdistettiin sähköyhtiö Imatran voima Oy ja Neste Oyj, josta syntyi Fortum Oyj. Sähkön ja öljyn liitto kesti kuitenkin vain vuoteen 2005, jolloin öljytoimiala erkaantui ja listautui Helsingin pörssiin nimellä Neste Oil Oyj. (Neste 2015b.)

Neste on maailman suurin jätteistä ja tähteistä tuotetun uusiutuvan dieselin jalostaja. Neste on sitoutunut kehittämään tuotteensa ja ratkaisunsa ilmastonmuutosta estämiseksi, tavoitteena on olla globaali johtaja uusiutuvisissa ja kiertotalousratkaisuissa. (Neste 2015b, Neste 2015c.)

Nestein sitoutuneisuus hiilineutraalimpaan maailmaan näkyy sen sijoittumisessa globaalissa vastuullisten yritysten listalla johon se oli sijoittunut kolmanneksi vuonna 2018. Samana vuonna Neste saavutti 14,9 miljardin euron liikevaihdon. Voittoa Neste teki 1,49 miljardia euroa. (Neste 2015c.)

Nestein arvot ovat seuraavat (Neste 2015a):

- vastuullisuus
- yhteistyö
- uudistuminen
- tuloksellisuus.

2 TUOTANNON ORGANISAATIO JA LEAN

Omaisuu-denhallinan ohjaamiseksi on laadittu standardisarja, jonka tarkoituksena on helpottaa yritysten organisaatioita hallinnoimaan kaikkea omaisuuttaan systemaattisesti ja tehokkaasti (Omaisuu-denhallinta ISO 55000).

Omaisuu-denhallinta standardisarjassa on kolme standardia (Omaisuu-denhallinta ISO 55000):

- SFS-ISO 55000 Omaisuu-denhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit
- SFS-ISO 55000 Omaisuu-denhallinta. Hallintajärjestelmät. Vaatimukset
- SFS-ISO 55000 Omaisuu-denhallinta. Hallintajärjestelmät. Ohjeita standardin SFS-ISO 55001:2014 soveltamisesta.

Neste on soveltanut standardisarjasta oman versionsa (Kuvio 1). Omaisuu-denhallinta on yksikkö, joka kuuluu tuotanto-organisaatioon. Omaisuu-denhallinnan tarkoituksena on parantaa Nesteen Suomen jalostamoiden tuotantolaitteiden elinkaarenaikaista omaisuu-den hallintaa. (Salminen 2019b.)



Kuvio 1. Ydinprosessit omaisuu-denhallinta yksikössä (Salminen 2019b).

2.1 Johtaminen

OmaisuuDENhallinnan johtamisprosessin tarkoitus on varmistaa tehokas omaisuudenhallinta ja sen jatkuva kehittäminen (Luoto 2019).

Prosessin mittareita ovat (Luoto 2019) seuraavat:

- omaisuudenhallintastrategian toteutusaste
- toimintasuunnitelmien toteutusaste
- auditointipointeammien määrä
- kokonaiskunnossapitokustannukset.

Prosessin vaiheita ovat (Luoto 2019) seuraavat (Kuvio 2):

1. Aseta omaisuudenhallinnan tavoitteet ja suunnitelmat
2. Selvitä omaisuudenhallinnan tila ja määritä mittarit
3. Hyödynnä teknologian kehittyminen
4. Arvioi ja minimoi riskit
5. Johda projekteja ja jatkuvaa parantamista
6. Vahvista omaisuudenhallinnan kulttuuria



Kuvio 2. Johtamisprosessi – Lead Asset Culture/leadership (Luoto 2019).

2.2 Työn suunnittelu ja aikataulutus

Työnsuunnittelu ja toteutus prosessin tavoitteita ohjaavat vuotuiset OP (Oil Products) -tavoitteet. Prosessin tavoitteena on luoda puitteet mahdollisimman suunnitelmalliselle kunnossapidon toiminnalle, niin että se tukee myös jalostamon muita sidosryhmiä. (Pääkkönen 2019.)

Seuraavassa on tuotu esiin prosessin onnistuneen käyttöönoton tuottamia hyötyjä ja tavoitteita (Pääkkönen 2019):

- Työnsuunnittelu ja toteutusprosessi ovat olemassa, koulutettu ja käytössä luoden lisäarvoa läpi työn suunnittelu- ja toteutus prosessin
- Ehkäisevän kunnossapidon osuus kokonaistyökuormasta on korkealla tasolla (pääosa kunnossapitotöistä > 70 %), hälytys- ja korjaavan kunnossapidon osuuden jäädessä vähäiseksi (< 30 %).
- Kunnossapitojärjestelmää hyödynnetään kaikissa ammattiryhmissä ja kunnossapidon historia raportointi on laadukasta.
- Varaosanimikkeet ovat perustettu ja linkitetty laitteille. Tilauspisteet ja eräkoot ovat määritelty yhteistyössä hankinnan kanssa. Varaosapaketit toimitetaan työpisteisiin suunnitelmallisesti.

2.3 Kunnossapitotoiminnot – Manage Maintenance Operations

Kunnossapitotoimintojen tavoitteena on toiminnan jatkuva parantaminen, työkuorman hallinta vikailmoituksesta/työpyynnöstä aina työn laadukkaaseen raportointiin. Prosessin tavoitteena luoda systemaattinen ja yhtenäinen toimintatapa töiden suorittamiselle. (Salminen 2019a.)

Kunnossapitotoimintojen prosessi aloitetaan työkuormaa hallitsemisella, hyväksymällä ja arvioimalla työn toteutuksen mahdollisuus. Kunnossapitotyön hyväksynnän jälkeen seuraa sen suunnittelu ja aikataulutus priorisoidusti huomioiden tarpeet työn turvalliseen toteutukseen. Toteutusvaiheessa tulee huomioida riskit ja suorittaa toimenpiteet niiden minimoimiseksi. Toteutusvaiheessa tulee myös selvittää asiakohdat työn laadukkaaseen toteutukseen, sekä varmistaa toimilaitteen turvallinen käyttöönotto ja käyttö. (Salminen 2019a.)

Laadukas raportointityö mahdollistaa tulevien huoltojen riskienhallinnan ja puutteiden tunnistamisen, sekä antaa mahdollisuuden reagoida niihin ennen huoltotöiden aloittamista. Laadukas raportointi mahdollistaa myös hyvän pohjan toiminnan mittaamiselle. Fyysisen osion suorittamisen jälkeen pyritään luomaan parannustoimenpiteitä toimintamalleihin ja elinkaarenhallintaan raportoinnin ja kerättyjen kunnossapitotietojen avulla. Näillä pyritään saavuttamaan laitteiden luotettavuutta ja työsuunnitelmien tarpeelliset sisällön muutokset. (Salminen 2019a.)

Prosessin mittareita ovat (Salminen 2019a) seuraavat:

- avoin työkuorma
 - laitekriittisyksittäin ja työtärkeysluokittain yhdistettynä
 - työtyypeittäin
 - työtiloittain
 - ammattiryhmittäin
 - suunniteltujen aloitus- ja lopetuspäivämäärien kattavuus (%)
 - lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin työt
- ennakoivan kunnossapidon suhde korjaavaan kunnossapitoon
- toteutuneet kustannukset (oma organisaatio ja ulkoiset palvelutoimittajat)
- suunniteltujen töiden toteutus suunnitellusti %:ssa (suunnitellut vs. toteutunut budjetti)
- työlupien valmisteluaste
- raportoinnin kattavuus.

2.4 Lean-prosessijohtamisen filosofia

Lean-ajattelussa pyritään tarkastelemaan yritystä ja toimitusketjua kokonaisuutena. Johdon ja esimiesten tulee ensin ymmärtää mitä ollaan edes tekemässä. Sen jälkeen tulee miettiä, miten asiaa hoidetaan omassa organisaatiossa. Toyotalla johtaminen ja parantaminen on yksi ja sama asia, kun taas perinteisillä yrityksillä on tapana pitää johtamista erillisenä toimintana. Perinteinen johtaminen on useasti leanin ydinajatuksen vastakohta. Esimerkiksi tehdään enemmän ”parannus”-kampanja, kuin syvennyttään systeemiin kokonaisvaltaisesti ja pitkäjänteisesti. (Six Sigma 2020)

Keskeisintä Leanissa on tunnistaa ja eliminoida hukka nopeasti ja tehokkaasti, pienentää kustannuksia sekä parantaa laatua. Hukka aiheutuu seurauksena virheestä tai viasta,

jonka juurisyynä voi olla esimerkiksi vaihtelu. Pelkästään hukkaa poistamalla hukka syntyy uudestaan. Minimoimalla vaihtelun prosessissa hukan syntyminen vähenee. Vaihtelun seurauksena syntyy ongelmia, siksi vaihtelun ymmärtäminen on tärkeää. (Six Sigma 2020)

2.4.1 Leanin historiaa

Lean juontaa juurensa japanista Toyotan autotehtaalta ja siellä käytetystä tuotanto systeemistä (Toyota Production System). Toyotan autotehtaalla päätuotantoinsinöörin tehtävissä ollut Taiichi Ohno sai tehtäväkseen nostaa yrityksen tuottavuutta. Tehtävän tarkoituksena oli löytää toimenpiteet, joilla pystytään tekemään enemmän vähemmällä. (Six Sigma 2019)

Taiichi Ohno kävi yritysvierailuilla pääosin massatuotantolaitkosissa hakemassa ideoita ja näkemyksiä miten soveltaa sitä Toyotalle. Eniten ideoita hänessä herätti kuitenkin supermarketvierailu. Esimerkiksi ”Kanban”, joka on mukaelma supermarkettien tavaranhajauksesta syntyi supermarketympäristöä havainnoimalla. Supermarketeista asiakas saa tarvitsemansa riippumatta ajasta tai määrästä, joka auttoi Taiichi Ohnoa ymmärtämään imuohjausta. (Six Sigma 2019)

Japanilaiset keräsivät tietoa paljon muistakin yrityksistä esimerkiksi Fordilta esimerkkejä katkeamattomasta virtauksesta, saksalaisilta tahtiajan, jota he käyttivät tahdittamaan lentokoneaihioiden yhtäaikaista liikkumista tuotantolinjalla. Näistä opitut konseptit on tuotu yhteen samalla kehittämällä omia Toyota Production Systemille. (Six Sigma 2019)

Lean filosofiaa on kehitelty jo lähes 100 vuotta, joten se ei ole kovinkaan uusi asia. Lean käsite nimettiin 1990-luvun myyntimenestyksessä ”The Machine That Changed The World”. Teoksen kirjoittivat James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos. Kirjaa povataankin Lean-kirjojen klassikoksi, joka tulisi lukea jokaisen Lean-ajattelua harjoittavan henkilön. (Six Sigma 2019)

2.4.2 Käytännön Lean

Muda tulee japanin kielestä ja tarkoittaa ”hukkaa”, joka on mitä tahansa ihmisen toimintaa, joka käyttää resursseja luomatta arvoa. Näitä ovat esimerkiksi virheet, jotka vaativat

korjaustoimenpiteitä, tarpeeton tuottaminen ja liikkuminen sekä turhat varastot ja työvaiheet. Hukkaa esiintyy jokapuolella ja tämän eliminoimiseen on kehitetty erinomainen tapa jota kutsutaan Lean-ajatteluksi. Lean-ajattelu tarjoaa tavan määritellä arvon, järjestää arvoa tuottavat toiminnot parhaaseen järjestykseen, suoriutua näistä toiminnoista keskeytyksettä ja entistä tehokkaammin. Lyhyesti sanottuna Lean-ajattelu on ”laihaa” Lean sanansa mukaisesti, koska se tarjoaa tavan tehdä enemmän vähemmällä, kuten vähemmän inhimillisiä ponnisteluja, pienemmällä määrällä laitteita, pienemmällä ajankäytöllä, ja pienemmällä tilan tarpeella, kun tarjotaan asiakkaalle vain se mitä hän tarvitsee. Se myös tarjoaa tavan luoda uusia työtehtäviä sen sijaan, että jo olemassa olevia työtehtäviä poistetaan tehokkuuden kustannuksella. (Six Sigma 2019)

Lean-ajattelussa keskitytään parantamaan asiakkaan kokemaa arvoa, kuten tuotteen laatua tai määrää ja kykyä tuottaa tuotetta tehokkaasti. Arvo käsitteenä tarkoittaa tuotteen tai palvelun ominaispiirrettä asiakkaalle, josta se on valmis maksamaan enemmän kuin sen tuottaminen maksaa. Yritysten kate muodostuu juuri tästä erosta. (Six Sigma 2019)

Lean ajattelussa puhutaan kahdeksasta hukasta joiden aiheuttajia pyritään eliminoimaan.

