

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka  
2014

Anssi Nyman

# ALIPAINEUUNIN VALUE STREAM MAPPING



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotantotekniikka

2014 | 34

Matti Heinäkari

Anssi Nyman

## ALIPAINEUUNIN VALUE STREAM MAPPING

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on 1,5 Mw alipaineuunin tuotannon tehostaminen Lean-ajattelun ja työkalujen avulla. Tarkoitus on saada 1,5 Mw alipaineuunin valmistuksesta vähintään yksi päivä pois.

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa on kuvattu Lean-käsitteet ja kuvattu selkeästi niiden selitykset. Opinnäytetyön toisessa osassa on käyty läpi tuotannon nykyinen tila ja tila, johon tulevaisuudessa pyritään. Tämän jälkeen työssä käydään läpi, että mitä kaikkia mahdollisia parannusehdotuksia on mahdollista käyttää alipaineuunin valmistuksen lyhentämiseen. Ja toisen osan lopussa toimintasuunnitelman kautta opinnäytetyö etenee parannusehdotuksien toteutukseen.

Opinnäytetyössä saatiin parannettua alipaineuunin valmistusta yli kymmenellä tunnilla helpoilla ja edullisilla parannustoteutuksilla, joten työn päätavoite tuli toteutettua. Työstä tullaan saamaan vielä tulevaisuudessa etua, osa parannusehdotuksista jää toteutettavaksi tulevaisuuteen.

ASIASANAT:

Lean, alipaineuuni, VSM

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Machine and Production Technology | Production Technology

2014 | 34

Matti Heinäkari

Anssi Nyman

## VALUE STREAM MAPPING OF A NEGATIVE PRESSURE FURNACE

The purpose of this thesis was to reduce the manufacturing time of a 1.5 MW negative pressure furnace with the help of lean thinking. The main purpose was to reduce the manufacturing time by at least one day.

The first part of the thesis discusses lean manufacturing terms and tools such as VSM and 5S. It also gives an idea on the way to use lean tools to make your company more valuable and the meaning of continuous improvement.

The second part presents the way negative pressure furnace is manufactured and how manufacturing improved from the current status to the future status.

The purpose of the thesis was met the manufacturing time of the negative pressure furnace was reduced by more than 10 hours. The thesis will benefit future because the rest of the improvements will be implemented then.

### KEYWORDS:

Lean, under pressure oven, VSM.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2 LEAN MANAGEMENT</b>	<b>7</b>
2.1 LEAN-käsitteet	8
2.2 Value stream mapping	13
<b>3 TUOTANNON KEHITYS</b>	<b>17</b>
3.1 Nykytilankuvaus	17
3.2 Mahdolliset kehitystoimenpiteet	20
3.3 Toimintasuunnitelma	25
3.4 Parannusehdotuksien toteutus	26
3.5 Parannusehdotuksien toteutus tulevaisuudessa	30
<b>4 YHTEENVETO</b>	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>

## KUVAT

Kuva 1. Lean-periaate [4, 7.].	7
Kuva 2. PCDA – sykli [6.].	11
Kuva 3. Value stream mapping, nykytilanteen arvovirtakuvaus [8].	14
Kuva 4. Tuotannon tulevaisuudenkuva [8].	15
Kuva 5. Ikonit nykytilan ja tulevaisuuden kuvan VSM:in tekemiseen [8.].	16
Kuva 6. Alipaineuuni ja nimetyt osat	17
Kuva 7. Nastat levyjen välissä	21
Kuva 8. Pemamek A12 4D pyöritysruullasto	22
Kuva 9. Virtauslevykampa laserin jälkeen	28
Kuva 10. Kampa särmäyksen jälkeen	29
Kuva 11. Vanha virtauslevy särmättynä	29

## TAULUKOT

Taulukko 1. Nykytilankuvaus vasemmalla ja tulevaisuudenkuvaus oikealla	20
Taulukko 2. Action items list	25

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli tehostaa 1,5 Mw alipaineuunin valmistusta Lean-työkalujen avulla vähintään yhdellä päivällä. Alipaineuunin valmistuksesta oli tarkoitus saada valmistustunteja pois ja näin tehdä työn teosta arvokkaampaa sekä yritykselle, että alipaineuunin ostajalle. Työ toteutettiin Yläneläiselle MEPU Oy:lle. Työn tavoitteena oli vähentää tuotteen läpimenoaikaa vähintään yhdellä päivällä.