2.5 Lean-filosofiassa tunnetut hukat

Hukat on jaettu kahdeksaan eri hukanmuotoon Leanin periaatteiden mukaan. Lean-tuotannossa keskitytään eliminoimaan hukkaa, jotta tuotannon prosessit kulkisivat jouhevasti, sekä pystyttäisiin tekemään enemmän samoilla resursseilla. Pyritään siis poistamaan arvoa tuottamattomat toiminnot tuotannon prosessista tehostaen toimintaa ja laatua, sekä näin ollen tuottavuutta. Tavoitteena lisätä työprosessin arvoa ja parantaa läpimenoaikaa. Prosessista löydetyt hukat ovat keinoja, joilla tavoitteeseen voidaan pyrkiä. On kuitenkin mahdotonta poistaa kaikkea hukkaa tuotantoprosessista. (Lean-valmentaja 2017.) Jokainen hukka käsitellään yksityiskohtaisemmin erikseen luvuissa 2.5.1–2.5.8.

Virheet ovat hukkaa, jotka voivat näkyä käyttäjälle ja asiakkaalle asti. Toyotalla noudatetaan kolmea sääntöä virheiden suhteen (Tuominen 2010a):

- Älä päästä virheellistä eteenpäin
- Pysäytä ja korjaa virhe

- Kunnioita yksilöä.

Virheet ovat seurausta tasapainottomuudesta ja hukasta. Tätä pystytään kitkemään kehittämällä prosessiin menetelmä, jossa se itse tunnistaa virheen. Organisaation tulee olla sitoutunut reagoimaan välittömästi virheen havaitessa. Jos virhettä ei korjata heti, se voi vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi. (Tuominen 2010a.)

2.5.1 Ylituotanto

Ylituotanto on kriittisin hukista, sillä se aiheuttaa prosessissa kaikkia muita hukkia. Kun tehdään enemmän kuin on tarvetta se aiheuttaa ylimääräistä tilan tarvetta. Varastointi taas tuo mukanaan lisää kuljetusta varaston ja tuotannon välillä, joka aiheuttaa resursien, kuljetuskaluston ja tilan tarvetta. Liike on myös osa kuljetusta. Näistä taas seuraa odottelua, jonka seurauksena varastoon kuljetettu tavara vanhenee ja riskinä on seuraavan kokoonpanijan tietämättömyys tuotteen tilasta, joka aiheuttaa lisäselvityksiä sekä virheen riskin kasvua. Tämä vaikuttaa myös prosessointiin jos tuotteen variaatio on muuttunut varastoinnin aikana. Kaikkiin edellä mainittuihin hukkiin vaikuttaa siis ylituotanto. (Lean-valmentaja 2017.)

2.5.2 Varastot

Ylimääräinen varastointi aiheuttaa resurssien ja tilan tarvetta. Tilan tarpeesta syntyy lämmityskustannuksia, sekä varastointimateriaalin hankkimista. Tuotteen pidempi varastointi aiheuttaa myös sen vanhenemista, joka altistaa poikkeamia laatuun ja mahdollisesti tuotteen variaatio on muuttunut tuotannossa sen varastoinnin aikana, joka tarkoittaa tuotteelle ylimääräistä prosessointia. Varastointihukkaa on mahdollista pienentää toimivan tilaus-toimitusketjun avulla. Jos prosessiin tarvittavat tuotteet saadaan luotettavasti ja sopivalla aikataululla yhdeltä tai kahdelta toimittajalta, ei ole syytä pitää omassa varastossa komponentteja vanhentumassa. (Skhmo 2017.)

2.5.3 Kuljetukset

Tuotteen ylimääräinen kuljettaminen paikasta toiseen vaatii aina aikaa, kalustoa ja myös tilaa. Se altistaa tuotteen mahdolliselle vauriolle kuljetuksen aikana, kuten putoamiselle

kuljetettaessa. Hyvällä layout-suunnittelulla saadaan kitkettä pois ainakin suurin osa ylimääräisestä kuljettamisesta, kun tuotteet kuljetetaan vain seuraavan prosessin läheisyyteen. Kuljetustapoihin tulee myös perehtyä toiminnan tehostamiseksi ja tuotteen turvallisuuden varmistamiseksi. (Skhmot 2017.)

2.5.4 Liike

Kaikki turha liike vaikuttaa tuotteen arvovirtaan negatiivisesti. Asentajan etsiessä osia ja työkaluja tuotantohallista on arvoa tuottamatonta toimintaa. Tätä pystytään kitkemään suunnittelemalla työpisteet siten, että siitä löytyy kaikki tarvittava helposti ja läheltä. Varaston sijainti lähellä tuotantoa nopeuttaa varaosien saatavuutta. Tämän hukan vähentämiseen on Lean-ajattelussa käytössä 5S-työkalu. (Skhmot 2017.)

2.5.5 Odotusaika

Odotusaika tarkoittaa arvoa tuottamatonta aikaa kun tuotannossa joudutaan odottamaan esimerkiksi jotain komponenttia, työkalua, resursseja tai työvaiheen valmistumista, jotta päästään prosessissa eteenpäin. Odottaminen aiheuttaa herkästi myös kiirettä, joka taas altistaa herkästi virheille. Hyvällä prosessin suunnittelulla pystytään havainnoimaan prosessin mahdolliset ongelmakohdat ja suorittamaan ennakoivat toimenpiteet niiden poistamiseksi. (Skhmot 2017.)

2.5.6 Virheet

Tuotteeseen tulleet virheet aiheuttavat uudelleen prosessointia ja pahimmassa tapauksessa, jopa koko tuotteen uusimisen. Tämä aiheuttaa tuotteelle ylimääräistä laadun valvontaa, odottelua ja resurssien hukkaamista. Tuotteen haluttu laatu voidaan saavuttaa toimintakuntoisilla työkoneilla, osaavalla henkilökunnalla, työprosessin kulkua vakiinnuttamalla. Prosessin henkilökunnalle tulee antaa riittävät edellytykset suorittaa työ laadukkaasti. Tämä tarkoittaa, että työkalut ja laitekanta ovat riittävällä tasolla. Vakiintuneella työprosessilla saavutetaan määrätietoinen ja suoraviivainen toiminta. (Skhmot 2017.)

2.5.7 Yliprosessointi

Jos tuotteen valmistamisessa on toimintoja joita ei lopputulokseen vaadita, puhutaan yli-prosessoinnista. Yliprosessointia voi syntyä esimerkiksi huonosta työsuunnittelusta tai huonosta kunnossapidosta. Jos laitteelle tehdään kunnossapitotöitä kehuilla työkaluilla laaduttomasti tai vajavaisesti, se aiheuttaa lisätöitä ajatellen tuotteen elinkaarta. Myös liian laadukkaan tuotteen valmistaminen on yliprosessointihukkaa. Työprosessi tulee yksinkertaistaa sen etenemisen helpottamiseksi. Liian laadukkaan työn suorittaminen vie resursseja pois sieltä, missä niitä tarvitaan. (Skhmot 2017.)

2.5.8 Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen

Työn suorittajalla on paras tietämys tuotannon prosessissa tehtävistä töistä. Suorittajalla on varmasti hyviä ideoita työn suorittamisen sujuvuuteen, turvalliseen toteutukseen, sekä tehokkaaseen toimintaan. Ne useasti jäävät vain harmillisesti huomioimatta tai niistä ei edes puhuta. On hyvin tärkeää rohkaista työn suorittajia kertomaan oma näkemysensä ja ideansa, sillä usein se helpottaa myös suorittajan työn toteutusta. (Skhmot 2017.)

2.6 Gemba-Walk

Opinnäytetyön pohjustaminen tapahtuu havainnoimalla prosessin työvaiheita kentältä käsin. Tähän toimintaan sopiva työkalu on Gemba-Walk.

Gemba-Walkin periaatteena on havainnoida prosessin työvaiheita, sujuvuutta, turvallisuutta, työtapoja, pullonkauloja, työmaan yleisilmettä, sekä pyrkiä löytämään siitä hukkaa ja kehityskohteita. Sana ”Gemba” on japania ja tarkoittaa ”todellista paikkaa”, jossa arvon tuotto tapahtuu. Tarkoituksena ymmärtää prosessin kulku ja sen ongelmakohtat. (Metsolahti 2018.)

Gemba-Walkin voi toteuttaa ennakkoon valmistellusti tai valmistelemattomasti havainnoimalla. On kuitenkin hyvä miettiä etukäteen kierroksen tarkoitus ja mitä tulisi tarkkailla. Pitää myös varmistua, että ymmärtää, mitä tarkkailee. Tämän voi esimerkiksi varmistaa työtä suorittavia henkilöitä haastattelemmalla. Työntekijöiden kanssa avoin, kunnioittava

ja luottamusta herättävä ilmapiiri on tärkeää, sillä monesti heiltä saadaan hyvää näkemystä kehityskohteista ja ratkaisuista. (Janne Metsolahti 2018.)

3 PROSESSIAJATTELU

Prosessiajattelua ja prosessijohtamista pidetään laadunkehitystyön perustana. Prosessiajattelussa otetaan huomioon palvelun tai tuotteen kokonaisuus ja kaikki siihen liittyvä, sekä sen osatekijät. (Salomäki 2003.)