Nykyisin tuotannossa valmistetaan yksi alipaineuuni tietyssä määrässä päiviä. Tämä aika kuluu yhdeltä työntekijältä siinä, kun mankeloi laser-leikkauksesta tulleita levyjä ja kokoonpanee, sekä hitsaa niitä kasaan. Alipaineuuni koostuu monesta eri kerroksesta ja työvaiheet toistavat itseään, joten yhdellä parannustoimenpiteellä saadaan moninkertaistettua yhdessä työvaiheessa säästetty aika. Uuneja on kolmea eri mallia 0,75 Mw, 1 Mw ja 1,5 Mw. Tässä työssä paneuduttiin 1.5 Mw uunin valmistukseen, jonka parannusehdotuksia voidaan myös soveltaa pienemmissä uuneissa, sillä ne ovat rakenteeltaan samanlaisia mutta erikokoisia.

Työn tilaajana toimi MEPU Oy, joka on Yläneellä toimiva yritys, MEPU kuuluu kanadalaisen AGI konserniin. Konserni valmistaa erilaisia maataloustuotteita kaikkialle maailmaan. Yritys on toiminut jo vuodesta 1952 ja ollut perheyritys 2010 vuoteen saakka. MEPU valmistaa pääosin viljankäsittelylaitteita maanviljelijöille. Yrityksessä toimii noin 80 henkilöä, joista 30 on toimihenkilöinä. Loput 50 työntekijää toimii työntekijätehtävissä valmistuen yritykselle tuotteita, joita ostajat ovat tilanneet. [1]

MEPU:lla on Suomessa kattavasti jälleenmyyntipisteitä. Jälleenmyyntiä on myös Euroopassa monessa maassa sekä Yhdysvalloissa ja Kanadassa. [2] Yrityksellä on myös kattava huolto ja varaosien jälleenmyynti verkosto Suomessa. Jälleenmyynti ja varaosien myynti on kannattavaa toimintaa varsinkin asiakassuhteiden ylläpitämisessä ja koneiden ja laitteiden hyvän toimivuuden ja käyttöiän pidentämisessä. Kun laitteen hankkija pidetään tyytyväisenä, sekä

minimoidaan käyttökatkot huollon ja varaosien hyvällä saatavuudella, on asiakas todennäköisesti hankkimassa myös uuden laitteen samalta yritykseltä. [3]

## 2 LEAN MANAGEMENT

Lean-toimintamalli on alun perin kehitetty Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Se on levinnyt sieltä muualle autoteollisuuden pariin ja tällä hetkellä sitä käytetään lähes kaikilla toimialoilla. Lean periaatetta käyttävät yritykset ovat tavallisesti oman toimialansa parhaiten toimivia ja eniten kasvavia yrityksiä.

Lean-periaate (kuva 1.) näkyy selkeimmin tuotannon organisoinnissa ja jatkuvassa kehitystyössä. Sen tarkoituksena on voimakkaasti sitoa yrityskulttuuri ja henkilöstön osallistuminen kehityshankkeisiin. Lean-toimintamallin on tarkoitus tehostaa toimintaa siellä, missä varsinainen tuotantotyö tehdään. Lean-toimintamallilla siis pyritään luomaan toimintaan järkevyyttä, tarkoituksenmukaisuutta ja täsmällisyyttä. [4, 6.]



Kuva 1. Lean-periaate [4, 7.].