Prosessit sisältävät kaiken yhtiön tavoitteellisen tekemisen. Monet prosessit kuten asiakaspalvelu, toimistot ja tuotanto toimivat tiiviissä yhteistyössä ja niiden osastojen määrittelyminen on tarpeetonta. Asiakas ja organisaatio eivät ole kiinnostuneita yhden henkilön tai toiminnon menestyksestä vaan kokonaisuuden menestymisestä. Kokonaisuus kuitenkin koostuu yksilöistä, osaprosesseista ja vaiheista ja näin ollen kehittämistyö kuitenkin kohdistuu usein pieniin yksityiskohtiin. (Salomäki 2003)

Prosessin vaiheiden aikakäsitteitä (Salomäki 2003):

- **Toimitusaika** tarkoittaa tuotteen tilauksen ja asiakkaalle luovutuksen välistä aikaa. Asiakkaan näkökulmasta tämä on tärkein aikakäsite prosessissa.
- **Tuotannon läpäisy aika** pitää sisällään tuotteen valmistamiseen käytetyn ajan. Aikakäsite määrää työn aloittamisen ennen sen toimitusta.
- **Vaiheen läpäisy aika** kuvaa jokaisen yksittäisen prosessivaiheen kulunutta aikaa, joka määrittää prosessin suoritustehon

3.1 Prosessien jaottelu

Ulkopuolisen näkökulmasta yritys muodostaa yhden prosessin, jossa tilataan tuote, joka käynnistää prosessin ja siitä syntyvän valmiin tuotteen. Kuitenkin tuotantoa tarkasteltaessa tuotteen yksittäinen valmistusvaihe voidaan nähdä prosessina. Prosesseja on tuotannossa ja toimistoissa. Kun prosessi on tunnistettu se voidaan määrittellä, kuvata ja mitata sen suorituskäyky. Ilman tunnistettua prosessia ja laadukasta johtamista prosessi voi olla hankala kuvata. (Salomäki 2003.)

Tarkastelutasoina voidaan nähdä seuraavat (Salomäki 2003):

- **Yritystaso**, josta nähdään koko liiketoiminta.
- **Ohjaustaso**, josta näkyy yrityksen jokin ohjauksellinen kokonaisuus esimerkiksi osasto, jossa toimii osittain samoilla resursseilla useita prosesseja

- **Työprosessitasolla** tarkastellaan osaston tai henkilön yksittäistä prosessia, joka voi olla osa- tai tukiprosessi.

Prosesseihin liittyy prosessijohtamisen määritteitä joita selvitetään seuraavaksi (Salomäki 2003):

Liiketoimintaprosessi kattaa yrityksen tilaus-toimitus – ketjun. Liiketoimintaprosessi sisältää kaiken toiminnan liittyen ulkoisiin tavarantoimittajiin ja asiakkaisiin. Tämän prosessin avulla saadaan liiketoiminnan tulos. Yritykset voivat sisältää useita liiketoimintaprosesseja mutta jokainen niistä on itsenäinen ja tulosvastuullinen.

Pääprosessi on liiketoimintaprosessista irrotettu organisaation menestykselle tärkein prosessi, jolla on sisäinen tai ulkoinen asiakas.

Ydinprosessi sisältää toiminnan joka tuo asiakkaalle lisäarvoa. Ydinprosessista on erotettu tukiprosessit ja valmistelevat vaiheet. Kokonaisuuden kannalta ydinprosessi on huomattavan tärkeä.

Prosessikori tarkoittaa kokoelmaa samantyyppisistä prosesseista. Prosessit ovat itsenäisiä, mutta toisiaan tukevia prosesseja, joilla on sama omistaja.

Tukiprosessi ei palvele merkittävästi suoraan ulkoista asiakasta. Tukee ydinprosessia ja mahdollistaa sen toiminnan. Tukiprosessin ei tulisi aiheuttaa ydinprosessille ongelmia. Tukiprosessi voi palvella useita ydinprosesseja.

Osaprosessi on määritellystä prosessista työn tekemisen tai resurssien käytön kannalta erotettu osa, kuten hitsaaminen tai maalaaminen tuotteen valmistuksessa.

3.2 Osatekijät prosessissa

Työprosessin kokonaisuus koostuu yksittäisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat lopputulokseen (Salomäki 2003):

Ihminen, joka käyttää prosessia työtä tehdessään

Materiaali, josta tuote valmistetaan. Tuotteen valmistamiseen tarvitaan raaka-aineen lisäksi apumateriaaleja.

Koneet ja laitteet, työvälineet ja työkalut, kuten tietokonepäätte tai sorvi.

Menetelmä, eli tapa jolla prosessia viedään eteenpäin.

Tieto, data, jota työn lopputuloksen saavuttamiseen tarvitaan.

Ympäristö, koko työympäristö, kuten ilmapiiri tai lämpötila, joka voi vaikuttaa työn suorittamiseen.

Muutokset edellä mainituissa tekijöissä heijastuvat tuotteen lopputulokseen. Nämä tekijät aiheuttavat luonnollista, normaalia vaihtelua. Vaihtelut voivat kumota ja vahvistaa toisiaan. Prosessin osatekijöiden vaihtelujen yhteisvaikutus muodostaa prosessin normaalin kokonaisvaihtelun.

Heräte (input) on prosessin käynnistävä impulssi. Heräte voi olla esimerkiksi työtilaus, työpisteeseen tuleva puolivalmiste tai jokin tapahtuma tai tilanne, joka käynnistää prosessin määrittelynsä mukaisesti.

Syöte on prosessin tarvitsema asia, kuten materiaali tai energia. Aputuotteet ovat myös syötteitä.

Lopputulos (output) on immateriaalinen käsite, joka on tilanne prosessin päättyessä, kuten työn luovutus seuraavalle vaiheelle.

Tuotos syntyy prosessin lopputuotteena tai sivutuotteena. Tuotteesta puhuttaessa tarkoitetaan prosessissa tarkoituksena syntynyttä lopputuotetta.

Ohjaussuureiden avulla prosessia hallitaan ja säädetään lopputuloksen muuttamiseksi. Ohjauksella on aina suuruus ja suunta.

Häiriösuureet ovat prosessissa tapahtuvia sen luonteenomaisia vaihteluita tai muutoksia tai ennalta-arvaamattomia häiriöitä. Häiriösuureet voivat olla luonteeltaan ennakoitavia tai ennalta-arvaamattomia. Ohjaussuureita käytetään häiriösuureiden vaikutusten eliminoimiseen.

3.3 Prosessin kuvaus

Prosessin kehittämisen kulmakivi on sen eri osapuolten todellinen ja yhtenäinen käsitys sen toiminnasta. Jos prosessia ei ole kuvattu, on sitä lähes mahdoton lähteä kehittämään. Parhaimmillaan prosessin kuvaus mahdollistaa prosessin simuloinnin erilaisten

vaihtoehtojen vaikutuksen tutkimiseen. Havainnollisimpia ja tehokkaimpia ovat vuokaviotekniikat. (Salomäki 2003.)

3.4 Toimittaja-asiakas-suhde

Jokaisella prosessilla on asiakas. Prosessin määritelmä ei täyty, jos sillä ei ole asiakasta. Prosessin viimeinen vaihe luovuttaa tuotteen asiakkaalle, mutta liiketoimintaprosessi jatkuu esimerkiksi laskutus- ja takuuasioiden hoitoprosessina. Osaprosessien asiakas on prosessin seuraava vaihe, joka tarvitsee edellisen osaprosessin tuotetta. Sisäinen toimittaja-asiakassuhde jää valitettavasti helposti hyödyntämättä. Hyvä laatu on toimintavarmuuden perusta sekä toimittajan että asiakkaan etu. (Salomäki 2003.)

3.4.1 Sisäinen kaupankäynti

Joissakin tapauksissa sisäinen toimittaja–asiakas-ajattelu on johtanut harhaan ja pahoihin ongelmiin. Yrityksen sisäiset asiakkaat ovat alkaneet kilpailuttamaan omia toimintojaan suhteessa ulkoisiin toimittajiin, kuitenkin tietäen olevansa ensisijaisessa asemassa tuotteen oston kannalta. Tästä muodostuu epäaito kilpailutilanne ja sisäinen toimittaja on omaa tulostaan parantaakseen korottanut velotushintoja. Monopoliasemassa kustannukset herkästi nousevat. Kun kustannuskäsite on epäkonkreettinen ajaudutaan herkästi henkilökohtaisista suhteista ja mielipiteistä muodostuvaan työnjakoon tehokkuuden kustannuksella. (Salomäki 2003.)

Sisäisen toimittajan tulee kyetä kilpailemaan tehokkaasti ulkoisten toimittajien kanssa, mutta kilpailuttamisessa tulee huomioida kilpailuttajan edun sijasta koko organisaation etu. Esimerkiksi koulutus, siivous ja huolto on usein siirretty sisäisestä ulkoiseksi, vaikka omana toimintana se tulisi lyhyellä aikavälillä edullisemmaksi. Jos tehtävä ei sovi strategiaan ja se aiheuttaa ylimääräisiä hallinnollisia ja muita kustannuksia, on hyvä miettiä ulkoistamista. Tehokas avainprosessi on tärkein. Strategian muutos usein ja nopeasti aiheuttaa organisaation luottamuksen vähenemisen. (Salomäki 2003.)

4 VALUE STREAM MAPPING (ARVOVIRTAKUVAUS)

4.1 Virtaus ja imu

Virtaus tarkoittaa prosesseissa tuotteiden, materiaalien, komponenttien ja tiedon keskeytymätöntä virtausta ilman väli- ja tuotevarastoja. Asiakas käynnistää virtauksen tilaamalla tuotteen tai palvelun, joka käynnistää valmistuksen. Virtaus päättyy kun palvelu tai tuote on toimitettu ja luovutettu asiakkaalle. (Tuominen 2010b.)

Lean-organisaatiossa virtaus on yksi keskeisimmistä periaatteista. Tehokkaan virtauksen saavuttamiseksi tulee käyttää muita Lean-työkaluja ja periaatteita Lean-organisaatiossa, kuten laadun ohjauksen menetelmiä, ennaltaehkäisevää huoltoa ja asetusaikojen minimointia. Imun avulla tuotetaan kysyntää vastaava määrä. Kustannustehokkuus ja imu yhdistyvät olosuhteissa, jotka mahdollistavat virtauksen, joustavan toiminnan ja lyhyen prosessiajan. Virtaus ja imu edellyttävät vakautta ja standardisointia luoden pohjan johdonmukaisuudelle, toistettavuudelle ja ongelmien tunnistamiselle, poistamiselle, jatkuvalla kehittämiselle sekä ennustettaville tuloksille. (Tuominen 2010a.)

Arvovirran jatkuva kehittäminen tarvitsee määritelmän prosessin tuottamalle arvolle asiakkaan silmin. Asiakkaalle tärkeät ominaisuudet ja odotukset tulee määrittellä luotettavasti ja tuoda jokaisen työntekijän tietoon halutun laadun määritelmä ja, miten toimia jos prosessi ei tuota hyväksyttävää tuotetta tai palvelua. (Tuominen 2010a.)

4.2 Value Stream Mapping (arvovirtakuvaus)

Value Stream Mapping (arvovirtakuvaus) on työkalu, jolla pyritään kuvaamaan visuaalisesti materiaalin ja informaation kulkua tuoteryhmissä ja prosesseissa. Sitä käytetään havainnollistamaan ja priorisoimaan prosessin kulun esteitä eli mahdollisia kehityskohteita, jokaisen vaiheen riippuvuutta toisiinsa, tuotevirtojen kokoa, työvaiheiden kestoa sekä kuvaamaan välivarastoja. Value Stream Mappingin avulla pystytään kuvaamaan nykytilanne prosessissa ja peilaamaan sitä johdon antamaan tavoitteeseen. Kuvauksen avulla jaetaan toiminnot arvoa tuottaviin ja arvoa tuottamattomiin toimintoihin, sekä pyritään eliminoimaan tuotannossa esiintyvää hukkaa. Arvoa tuottavat toiminnot on se osa

prosessia, josta asiakas on valmis maksamaan. Arvovirtakuvauksessa keskitytään tuotevirtaan asiakkaan näkökulmasta, esimerkiksi jos asiakas ostaa jalkapallon, mutta ei kaipaa sitä täytettynä, on turhaa käyttää aikaa pallon täyttöön. (Väisänen 2013b.)

4.2.1 Arvovirta prosessissa

Arvovirtakuvausta käytetään prosessin virtauksen esteiden tunnistamiseen ja priorisointiin. Tehokkuutta parannettaessa on lähtökohtaisesti tunnistettava ongelmat ja niiden ratkaisut. Arvovirtaus on kokonaisjaksoaika asiakkaan tilauksesta tuotteen toimitukseen. Tämä aika pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi sekä sen toiminnot mahdollisimman arvoa tuottaviksi. Hukkaa poistamalla pystytään helpommin täyttämään asiakkaan vaatimukset. (Väisänen 2013c.)

Arvovirtakuvauksen avulla pystytään ymmärtämään koko prosessin materiaali- ja informaatiovirrat yksittäisten toimintojen sijaan. Siinä kuvataan prosessin toimintojen yhteys tuotannonohjaukseen ja prosessin eri vaiheisiin nähden, tunnistetaan ongelmat ja hukan lähteet, pullonkaulat, keskeneräisvarastot ja materiaalivarastot sekä turvallisuus ja laitepuutteet. Arvovirtakuvauksella pystytään havainnollistamaan koko organisaatiolle, kuinka prosessin toiminnot toimivat päivittäin. Sillä kuvataan materiaalivirrat, informaatiovirrat, tavarantoimittajat, asiakkaat ja koko prosessi yhdeksi kuvaksi. (Väisänen 2013c.)

4.2.2 Arvovirran priorisointi

Yleisesti asiakas määrittää arvovirran. Jos arvovirta ei määriy kuitenkaan asiakkaan mukaan, on sen määrittelemiseen ja tavoitteiden luomiseen olemassa helpottavia tapoja, kuten tuotemääräanalyysi (Product-Quantity – PQ), jonka avulla tiedostetaan onko tuotteen volyyymi tarpeeksi suuri. Tuotemäärä analyysissä esitetään Pareto-kaaviolla tuotteiden määrät. Kaavio on graafinen esitys, joka erottaa kriittiset tuotteet muista tuotteista. Jos tämä ei tuota tulosta, on olemassa myös tuotereittianalyysi (Product-Routing – PR). (Väisänen 2013c.)

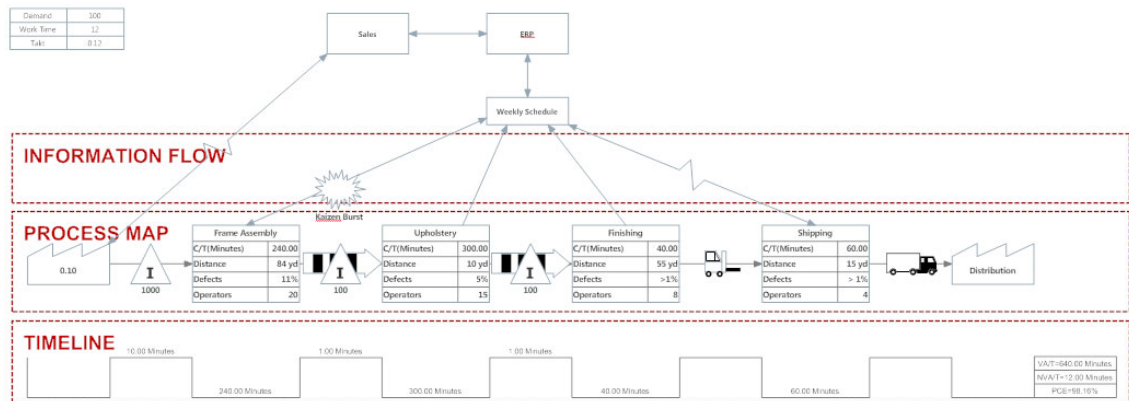
PR-analyysillä nähdään tuotteet, jotka kulkevat saman reitin prosessin läpi. Eli samaan tuoteperheeseen kuuluvat tuotteet, jotka kulkevat samojen koneiden ja toimintojen läpi.

Tuotereitti analyysissä kuvataan toiminnot ja kirjataan ne tuotteittain tuotevolyymien mukaisessa järjestyksessä. Tuotteet joilla on samat prosessiaskalet analysoidaan prosessireittien mahdollisuudet. (Väisänen 2013c.)

4.2.3 Arvovirtakuvauksen symbolit ja komponentit

Arvovirtakartta koostuu kolmesta erillisestä osasta (kuvio 3) (SmartDraw 2019), jotka ovat seuraavat.

- Prosessikartta, joka koostuu prosessin vaiheista ja niihin liittyvistä tiedoista.
- Prosessikarttaa vastaavasta aikajanasta, joka rakentuu prosessikarttaan syötetystä tiedosta ja laskee sen
- Tietovirta, joka selittää prosessin arvoketjun asemien vuorovaikutusta ja toimintaa



Kuvio 3. Arvovirtakartan osat (SmartDraw 2019).

Arvovirtakartan vasemmassa yläkulmassa on yleensä laatikko, jossa luetellaan arvovirtakartan vakiot. Se sisältää kysynnän, päivässä tuotettavien komponenttien määrän ja siihen käytetyn ajan, työhön käytössä olevan ajan sekä tahtiajan eli vaadittavan rytmin, jossa työ tulee valmistua. (SmartDraw 2019.)

Arvovirran kuvauksessa käytetään seuraavia symboleita (SmartDraw 2019):

Prosessi, on laatikko joka kuvaa prosessin vaiheen ja siihen liittyvät tiedot (kuvio 4). Arvovirtakuvauksen luettavuuden parantamiseksi prosessi kuvaa usein koko laitoksen kollektiivisia prosesseja.



Kuvio 4. Prosessilaatikko (SmartDraw 2019).

Varasto. Kolmio jonka sisällä on kirjain "I" tarkoittaa varastoa ja sen vaihtuvuutta prosessin aikana (kuvio 5).



Kuvio 5. Varastot (SmartDraw 2019).

Toimitus. Jokin kuljetusajoneuvo kuvaa miten prosessiin tuotava raaka-aine on kuljetettu. Se voi olla esimerkiksi kuorma-auto, juna, laiva tai lentokone (Kuvio 6). Materiaalin työntämistä seuraavaan vaiheeseen kuvataan mustalla nuolella, joka sisältää kolme valkoista neliötä. Raaka-aineiden toimitusta kuvataan tyhjillä leveillä nuolilla.



Kuvio 6. Kuljetus (SmartDraw 2019).

Toimittaja/asiakas. Näitä kuvataan samalla geometrisella symbolilla, joka kuvaa tehdasta (kuvio 7). Toimittaja yleensä merkitsee prosessin alkua ja sijaitsee arvovirtakuvauksessa vasemmalla puolella, kun taas asiakas kuvaa loppua joka sijaitsee arvovirtakuvauksessa oikealla.



Kuvio 7. Toimittaja/asiakas (SmartDraw 2019).

Elektroninen informaatiovirta. Kuvataan nuolella jonka keskivaiheilla on elektronisuutta kuvaava symboli. Katso (kuvio 7), kun taas manuaalista tietovirtaa kuvataan suoralla nuolella.



Kuvio 8. Elektroninen informaatiovirta (SmartDraw 2019).

Kaizen räjähdys (kuvio 9). Ilmaisee arvovirtakuvauksessa sijoituksellaan erityistä tarvetta kyseisen vaiheen asteittaista ja jatkuvaa parantamista, eli tarvetta kaizen-työpajalle. Tätä kuvataan sarjakuvamaisella räjähdyssymbolilla.



Kuvio 9. Kaizen räjähdys (SmartDraw 2019).

Käy katsomassa. Silmälasit kuvaavat prosessissa esiintyvää tilannetta, jota halutaan visuaalisesti havainnoida (kuvio 10).

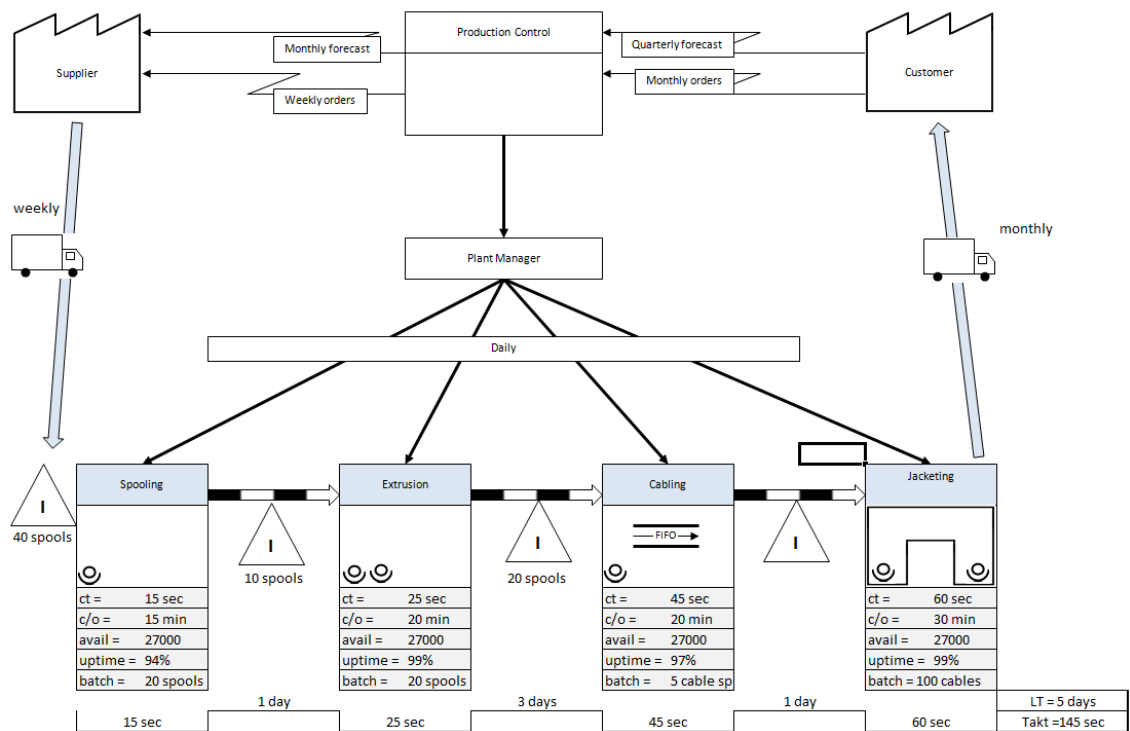


Kuvio 10. Käy katsomassa (SmartDraw 2019).

Laatu. Laatuongelmia prosessissa kuvataan STOP-merkin tapaisella kuviolla, jonka sisällä on kirjain Q (kuvio 11).



Kuvio 11. Laatu (SmartDraw 2019).