Lean-filosofiaan sisältyy keskeisesti laatuajattelu. Kaikki mahdollinen tehdään tuotteen toiminnan ja laadun varmistamiseksi. Leanin toteuttaminen on pitkäjänteistä työtä ja ajatustapojen muuttamista. [4, 6.] Lean ei ole tila, johon pyritään, vaan se on jatkuvaa oppimista. Ensiksi tarvitsee opetella Lean-tekniikat ja ymmärtää niiden periaatteet ainaisesti kehittyvänä järjestelmänä. Lean-kehittämisohjelma kulkee läpi koko organisaation, kun yhdessä paikassa ollaan

lähes valmiita, on toisessa prosessissa Lean puolessavälissä ja kolmannessa alkamassa.

Lean perustuu kahteen keskeiseen periaatteeseen.

1. Virtausten jatkuva luominen. Eli materiaalien, tiedon ja tuotteiden keskeytymätön virtaus kaikissa yrityksen prosesseissa.
2. Johto on sitoutunut investoimaan jatkuvasti työntekijöihin ja edistämään jatkuvia parannuksia.

Toyotalla, josta Lean on lähtöisin, on ollut Lean-kulttuuri käytössä jo vuosikymmeniä, mutta silti he uskovat, että ovat vasta alussa. [5, V.]

## 2.1 LEAN-käsitteet

MUDA, mikä tarkoittaa hukkien poistoa. Tuotannon hukat jaetaan Lean-periaatteen mukaan seitsemään helposti tunnistettavaan eri kategoriaan:

1. Ylituotanto.

Tarkoittaa, että tuotteita valmistetaan suuria määriä varastoon. Tämä vaikeuttaa varsinaisten ongelmakohtien löytämistä, sillä varastosta voidaan aina hakea uusi tavara, joka ovat valmistettu oikeille mitoilleen. Näin ei nähdä jos jossain tulee jatkuvasti hukkatavaraa joten ongelmaakaan ei saada kuriin. Varastoon valmistaminen myös sitoo yritykseltä resursseja tuotannosta, materiaaleista sekä varaston neliömetreistä. Varastoon valmistamisen yksi ongelma kohta on myös tuotteen muuttuminen. Jos tuotteen teknistä piirustusta muutetaan, menevät varastoon valmistetut tuotteet metalliroskikseen. [5, 10]

2. Odottelu ja viivästely.

Eivät tuo lisäarvoa asiakkaalle, eli ei nosta tuotteen arvoa vaan maksaa ylimääräistä valmistavalle yritykselle. Käytännössä tarkoittaa materiaalin puutteita, konehäiriöt ja väärin mitoitettut kapasiteetit. [5, 10]

3. Tarpeeton kuljettaminen.



Ei lisää arvoa tuotteelle. Tätä tulisi välttää, sillä se sitoo aina resursseja tavaran liikkussa turhaan. [5, 10]

#### 4. Laatuvirheet.

Liittyen myös kohtaan 1. Hukkaa materiaaleja ja kapasiteettia, eikä tuo lisäarvoa asiakkaan tilaamalle tuotteelle. Lean-periaatteen mukaan, aina kun virheellinen kappale tulee läpi tuotannossa seuraavalle työpisteelle. On työntekijällä oikeus palauttaa virheellinen kappale sen tekijälle ja vaatia priimakappale sen tilalle, eli virheen korjaa virheen tekijä. Pahimmassa tapauksessa johtaa asiakastyymättömyyteen, joka johtaa asiakkaiden siirtymisen kilpailijoille. [5, 11.]

#### 5. Tarpeettomat varastot.

Lisäävät kustannuksia, pidentää läpimeno ja tavaroiden siirtoaikoja. Sekä piilottavat tuotteen valmistukseen liittyviä ongelmia. Tämä myös sitoo yrityksen resursseja materiaaleissa ja tilassa. [5, 11.]

#### 6. Ylikäsittely.

Tarkoittaa merkityksettömien asioiden tekemistä. Esimerkiksi kappaletta viimeistellään aivan liian paljon, jolloin työaika hukkaantuu huomattavia määriä. [5, 11.]

#### 7. Tarpeeton liike työskentelyssä.

Jos liike ei tuo lisäarvoa työskentelyyn, on se hukkaa. Esimerkiksi ylimääräinen työkalujen etsiminen ja tavaroiden hakeminen toiselta puolelta tehdasta. [5, 11.]