Kuvio 12. Arvovirtakuvausesimerkki (vsm-present-state.png (1105x718)).

Arvovirtakuvauksen käsitteitä ja kaavoja (kuviokuva 12) (Väisänen 2013b):

- Process cycle efficiency = Value adding time / total lead time
- Aikasykli, cycle time (C/T)
- Erä koko, batch size (batch)
- Prosessointi aika, processing time (P/T)
- Valmistus määrä, processing amount (P/#)
- Yhden tuotteen prosessointi aika, single part processing time (1P/T)
- Variaation vaihto aika, change-over time (C/O)
- Tuottava aika, uptime (U/T%)
- Laatu Quality, output (Q%)

Arvovirtakuvaus tulee laatia ryhmässä, ei yksin, jotta kaikki ovat yhtä mieltä koko prosessin kulusta. Kun arvovirtakuvaus on laadittu on helpompi lähteä kehittämään yrityk-

sen toimintaa kun tunnetaan selvästi arvoa tuottamattomat vaiheet. Kehitystyötä jatketaan muilla Lean-filosofian laatutyökaluilla arvovirtakuvauksen pohjalta, kuten 5S ja Total Productive Maintenance (TPM). (Väisänen 2013b.)

4.2.4 Current state map (nykyisen tilan kartta)

Prosessin tehostamisen pohjana tulee ymmärtää ja havainnoida prosessia. Arvovirtakuvaus antaa visuaalisen kuvan prosessissa esiintyvistä hukasta ja missä se rajoittaa virtausta. Lähtötason tilannetta kuvataan Value Stream Mapping – nykytilan kuvauksen avulla kuvaten toiminnot ja toimintojen väliset sidokset. Kuvaamisen mukana syntyy uusia näkökulmia ja ajattelua, jotka auttavat tunnistamaan ja ratkaisemaan ongelmia. Kehittämistyön tarkoituksena on toiminnan ja toimintatapojen yhtenäistäminen, sujuvampi toiminta ja palvelujen parannus. (Väisänen 2013a.)

Prosessin mallista selviää kokonaiskuva ja lähtötilanne, ja sen perusteella pystytään selkiyttämään työntekijöille ja johdolle, miten eri tilanteissa toimitaan. Tämä johtaa parhaimmassa tapauksessa toimintatapojen suoraviivaistamiseen, toiminnan yhtenäistymiseen ja tuloksenteekokyvyn ja suorituskyvyn paranemiseen. (Väisänen 2013a.)

Value Stream Mapping-menetelmällä saadaan ymmärrystä prosessin toiminnasta tehtaan lattiatasolta ja tuotua hukka konkreettisesti esiin. Ymmärretään kuinka informaatio ja materiaali virtaavat tilaus-toimitusprosessissa. (Väisänen 2013a.)

4.2.5 Future state map (tavoiteltavan tilan kartta)

Future state map on kaavio prosessin tavoiteltavasta tilasta. Kun tunnetaan prosessin nykytila, voidaan ajatella miten sitä voitaisiin kehittää. Avartamalla virtauksen estettä voidaan vaikuttaa sen nopeuteen ja määrään. Tämä piste tulee sovittaa todelliseen, suunniteltuun kysyntään. Tavoitetilaa varten tulee tehdä oma kaavionsa ja asettaa se kaikkien nähtäväksi, jotta jokainen tietää kehitystyön tavoitteen ja näin ollen kykenee tekemään oman osansa saavuttaakseen sen. (Väisänen 2013b.)

4.2.6 Menetelmän hyödyt ja muistettavat asiat

Materiaalin ja informaation virtaamisen kuvaaminen mahdollistaa esimerkiksi seuraavia asioita (Väisänen 2013a)

- Prosessin kokonaiskuvan määritelmä ja siinä virtaavat materiaali ja informaatio.
- Selkeä kuva toimintojen kommunikoinnista keskenään.
- Hukkien ja ongelmien ymmärtäminen prosessissa.
- Paikallistat pullonkaulat, keskeneräisen työn varastot.
- Havainnollistaa turvallisuus ja laitepuutteet.
- Toimintojen ymmärtäminen päivittäisessä prosessissa.
- Graafisen esityksen prosessin virtauksesta.

Nykytilankuvauksen laatimisessa muistettavat asiat ovat seuraavia (Väisänen 2013a)

- Ymmärrä, missä olet ennen kuin päätät mihin olet menossa.
- Keskity tarkkoihin ja käyttökelpoisiin tietoihin.
- Kerää todellista tietoa – älä käytä standarditietoa.
- Kirjaa vain prosessi, älä odotettua/oletettua prosessia.
- Tee ensin nykytilankuva ja sitten tulevaisuudenkuva.
- Älä kiirehdi.

5 PROSESSIN TUTKIMUSTYÖ

5.1 Toteutusmuoto ja kerätty tieto

Jalostamon kunnossapidossa tehdään laajamittaisesti laitteisiin huoltoja eikä prosesseja voida verrata toisiinsa, joten arvovirtakuvaus rajattiin keskipakopumpun huoltoprosessin arvovirtauksen tarkasteluun. Keskipakopumppu huoltoprosessilla on jalostamon kunnossapidossa suurin volyymi.

Opinnäytetyön tutkimustyö aloitettiin Gebma-Walkilla tutustuen ja osallistuen asentajien työpäivään yhden viikon ajan. Pääpainona havainnoitiin työvaiheet ja niiden sujutus, sekä ulkoisten muuttujien vaikutus huoltoprosessiin. Tutkimustyön kohteena oli kaksi erillistä keskipakopumpun huoltoprosessia.

Huoltoprosessista mitattiin yksityiskohtaista tietoa tuotteen läpimenoon kuluva ajasta, prosessin vaiheista, varastojen määrästä, tapahtumien taajuuksista ja niiden yhteyksistä toisiinsa, prosessiin osallistuvien henkilöiden määrästä, tuotteen eräkoosta, sekä arvoa tuottavasta ja tuottamattomasta ajasta. Kaikki kerätty tieto on todellista prosessia fyysisesti seuraamalla mitattua tietoa. Näiden tietojen pohjalta pyritään luomaan kehitysehdotuksia ja visuaalinen esitys molempien prosessien arvovirrasta Value Stream Mapping-menetelmällä. Tutkimustyön helpottamiseksi on käytössä Excel-ohjelmaan rakennettu työkalu, johon havainnot ja tiedot kerättiin.

Tarkasteltavan huoltoprosessin arvovirta koostuu seuraavista työvaiheista:

1. työlupa
2. pumpun irrotus
3. pumpun purku
4. osien puhdistus
5. mittaukset
6. koneistukset
7. korjaukset ja huollot
8. kokoonpano
9. pumpun asennus
10. linjaus
11. koeajo ja luovutus asiakkaalle.

Huoltoprosessin vaiheet käsiteltiin yhdessä kunnossapidon asentajien, työsuunnittelijoiden, työnjohtajien ja ryhmäpäälliköiden kanssa, jotta jokainen ymmärtäisi ja olisi yhtä mieltä huoltoprosessin vaiheista. Arvovirtakuvauksen muodostamisen edellytyksenä on ymmärtää analysoitava prosessi, jos prosessia ei ymmärrä on siitä mahdotonta muodostaa arvovirtakuvaus.

Arvovirtakuvauksen visuaaliseen osuuteen on koottu kaikki tärkeäksi koettu tieto prosessin virtauksesta ja tehty siitä arvovirtakartta, joka esitetään prosessiin osallistuville henkilöille havainnollistaen prosessin nykytilanteen, kehitystä vaativat osiot ja mahdolliset toimenpiteet kehitykselle. Arvovirtakuvauksen visuaalinen osuus on luotu Creately-ohjelmalla.

Prosessin arvoa tuottava aika muodostuu toiminnoista, jotka lisäävät tuotteen arvoa tai edistää prosessin kulkua. Esimerkiksi linjausvaiheessa arvoa tuottava aika muodostuu laitteen fyysisestä linjaamisesta. Arvoa tuottamaton aika muodostuu esimerkiksi työvälineiden hakemisesta tai linjauslaitteiden asettamiseen kuluvasta ajasta. Prosessin kokonaisaika muodostuu arvoa tuottamattoman ja arvoa tuottavan ajan yhteenlasketusta summasta. Prosessin tehokkuus muodostuu arvoa tuottavan ajan suhteesta kokonaisuikaan.

Prosessin tehokkuus on normaalilla tasolla kun arvoksi saadaan 25%–30%. Arvon ollessa tämän alle tehokkuus on heikkoa ja arvon ollessa yli prosessi on normaalia tehokkaampi.

6 TULOKSET, ANALYYSI JA KEHITYS

Tutkimustyön tuloksena toimii kahdesta erillisestä keskipakopumpun huoltoprosessista kerätty tieto ja tietojen pohjalta muodostetut visuaaliset nykytilaa kuvaavat arvovirtakuvaukset (liitteet 1-2). Tuloksista voidaan todeta selvät kehityskohteet, jotka vaikuttavat arvovirtaan negatiivisesti.

6.1 Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 1.

Kohde on jalostamo-olosuhteissa arvovirtaa ajatellen optimaalinen. Kohteessa on hyvin tilaa työskennellä eikä kohde sisältänyt ulkoisia häiriötekijöitä, kuten ahtaus, lämpö tai lisäsuojain tarpeita. Kohteen tuotteena kuumaöljy, joka ei aiheuttanut osien puhdistusprosessiin normaalia suurempaa prosessoinnin tarvetta. Tuotteen laadun ja elinkaaren kannalta puhdistaminen on olennainen osa ja se tulee suorittaa kunnolla.

Huoltoprosessin arvoa tuottava aika suhteutettuna kokonaisaikaan on 20,6 %. Tulos kertoo prosessissa esiintyvän hukan eliminoinnin ja kehittämisen tarpeesta.

Taulukossa 1 on esitelty tapauksen arvoa tuottava aika (Value added), arvoa tuottamaton aika (Non added), huoltoprosessissa kulunut kokonaisaika (Total) ja prosessin tehokkuus prosentteina (Process cycle efficiency).

Taulukko 1. Arvovirtataulukko.

Value added	8 h 35 min
Non added	33h 11 min
Total	41 h 46 min
Process cycle efficiency	20,55067837 %

Seuraavissa luvuissa on esitelty prosessin työvaiheet ja niiden sisältö yksityiskohtaisesti. Taulukoihin on merkitty työvaiheen tehokkuus ja laadun taso prosentteina, työvaiheeseen käytetty aika ja arvoa tuottava aika minuutteina.

6.1.1 Työlupa

Taulukosta 2 havaitaan työvaiheen tehokkuuden puute. Työvaihe kesti 14 tuntia ja 50 minuuttia, josta vain 2 minuuttia oli arvoa tuottavaa aikaa. Tämä johtui valmistelemattomasta työkohteesta ja eroitussuunnitelmien puutteesta, mikä aiheutti 14 tunnin ja 48 minuutin odotusajan. Laadussa olisi paljon parananettavaa, sillä työluvan myöntö myöhästyi toistumiseen.