On myös kahdeksas hukka, jota ei lueta varsinaisesti MUDA:n hukkiin. Se on käyttämättä jäänyt työntekijän luovuuden jättäminen. Henkilö joka tuotetta itse valmistaa on paras vastaamaan kysymyksiin, että miten tuote voitaisiin tehdä paremmalla tavalla. [5, 11.] Tämän hukan poistamiseen voidaan käyttää vaikka kannustuspalkkiota, jos työntekijän luovuus tulee parantamaan tuotteen laatua tai läpimenoaika, voidaan se palkita nimellisellä rahasummalla. Tämä motivoi työntekijöitä jatkuvaan parantamiseen oman elämänlaatunsa parantamisen ohella.

## Kanban

On yksi tunnetuimmista imuohjauksen ja varaston säädeltävyys Lean-managementin tekniikoista. Tämä tekniikka perustuu osien kulutukseen, välivarastojen vähentämiseen ja varastojen huomattavaan pienentämiseen. Kanban perustuu pulssijärjestelmään. Sitä voidaan ohjata joko manuaalisesti tai automaattisesti. Yksi yleinen manuaaliohjausjärjestelmä on, että kun laatikko on tyhjä hyllyllä, se on pulssi laatikon täyttäjälle. Laatikko täytetään ja materiaalin määrä luetaan kanban kortista sekä kuinka monta kappaletta laatikkoon laitetaan ja minne se sijoitetaan täytön jälkeen. Toinen imuohjaus järjestelmä jota käytetään, on että piirretään lattiaan alue jonne täysi lava sijoitetaan. Kun lava on tyhjä tarkoittaa se edelliselle työpisteelle, että uuden lavan saa tuoda seuraavalle työpisteelle valmiiksi. Eli impulssi tulee aina seuraavalta työpisteeltä edelliselle työpisteelle. [4, 22.] Hyödyt materiaaliohjaukselle ovat:

- Oman materiaalivirran yksinkertaistaminen ja pienentäminen
- Tuotteen läpäisyajan pienentäminen
- Tuotannon selkiyttäminen
- Tuotannon joustavuuden parantaminen [4, 23].