Taulukko 2. Työlupa arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	0,22 %
Cycle time sykli aika	C/T	14h 50 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	2 min
Quality output Laatu	Q	33.3 %

6.1.2 Pumpun irrotus

Taulukosta 3 havaitaan työvaiheen tehokkuuden hyvä taso. Työvaihe kesti 11 minuuttia ja siitä arvoa tuottavan ajan osuus on 6 minuuttia. Pumpun irrotus tapahtui laadukkaasti ja vaivattomasti. Tähän vaikutti työkohteen haasteettomuus.

Taulukko 3. Pumpun irroitus arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	54,50 %
Cycle time sykli aika	C/T	11 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	6 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.1.3 Pumpun purku

Taulukosta 4 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 36 %. Työvaihe kesti 75 minuuttia, josta arvoa tuottavan ajan osuus on 27 minuuttia. Pumpun purkaminen ensimmäisellä kerralla tapahtui ripeästi ja laadukkaasti, mutta kokoonpano vaiheen laatupoikkeama aiheutti tarpeen pumpun uudelleen purkamiselle laskien työvaiheen tehokkuutta merkittävästi. Ilman uusinta purkua työvaiheen tehokkuus olisi 87 %. Uusinta purun suoritti kahden asentajan sijasta vain yksi.

Taulukko 4. Pumpun purku arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	36 %
Cycle time sykli aika	C/T	75 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	27 min
Quality output Laatu	Q%	50 %

6.1.4 Osien puhdistus

Taulukosta 5 havaitaan työvaiheen tehokkuuden olevan hyvällä tasolla. Työvaiheen tehokkuus on 49,4%, vaikka työvaihe suoritettiin osittain uudelleen laaturvirheen johdosta. Tämä työvaihe kaipaa kehitystoimenpiteitä kokonaisajan pienentämiseksi. Puhdistus on tärkeä osa huoltoprosessia, mutta aikaa vievä prosessi. Kvartaali-info lisäsi tämän työvaiheen arvoa tuottamattoman ajan osuutta 95 minuutilla.

Taulukko 5. Osien puhdistus arvovirtataulukko.

Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	49,40 %
Cycle time sykli aika	C/T	391 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	193 min
Quality output Laatu	Q%	50 %

6.1.5 Mittaukset

Taulukosta 6 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 49,3%. Työvaiheen tehokkuus on hyvällä tasolla, vaikka työvaihe suoritettiin osittain uudelleen laaturvirheen johdosta. Työvaihe kesti 2 tuntia ja 14 minuuttia. Tästä arvoa tuottavan ajan osuus on 1 tunti ja 30 minuuttia.

Taulukko 6. Mittaukset arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	49,30 %
Cycle time sykli aika	C/T	146 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	72 min
Quality output Laatu	Q%	50 %

6.1.6 Koneistukset

Taulukosta 7 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 34,2%. Työvaiheen tehokkuus on hyvällä tasolla, vaikka työvaihe suoritettiin osittain uudelleen laaturvirheen johdosta. Työvaihe kesti 38 minuuttia. Kokonaisajasta arvoa tuottavan ajan osuus on 13 minuuttia. Koneistus prosessin aikaa vievin osa on asetusajat. Asetusaikaa ole mahdollista kokonaan poistaa, mutta sitä pystytään kuitenkin tehostamaan asianmukaisilla työvälineillä.

Taulukko 7. Koneistukset arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	34,20 %
Cycle time sykli aika	C/T	38 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	13 min
Quality output Laatu	Q%	50 %

6.1.7 Korjaukset ja huollot

Taulukosta 8 havaitaan työvaiheen tehokkuudeksi 95%. Tehokkuus on loistavalla tasolla. Työvaihe kesti kokonaisuudessaan 1 tunnin ja siitä arvoa tuottavan ajan osuus on 57 minuuttia. Työvaiheen arvon menetys koostui osan rikkoutumisesta ja tarpeesta nousta uusi varaosa varastosta. Turhaa liikettä syntyi 3 minuuttia.

Taulukko 8. Korjaukset ja huollot arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	95 %
Cycle time sykli aika	C/T	60 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	57 min
Quality output Laatu	Q%	75 %

6.1.8 Kokoonpano

Taulukosta 9 havaitaan työvaiheen tehokkuudeksi 10,9%. Työvaiheen tehokkuus on heikolla tasolla, johtuen laatuvirheestä. Laatuvirhe syntyi asennusvirheestä vaurioittaen pumpun osia. Pumppu kokoonpantiin valmiiksi ennen kuin asiaan reagoitiin, joka aiheutti suuren hukan. Kokoonpanoprosessin laatuvirhe johti viiden edellisen työvaiheen uudelleen suorittamiseen. Laadun korjaamiseksi toimenpiteet aloitettiin vasta seuraavana päivänä, joka aiheutti ylimääräistä odotusaikaa esimerkiksi akselin pakastamisessa asennuksen helpottamiseksi. Normaalisti akseli pakastetaan yöllä tai muiden työvaiheiden ohessa ilman turhaa ajan menetystä.

Taulukko 9. Kokoonpanoprosessin arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	10,90 %
Cycle time sykli aika	C/T	506
Processing time Prosessointi aika	P/T	55 min
Quality output Laatu	Q%	50 %

6.1.9 Pumpun asennus

Taulukosta 10 havaitaan työvaiheen tehokkuudeksi 27,5%. Työvaiheen tehokkuus on kohtalaisella tasolla. Asennus prosessi kesti 1 tunnin ja 20 minuuttia, josta arvoa tuottavan ajan osuus oli 22 minuuttia. Suurin hukka syntyi turhasta liikkeestä etsiessä korjaamoraakennuksesta tarvittavia työkaluja. Asennus tapahtui tehokkaasti.

Taulukko 10. Pumpun asennus arvovirtataulukko

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	27,50 %
Cycle time sykli aika	C/T	80 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	22 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.1.10 Linjaus

Taulukosta 11 havaitaan työvaiheen tehokkuudeksi 9,8%. Työvaiheen tehokkuus on todella heikolla tasolla. Työvaihe kesti 5 tuntia ja 28 minuuttia. Arvoa tuottavan ajan osuus tästä on 32 minuuttia. Tämä johtuu pumpun lämmitystarpeesta käyttölämpötilaan ennen linjausta, jotta saavutetaan mahdollisimman laadukas asennus. Ohjearvona pumpun lämmittämiselle on annettu +1°C minuutissa. Pumpua ei saatu tarpeeksi lämpimäksi pelkällä tuotteen omalla virtauksella, joten pumpua jouduttiin ajamaan saavuttaakseen halutun lämpötilan. Koeajon ajaksi pumpun sähkömoottori tarvitsi saattaa toimintakuntoon ja koeajon jälkeen poistaa käytöstä turvallisuus syistä. Tästä aiheutui turhaa odotusaikaa.

Taulukko 11. Linjaus arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	9,80 %
Cycle time sykli aika	C/T	328 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	32 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.1.11 Koeajo ja luovutus asiakkaalle

Taulukosta 12 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 100%. Prosessin tehokkuus on loistavalla tasolla. Koeajo prosessissa ei syntynyt hukkaa ollenkaan johtuen, että se suoritettiin osana pumpun linjaus prosessia.

Taulukko 12. Koeajo ja luovutus arvovirtataulukko.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	100 %
Cycle time sykli aika	C/T	15
Processing time Prosessointi aika	P/T	15
Quality output Laatu	Q%	100 %

Huoltoprosessin merkittävin hukka syntyi työlupaprosessissa. Työn valmistelut huoltoon viivästyivät suunnitellusta päivämäärästä, joten se johti 14 tunnin ja 49 minuutin odotusaikaan, joka vastaa noin kahta työpäivää. Työpäivän pituus on 8 tuntia. Hukkaan ei pysty kunnossapidon toimesta vaikuttamaan, vaan siihen liittyvät toimenpiteet on asi-

akkaan suoritettava. Selkeä ja ennakoiva kommunikointi töiden aloittamisen mahdollisuudesta ja toteuttamisesta kunnossapidon ja huoltomestareiden välillä on hyvin tärkeää, joka on myös suurelta osin kunnossapidon vastuulla.

Huoltoprosessin toisena merkittävänä hukkana esiintyi laatu. Asennusvirheestä johtuva laadullinen puute johti yhteensä viiden työvaiheen uudelleen prosessointiin. Tämä aiheutti lisätöitä 8 tunnin ja 32 minuutin edestä. Lisäksi toinen työnsuorittajista ei osallistunut laadun puutteen korjaamiseen, mikä kasvatti arvoa tuottamattoman ajan osuutta. Asia on esitetty liitteessä 1. Tämän tyyppisiin tilanteisiin tulee työnjohdon puuttua välittömästi.

Yksi hukista voidaan tunnistaa turhana liikkeenä kunnossapitorakennuksessa, jota voidaan eliminoida suunnittelemalla työpisteet täsmällisemmin. Tähän on käytössä Lean-filosofiassa 5S-työkalu, jota tulee hyödyntää. Kun työpisteissä on kaikki tarvittavat työkalut ja niille kohdistetut paikat, saa työn suorittaja edellytykset tehokkaaseen toimintaan. Siisteys ja järjestyt tuo myös viihtyvyyttä motivoiden työnsuorittajaa. Turhaa liikettä syntyy, kun joudutaan hakemaan työkaluja työpisteen ulkopuolelta. Pahimmassa tapauksessa työkaluja joudutaan etsimään kunnossapitorakennuksesta paikoista, joissa niiden ei kuuluisi sijaita. On ensisijaisen tärkeää laittaa työpisteet kuntoon ja ylläpitää siisteyttä ja järjestystä.

Kokoonpanovaiheen uusintaprosessissa esiintyi huomattavaa ajan menetystä akselin pakastuksessa. Pumppu purettiin ja akseli laitettiin pakkaseen. Akselin jäähtymistä jouduttiin odottamaan noin 40 minuuttia ennen kokoonpanemista. Normaalisti tämä työvaihe suoritetaan limittäin muiden työvaiheiden kanssa tai yön aikana turhan ajankäytön minimoimiseksi.

Jalostamon alue on suuri, joten yksi liikkeen hukista syntyy myös siirtymistä. Siirtymistä aiheutuvaa hukkaa on kuitenkin mahdotonta eliminoida kokonaan prosessista, eikä siirtymiin hukattu aika ole prosessin kannalta merkittävää, jos huoltoprosessin aikana ei ole ylimääräistä tarvetta siirtyä laitepaikan ja korjaamorakennuksen välillä. Siirtymät kestävät keskimäärin kolmesta viiteen minuuttiin. Ihanteellisessa huoltoprosessissa siirtymiä esiintyy vain kahdessa vaiheessa. Nämä vaiheet ovat pumpun irroitus ja asennus.

6.2 Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 2.

Kohteena haasteellinen. Kunnossapidon omalla kalustolla pumppua ei saada huoltoon, vaan siihen vaaditaan ulkoisen toimijan nostoapua. Kohteen tuotteena bitumi, joka tuo mukanaan haasteita pumpun irrotuksessa, osien puhdistuksessa, linjauksessa ja asiakkaalla huoltokuntoon saattamisessa.

Huoltoprosessin arvoa tuottava aika suhteutettuna kokonaisaikaan on 28,8 %. Prosessi on yli 8% tehokkaampi verrattuna tapaus 1:seen. Prosessin tehokkuus on kuitenkin tasolla, joka vaatii hukan eliminointia ja kehitystoimenpiteitä.