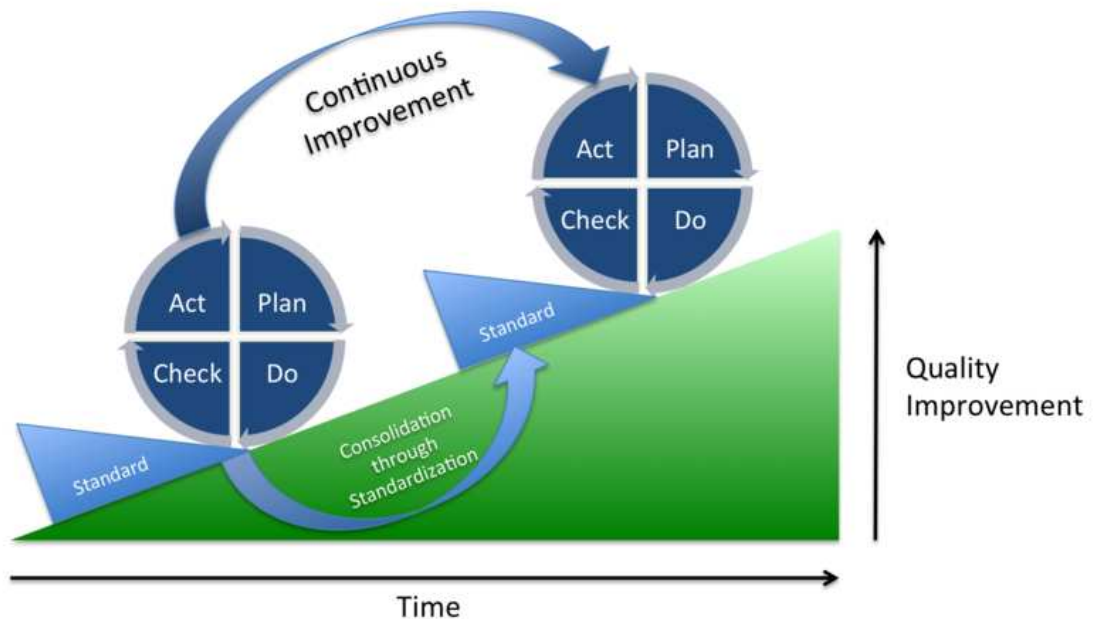
## Kaizen

Leanin kehitystoiminta perustuu toiminnan jatkuvaan ja systemaattiseen parantamiseen. Vastuu tuotteesta, laadusta ja kehitystoiminnasta on jokaisella työntekijällä joka tuotetta valmistaa. Kehitysideoilla tarkoitetaan kaikkia mahdollisia ideoita, joilla tuotetta ja tekemistä voidaan parantaa.

1. Miten minä voisin tehdä työni helpommin? Jokainen meistä on välillä laiska ja tuotteen valmistaminen helpommin helpottaa työntekijöiden oloa
2. Mikä vaikeuttaa työntekoani? Joten millä voisin poistaa vaikeuden
3. Mitä voitaisiin edellisessä työvaiheessa tehdä toisin? Jotta oma tekemiseni helpottuisi.
4. Miten eri työvaiheiden yhteistyötä voidaan lisätä?

Aina kun joku kohtaa ongelman, tulee se nähdä tilaisuutena parantaa työnte-  
koa, laatua tai työturvallisuutta. Varastojen poistaminen ja tuotteen virtauttami-  
nen tuo esiin ongelmat. Silloin on paras hetki myös tarttua ongelmiin.

Jatkuva parantaminen käytännössä tarkoittaa PCDA – syklin (kuva 2.) mukaista  
työkiertoa. [5, 14.]



Kuva 2. PCDA – sykli [6.].

1. Suunnittele. Pohdi eri vaihtoehtot.
2. Suorita. Pilottihanke.
3. Arvioi. Arvioi pilottihankkeen toteutuminen.
4. Toteuta. Tee hyväksytyt parannustoimenpiteet kaikkialla.
5. Jatka toiminnan kehittämistä. [5, 14.]

5S eli japaniksi:

- Seiri, lajittele. Työkalut järjestetään sen mukaan, miten niitä kussakin työpisteessä tarvitaan. Ylimääräiset materiaalit ja työkalut kuuluu viedä pois.
- Seiso, huolla ja puhdistu koneet ja laitteet.

- Seiton, järjestä. Laita työvälineet oikeille paikoille ja merkitään niiden paikka esimerkiksi teipillä. Näin huomataan välittömästi puuttuva työkalu.
- Seiketsu, toimenpiteiden vakiinnuttaminen. Tehdään rutiininomaisesti työn ohessa. Tälle voi olla työnteosta määritetty tietty aikamäärä esimerkiksi prosentteina.
- Shitsuke, ylläpidä. Toteuta vaiheita jatkuvasti, niin käytännöt rutinoituvat.

Lähtökohta Lean-managementissa on, että työtä voidaan tehdä vain siistissä ja organisoidussa ympäristössä. Kuten 5S järjestelmästä huomaa, on se työkalu jolla kehitetään siisteyttä ja tuotannon ylläpitoa. Loppupeleissä tällä pyritään myös kehittämään kuria ja systemaattisuutta. [4, 26]

5S on työkalu jolla:

1. Työturvallisuutta parannetaan.
2. Ylläpidetään työpisteiden järjestystä ja pienennetään työkalujen etsimiseen käytettyä aikaa ja turhautumista.
3. Työn tekeminen helpottuu ja nopeutuu, kun työkalut ovat oikeilla paikoillaan.
4. Tukee Lean-kulttuurin muodostumista työpaikalla ja sitouttaa työntekijöitä toimimaan Leanin mukaisesti.
5. Seuranta ja valvonta tehostuu

Jokainen työntekijä on velvollinen ylläpitämään järjestystä, osallistumaan siivoukseen ja ylläpitämään siisteyttä. [4, 27.]