Taulukossa 2 on esitelty tapauksen arvoa tuottava aika (Value added), arvoa tuottamaton aika (Non added), huoltoprosessissa kulunut kokonaisaika (Total) ja prosessin tehokkuus prosentteina (Process cycle efficiency).

Taulukko 13. Arvovirtataulukko 2.

Value added	10 h 54 min
Non added	26 h 53 min
Total	37 h 47 min
Process cycle efficiency	28,84869872 %

6.2.1 Työlupa

Taulukosta 14 havaitaan työvaiheen tehokkuuden puute. Työvaihe kesti 12 tuntia ja 36 minuuttia, josta vain 6 minuuttia oli arvoa tuottavaa aikaa. Tämä johtui valmistelemattomasta työkohteesta ja eroitussuunnitelmien puutteesta, mikä aiheutti 12 tunnin ja 30 minuutin odotusajan. Laadussa olisi paljon parananettavaa, sillä työluvun myöntö myöhästyi toistumiseen.

Taulukko 14. Työlupa arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	7,90 %
Cycle time sykli aika	C/T	756 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	6 min
Quality output Laatu	Q	100 %

6.2.2 Pumpun irrotus

Taulukosta 15 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 20,4%. Prosessin tehokkuus on heikolla tasolla. Prosessi kesti 3 tuntia ja 6 minuuttia. Arvoa tuottavan ajan osuus on 38 minuuttia. Pumpua ei saa laitepaikalta pois omalla kalustolla, joten siihen tarvitaan ulkoista nostoapua. Nostoauto oli suuremman prioriteetin tehtävissä, joka aiheutti prosessin arvovirrassa ylimääräistä odotusaikaa heikentäen tehokkuutta. Prosessin kokonaisajasta odotusajan osuus oli 2 tuntia ja 3 minuuttia.

Taulukko 15. Pumpun irroitus arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	20,40 %
Cycle time sykli aika	C/T	186 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	38 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.3 Pumpun purku

Taulukosta 16 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 21,2%. Prosessin tehokkuus on heikolla tasolla. Prosessin kokonaisaika on 3 tuntia 56 minuuttia. Arvoa tuottavan ajan

osuus kokonaisajasta on 52 minuuttia. Prosessin tehokkuuteen vaikutti rungon lämmitys tarve purku vaiheessa, sillä pumpun mekaaninen tiiviste oli kiinnittynyt runkoon bitumin kovettuessa. Bitumi tarvitsi lämmittää juoksevaksi. Tehokkuuteen vaikutti myös asentajien tarve suuremman prioriteetin työssä, joka vei resurssit tältä työltä 1 tunniksi ja 40 minuutiksi.

Taulukko 16. Pumpun purku arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	21,20 %
Cycle time sykli aika	C/T	236 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	52 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.4 Osien puhdistus

Taulukosta 17 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 71%. Prosessin tehokkuus on loistavalla tasolla, mutta vaatii kehitystoimenpiteitä toimintatapoihin. Nykyisellä toimintatavalla puhdistus on hidasta, vaikka tekeminen olisikin tehokasta. Tässä tapauksessa pumpun tuotteena bitumi, jonka puhdistaminen pumpun pinnoilta on erityisen hankalaa.

Taulukko 17. Osien puhdistus arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	71,00 %
Cycle time sykli aika	C/T	364 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	257 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.5 Mittaukset

Taulukosta 18 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 93%. Prosessin tehokkuus on loistavalla tasolla. Pumpun kaikki mitattavat komponentit olivat hyvin mitattavissa ja järjestyksessä. Prosessin sykli aika on 45 minuuttia ja siitä arvoa tuottavan ajan osuus on 42 minuuttia. Kolmen minuutin hukka aika syntyi mittavälineiden hakemisesta ja palauttamisesta niille osoitetuille paikoille.

Taulukko 18. Mittaukset arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	93 %
Cycle time sykli aika	C/T	45 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	42 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.6 Koneistukset

Tässä huoltoprosessissa ei ollut tarvetta koneistuksille.

6.2.7 Korjaukset ja huollot

Tässä huoltoprosessissa mekaaninen tiiviste tuli kokonaisuutena valmiiksi koottuna, joten prosessia ei tarvinnut suorittaa.

6.2.8 Kokoonpano

Taulukosta 19 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 61,5%. Prosessin tehokkuus on hyvällä tasolla. Prosessin hukka syntyi lämpötilojen jäähdyttämisestä. Pumpun runkoa lämmitettiin, jotta osat tulisi asennettua laadukkaasti ja vaivattomasti. Esimerkiksi rungon kansia ei voida kiinnittää ennen kuin lämmöt ovat tasaantuneet.

Taulukko 19. Kokoonpano arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	61,50 %
Cycle time sykli aika	C/T	187 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	115 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.9 Pumpun asennus

Taulukosta 20 voidaan havaita prosessin tehokkuudeksi 19,8%. Prosessin tehokkuus on kohtalaisella tasolla. Prosessin sykli aika on 3 tuntia ja 42 minuuttia. Arvoa tuottavan ajan osuus sykli ajasta on 44 minuuttia. Prosessin hukka syntyi ulkoisen nostoavun odottamisesta. Nostoapua ei saatu sovittuna aikana, sillä nostoauto oli suorittamassa suuremman prioriteetin töitä.

Taulukko 20. Pumpun asennus arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	19,80 %
Cycle time sykli aika	C/T	222 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	44 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.10 Linjaus

Taulukosta 21 voidaan havaita prosessin tehokkuudeksi 8,2%. Prosessin tehokkuus on hyvin huonolla tasolla. Prosessin sykli aika on 3 tuntia ja 2 minuuttia. Arvoa tuottavan

ajan osuus tästä on 15 minuuttia. Pumpun lämmittäminen käyttölämpötilaan oli haasteellista, joka aiheutti ajan menetystä.

Taulukko 21. Linjaus arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	8,20 %
Cycle time sykli aika	C/T	182 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	15 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

6.2.11 Koeajo ja luovutus asiakkaalle

Taulukosta 22 havaitaan prosessin tehokkuudeksi 96%. Prosessin tehokkuus on loistavalla tasolla. Prosessin kokonaiskesto on 89 minuuttia. Arvoa tuottavan ajan osuus on 85 minuuttia. Koeajo prosessissa ei syntynyt hukkaa ollenkaan, koska se suoritettiin osana pumpun linjaus prosessia. Koeajo ei kuitenkaan normaalisti kestä kuin noin 10 minuuttia, mutta tässä tapauksessa pumppu tarvitsi ajaa lämpimäksi, jotta linjaus pystyttäisiin suorittamaan mahdollisimman laadukkaasti.

Taulukko 22. Koeajo ja luovutus arvovirtataulukko 2.

Arvovirta		
Process cycle efficiency	Value adding time / total lead time	96 %
Cycle time sykli aika	C/T	89 min
Processing time Prosessointi aika	P/T	85 min
Quality output Laatu	Q%	100 %

Arvovirtakuvauksesta voidaan analysoida tämän tapauksen merkittävimäksi hukan aiheuttajaksi työlupaprosessissa ensiityvää odotusaikaa. Työn valmistelu huoltokuntoon viivästyí suunnitellusta päivämäärästä, aiheuttaen 12 tunnin ja 30 minuutin odotusajan, joka vastaa noin 1,5 työpäivää.

Odotusaikaa esiintyi myös muissa prosesseissa. Odotusaikaa syntyi nostoauton tarpeesta, sillä ulkoinen toimija ei ollut käytettävissä tarpeen tullen. Tästä syntyi pumpun irrotus prosessissa 2 tuntia ja 3 minuuttia, sekä asennus prosessissa 2 tuntia ja 32 minuuttia ylimääräistä odotusta.

Kokoonpanoprosessissa lämmitettiin pumpun laakeripukki lämpimäksi laakereiden asennuksen helpottamiseksi. Tämä aiheutti arvoa tuottamatonta odotusta lämpöjen tasaantumisen tarpeesta. Pumpun komponentit tulee olla samassa lämpötilassa laadun varmistamiseksi ennen kokoonpanon suorittamista loppuun. Lämpöjen tasaantumista voidaan kuitenkin edesauttaa eri keinoin, mutta tässä tapauksessa sitä ei tehty, joten se aiheutti 1 tunnin ylimääräistä odotusta. Kokonaan kokoonpanoprosessista lämpöjen tasaantumisen johtuvaa hukkaa ei kuitenkaan pystytä eliminoimaan, mutta tehostamiseksi esimerkiksi lämmittämisen ja pakastamisen sijasta voitaisiin suorittaa vain toinen. Laadullisesti pakastaminen on parempi vaihtoehto. Prosessissa esiintyi muuta ylimääräistä odotusaikaa 1 tunti ja 20 minuuttia, sekä taukojen venymisestä johtuvaa 1 tunti ja 35 minuuttia.

Tapauksen arvovirtaan vaikutti myös työntekijöiden tarve siirtyä muihin tehtäviin kesken prosessin. Työn suorittajat eivät olleet käytettävissä jo käynnistetyssä prosessissa 1 tuntiin ja 40 minuuttiin. Tämä esiintyy hukkana pumpun purku prosessissa.

Arvovirtakuvauksessa esiintyy tapauksen yhteydessä vaiheet korjaukset / huollot ja koneistukset, vaikka niitä ei tässä prosessissa tarvinnut suorittaa. Ne esiintyvät arvovirtakuvauksessa, koska normaalisti nämä vaiheet ovat osa huolto prosessia.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa keskipakopumpun huoltoprosessista nykytilaa kuvaava arvovirtakuvaus ja etsiä arvovirrasta hukan lähteitä ja esittää niiden eliminoimiseksi kehitysehdotuksia. Arvovirran tehokkuudella saavutetaan kunnossapidon joustavuutta, kustannustehokkuutta sekä jalostamon käytettävyyttä. Tutkimuksen toimeksiantajana oli Neste Oyj.

Työn alussa perehdyttiin Lean-filosofiaan ja sen tuomiin etuihin tuotannon tehostamiseksi, prosessiajattelun tärkeimpiin komponentteihin, sekä Value Stream Mapping-työkaluun ja sen soveltamiseen kunnossapito ympäristöön. Näiden avulla luotiin teoriapohjaa tämän opinnäytetyön ympärille. Edellä mainittujen lisäksi opinnäytetyön kannalta oleellisia asioita olivat esimerkiksi hukan lähteet ja niiden eliminointi, johtaminen, Gemba-Walk-työkalu, toimittaja–asiakas suhde ja sisäinen kaupankäynti.

Opinnäytetyön tutkimusosio toteutettiin huoltoprosessista yksityiskohtaista tietoa keräämällä työntekijöiden arkipäiväistä työtä seuraamalla. Tavoitteena oli saada mahdollisimman tarkkaa tietoa kunnossapidon huoltoprosessin nykytilasta ja muodostaa sen pohjalta arvovirtakuvaus, jotta jokainen ymmärtäisi prosessin ja sen heikot kohdat. Nykytilaa kuvaavan arvovirtakuvauksen pohjalta tulisi tehdä tulevaisuuden tavoiteltavan tilan arvovirtakuvaus, jotta jokainen ymmärtää, mihin arvovirtaa yhtiön näkökulmasta halutaan viedä. Tässä opinnäytetyössä tuotiin esille prosessin epäkohdat, mutta ei muodostettu tavoiteltavan tilan arvovirtakuvausta.