Tunnusluvut ja mittarit

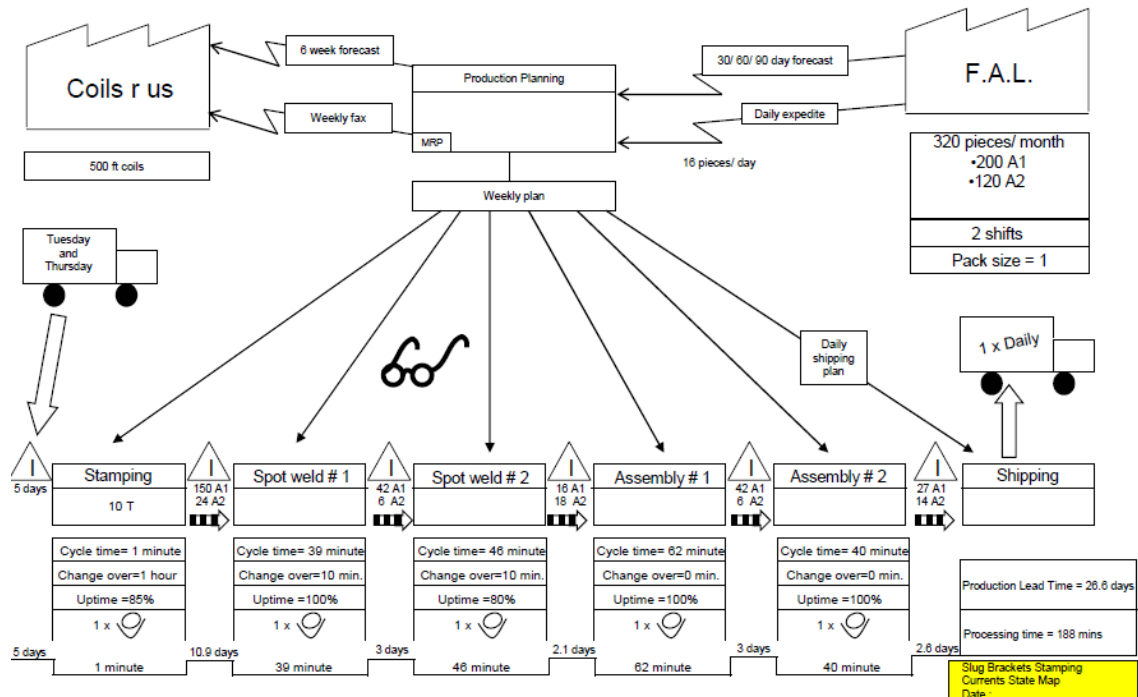
Mittarit ja tavoitteet ovat tärkeitä työn seuraamisen kannalta, kun työn tehokkuutta seurataan jatkuvasti, huomataan poikkeamat ja pullonkaulan aiheuttajat nopeammin. Näin niihin pystytään vaikuttamaan välittömästi. Saadaan hukan aiheuttaja selville ja voidaan siihen puuttua nopealla tahdilla ja palautettua tuotanto normaaliksi. Keskeisinä mittareina ovat: Laatu, Tuottavuus, Lämpäisy aika, keskeneräinen tuotanto ja hukka. [4, 29.]

## 2.2 Value stream mapping

VSM – Value stream mapping, eli arvovirtakuvaus. On yksi yleinen kuvaus, jossa kuvataan kaikki prosessin eri vaiheet, yhteydet, tapahtumien taajuudet, varastojen määrät ja prosessien ajat yhdelle lomakkeelle. Keskeisintä arvovirtakuvauksessa on että toiminnot pyritään virtaviivaistamaan ja asiat halutaan ajatella vaihtoehtoisella tavalla, kyseenalaistaen. Tässä on tärkeää tunnistaa lähtötaso siten, että tiedetään mihin prosessilla pyritään ja miten tavoite aiotaan saavuttaa. Jos prosesseja ei ole kuvattu, ei tiedetä mitä oikeasti tapahtuu. Jos kuvausta ei ole kuvattu kunnolla, on ongelmakohtiin puuttuminen hyvin summitaista.

Arvovirtakuvaus on alun perin kehitetty Toyotan toimesta 1950-luvulla ja sieltä se levisi vasta vuoden 1997 jälkeen. Leanin yhteydessä priorisoinnissa käytetään value stream mappingia, jotta nähdään visuaalisesti, miten materiaalivirta kulkee ja missä ajallisesti ovat ongelmakohdat. Tämä on korvaamaton työkalu, kun hallinnoidaan visuaalisesti prosessin parantamista.

Arvovirtakuvauksen tyypillinen sovellus on käyttää prosesseissa virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin. Arvovirtakuvaus on läpimenoaikakuvaus siitä, kun asiakas tilaa tuotteen ja asiakas saa tuotteen. Hukkaa eli MUDA:a poistamalla saadaan VSM:in avulla tuotteen läpimenoaika lyhyemmäksi. Materiaali- ja informaatiovirtaa kuvaamalla mahdollistetaan koko prosessin ymmärtäminen yksittäisten työpisteiden sijaan. VSM:issä tunnistetaan ongelmat ja hukkan lähteet, paikallistetaan pullonkaulat, keskeneräisentyön varastot ja huomataan mahdolliset työturvallisuus- ja laitepuutteet. Arvovirtakuvalla kuvataan asiakkaat, tavaran toimittajat, informaatiovirrat, materiaalivirrat ja koko prosessi yhdeksi suureksi kokonaiskuvaksi (kuva 3).

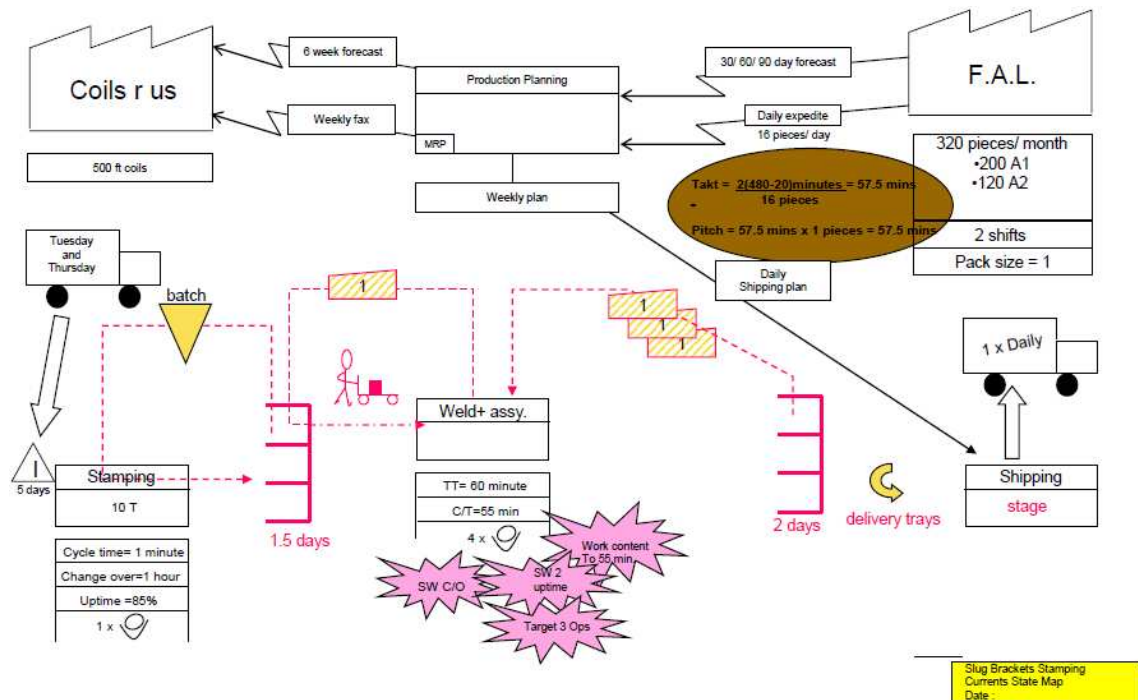


Kuva 3. Value stream mapping, nykytilanteen arvovirtakuvaus [8].