Arvovirtakuvaus muodostettiin vain kahdesta erillisestä keskipakopumpun huoltoprosessista ajan puutteen takia. Arvovirtakuvausta tulisi jatkaa ja kerätä tietoa useammasta huoltoprosessista, jotta kaikki kehitystarpeet tulisivat esille. Jalostamon suuren pinta-alan johdosta alue on jaettu viiteen osaan (satama, säiliöalue, jalostus, käyttöhyödyke ja terminaali). Jokaisella alueella on omat vastuuhenkilöt, jotka vastaavat alueella tehtävistä huoltotoista ja turvallisuudesta. Jalostamalla suoritettavat kunnossapitotyöt suoritetaan priorisoidusti. Esimerkiksi jo käynnissä oleva työ voidaan joutua keskeyttämään resurssipulan takia ja siirtämään työntekijät suorittamaan suuremman prioriteetin töitä. Tämä aiheuttaa hajontaa ja epävakautta virtauksessa.

Yhtenä ongelmana koen osaamisen. Yhtiössä on käytössä koulutusohjelma osaamisen varmistamiseen. Tällä hetkellä monella työntekijällä on osaaminen vain tiettyyn tehtävään ja alueeseen. Esimerkkinä käytän tilannetta kun pumppu otetaan huoltoon ja siihen tarvitsee tehdä esimerkiksi pieniä koneistuksia ja kunnossapidon koneistaja on lomalla. Pienet koneistukset jää tekemättä ja pumpun huoltoprosessi seisahtuu. Kun varmistettaisiin koulutusohjelmalla jokaisen pumppuhuoltajan koneistus osaaminen tietylle tasolle, jotta asentaja kykenisi hoitamaan peruskoneistukset itse pumpulle, säästyttäisiin turhalta odottamiselta ja resurssien haaskaamiselta. Vaikka koneistaja olisikin paikalla, mutta suorittamassa esimerkiksi toisen pumpun huoltoa, ei ole järkevää viedä resursseja pois toisesta työstä toiseen jatkuvasti. Se altistaa herkästi laatuvirheille.

Monet laitepaikat ovat huomattavasti haastavampia kuin työssä esitetyt, sekä kunnossapitotyöt tuovat mukanaan aina yllätyksiä, kuten laitteen ennalta arvaamattoman huono kunto. Kunnossapitotöiden tärkein komponentti on ennakoitavuus ja ennakkohuolto. Jos laite onnistutaan ottamaan huoltoon ennen kuin se on tuhoutunut täysin, selvittää paljon pienemmällä ajan- ja rahankäytöllä. Kun on etukäteen tunnistettu laitteen kunto ja huollon tarpeellisuus pystytään paremmin suunnittelemaan laitteelle suoritettavat toimenpiteet.

Menetelmänä Value Stream Mapping on oikein käytettynä loistava työkalu prosessin arvovirran tarkasteluun. Sitä voidaan soveltaa moniin käyttökohteisiin, kuten tässä tapauksessa kunnossapidon huoltoprosessiin tai vaihtoehtoisesti liiketoimintaprosessiin. Kunnossapitoympäristöön sitä tarvitsee soveltaa kohtalaisen paljon. Se on hyvin havainnollistava ja sen visuaalisuus auttaa prosessin henkilökuntaa ymmärtämään prosessia paremmin. Jatkuvan kehittämisen varmistamiseksi Value Stream Mapping-työkalua tulisi käyttää tietyn väliajoin, jotta varmistutaan prosessin kehittyminen ja vaaditun tilan pysyvyys. Se myös auttaa havaitsemaan uusia kehityskohteita.

Tässä tapauksessa esimerkiksi työluvan myöntäjiä on jalostamalla viisi kappaletta ja jokaisella on oma tapansa hoitaa asiat, joka esiintyy suurena hajontana arvovirtakuvauksia muodostaessa. Saman voi havaita itse kunnossapitotöitä suorittavalla taholla, sillä jokaisella työparilla tai yksilöllä on oma tapansa hoitaa prosessia. Kun työprosessiin luodaan standardeja ja yhtenäistetään toimintatapoja saavutetaan huomattavasti tasaisempi prosessin kulku. Prosessia on paljon helpompi hallita, seurata ja kehittää, kun se on standardisoitu.

Prosessin kehittämiseen tulee ottaa mukaan kaikki siihen osallistuvat henkilöt aina työnsuorittajista johtajiin asti. Työn suorittaja on ammattilainen omassa työssään ja tuntee itselleen haastavat olosuhteet ja työvaiheet, sekä useasti jopa ratkaisut niihin. On hyvin tärkeää ottaa huomioon ja kuunnella prosessin fyysistä työtä suorittavaa tahoa.

Muodostettujen arvovirtakuvauksien pohjalta voidaan todeta työlupaprosessin tarvitsevan kehitystoimenpiteitä. Toisinaan jalostamalla työlupaprosessi toimii moitteettomasti, mutta opinnäytetyössä mitatuissa tapauksissa se venyi toistumiseen yli päivän verran. Laitteita ei oltu saatettu huoltokuntoon sovittuna päivämääränä, eikä siihen selvinnyt mitään järkevää syytä, miksi näin ei oltu tehty. Jalostamon huoltokuntoon saattamiset on määrätty suoritettavaksi edellisessä yövuorossa ennen laitteen huoltoon ottamista.

Toisena voidaan todeta laadun puute. Kunnossapidossa työnsuorittajille ei ole ilmaistu tarpeeksi selvästi vaadittua laatutasoa. Työnsuorittajasta riippuen laatu heittelee hyvin paljon. Työntekijöille tulee selvittää yhteinen määritelmä laadusta sekä toimenpiteet sen saavuttamiseksi. Hyvänä esimerkkinä tuon esille havaitun tilanteen, jossa osa asentajista mittaa pumpun aksiaalista välystä laakereiden vällyksenä.

Töiden suunnitteluun on myös hyvä ottaa työnsuorittajia mukaan. Esimerkiksi edellisen työn valmistuttua tulisi suorittajan käydä tarkastelemassa jo seuraavaa työkohdetta ennakoidakseen tulevia haasteita. Työnjohtaja tai suunnittelija ei aina välttämättä havaitse kaikkia työn suorittamiseen liittyviä riskejä tai tarpeita.

Töiden yhteensovittaminen muiden toimialojen kanssa on ensisijaisen tärkeää. Kuten Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 2:sta voidaan havaita nostoauton viivästyksen aiheuttavan merkittävää arvon menetystä. Töiden yhteensovittaminen toimii pääasiassa moitteettomasti, mutta jalostamalla töiden prioriteetti määrittää resurssien tarpeen. Tapauksessa nostoauto oli suorittamassa suuremman prioriteetin työtä. Tämä aiheuttaa haasteita resurssien suunnittelulle ja altistaa viime hetken muutoksille, joka vaikuttavat suoraan prosessin tehokkuuteen.

Työpisteiden järjeistämällä ja uudelleen suunnittelulla saavutettaisiin huomattavaa tehokkuutta. Kun työpisteessä sijaitsee kaikki työn kannalta oleelliset työkalut ja niille on merkitty selkeät paikat ne pysyvät järjestyksessä ja työkalun puuttuessa siihen pystytään reagoimaan välittömästi. Lean-filosofiassa on käytössä 5S-työkalu, joka on juuri oikea menetelmä tähän ongelmaan. Suunnitteluun tulee ottaa mukaan työnsuorittajat, sillä heillä on parhain käsitys tarpeellisista työkaluista työn sujuvuuden näkökulmasta.

LÄHTEET

Omaisuu denhallinta ISO 55000 2019. Available: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_55000_omaisuudenhallinta [Nov 20, 2019].

Six Sigma 2020. Lean ja johtaminen. Available: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/lean-ja-johtaminen/> [Feb 2, 2020].

Six Sigma 2019. Leanin historiaa. Available: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/> [Nov 20, 2019].

vsm-present-state.png (1105x718) 2019. Available: <https://www.breezetre e.com/images/vsm-present-state.png> [Nov 22, 2019].

JANNE METSOLAHTI 2018. *MITÄ ON GEMBA-WALK?* YIT Infra Oy.

LEAN-VALMENTAJA, P. 2017. *Hukka, Muda, Waste*. lean5-sanomat.

LUOTO, T., Jan 25, 2019-last update, Johtaminen - Lead Asset Culture - Omaisuu denhallinta - Asset Management - Yleinen sivusto. Available: <https://nms.neste.com/display/AM/Johtaminen+-+Lead+Asset+Culture> [Nov 21, 2019].

NESTE. Arvot ohjaavat liiketoimintaamme ja jokaista työntekijää 2015a. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/arvot> [Nov 20, 2019].

NESTE. Juuremme 2015b. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/juuremme> [Nov 20, 2019].

NESTE. Liiketoiminta 2015c. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/liiketoiminta> [Nov 20, 2019].

PÄÄKKÖNEN, J. 2019. Kunnossapidon työsuunnittelu ja toteutus (Work Procedure) - Omaisuu denhallinta - Asset Management - Yleinen sivusto. Available: <https://nms.neste.com/pages/viewpage.action?pagel d=49362814> [Nov 27, 2019].

SALMINEN, T. 2019a. Kunnossapitotoiminnot - Manage Maintenance Operations - Omaisuu denhallinta - Asset Management - Yleinen sivusto. Available: <https://nms.neste.com/display/AM/Kunnossapitotoiminnot+-+Manage+Maintenance+Operations> [Nov 20, 2019].

SALMINEN, T. 2019b. Omaisuu denhallinta - Asset Management - Omaisuu denhallinta - Asset Management - Yleinen sivusto. Available: <https://nms.neste.com/display/AM> [Nov 20, 2019].

SALOMÄKI, R. 2003. Suorituskykyiset prosessit - hyödynnä SPC. 2 edn. Tammer-Paino Oy, Tampere 2003: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET.

SKHMOT, N. 2017. The 8 Wastes of Lean. Available: <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean> [Nov 20, 2019].

SMARTDRAW, L. 2019. Value Stream Mapping (VSM) - Value Stream Mapping Symbols, Steps, Examples, and More. Available: <https://www.smartdraw.com/value-stream-map/#valueStreamSymbols> [Dec 3, 2019].

TUOMINEN, K. 2010a. *Lean - Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen*. 1 edn. WS Bookwell Oy Jyväskylä 2010: A Bonnier Group Company.

TUOMINEN, K. 2010b. *Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen: mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista?* 1 edn. WS Bookwell Oy Jyväskylä 2010: A Bonnier Group Company.

VÄISÄNEN, J. 2013a. Six Sigma VSM (Value Stream Mapping) - Arvovirtakuvaus. Available: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvo-virtakuvaus/> [Nov 27, 2019].

VÄISÄNEN, J. 2013b. VSM (Value Stream Mapping) - Arvovirtakuvaus. Available: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus> [Nov 20, 2019].

VÄISÄNEN, J. 2013c. VSM (Value Stream Mapping) - Arvovirtakuvaus. Available: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus> [Dec 2, 2019].

- Liite 1. Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 1.
- Liite 2. Keskipakopumpun arvovirta-analyysi tapaus 2.