Tyypillisesti prosessissa tarvitsee ensin havainnoida ja ymmärtää prosessi. Arvovirtakuvaus näyttää selvästi missä on hukka ja missä on pullonkaula. Lähtötasoa kuvataan VSM – nykytilakuvauksen avulla (kuva 3.). Prosessien mallinnettua, saadaan selville lähtötilanne ja kokonaiskuva, tällöin työntekijät ja johto ymmärtävät eri tilanteissa toimimisen. Tällöin pystytään suoraviivaistamaan toimintatapoja, yhtenäistymisen, toiminnan, tuloksentekevyyden, sekä suorituskykyä voidaan parantaa. Nykytilankuvauksen avulla muodostetaan alkutilanne, josta voidaan aloittaa parannustoimenpiteet. Tässä tunnistetaan alueet, joissa pystytään parantamaan toimintaa. Se tunnistaa arvoa lisäämättömät alueet ja vaiheet ja näin niitä pystytään vähentämään ja eliminoimaan. Value stream mappingin avulla nähdään ongelmakohdat itse kappaleen valmistajien tasolta ja se nostaa MUDA:n esiin.

Kun nykytila ymmärretään, voidaan lähteä kehittämään tilaa, joka kuvaa tulevaisuutta. Tulevaisuuden kuvassa (kuva 4.) hukka on pienempi, informaatio ja kappaleet liikkuvat sulavammin ja muuttamalla virtaukset pullonkauloja vaikutte-

taan tuotteiden läpimenoaikaan ja määrään. Tämä tarvitsee sulauttaa ennusteeseen.



Kuva 4. Tuotannon tulevaisuudenkuva [8].

VSM:n avulla saavutetaan monia hyötyjä.

- Näet koko tuotannon, yksittäisten pisteiden sijaan
- Toimintojen ja tuotannosuunnittelun kommunikoinnin näkeminen
- Ongelmien ja hukkien lähteet
- Kaikkien pullonkaulojen näkeminen ja keskeneräisen työn varastot ja muut varastot
- Turvallisuus, työkalujen ja laitepuutteiden havainnointi
- Havainnoit toimintojen päivittäiset toiminnot

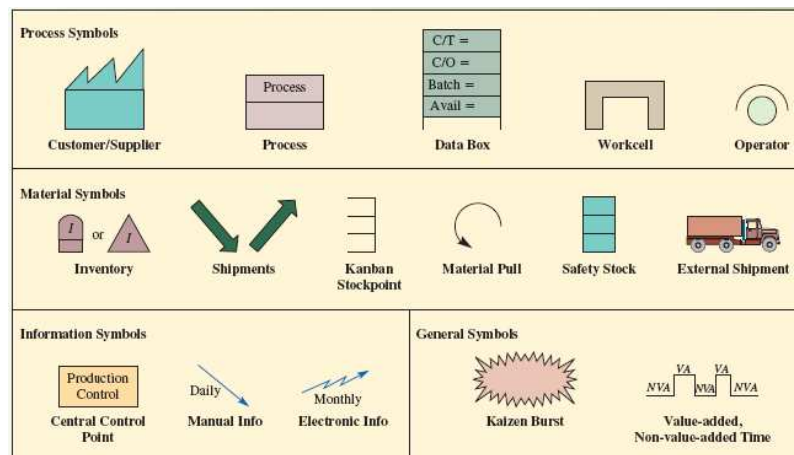
Yksityiskohtaisessa prosessinkuvauksessa nähdään tietoa, joilla voidaan hyödyntää prosessia.

- CT/jaksonaika, tarkoittaa sitä että mikä aika kuluu alusta loppuun
- Kapasiteetti, eli tehtaan työtunnit

- Laiteaika, Koneiden käyttöaika
- C/O vaihtoaika, tuotevaihdon aika
- Käytettävyys, Vaiheen käyttöaika päivässä
- Uptime %, Todennäköisyys, jolla prosessivaihe toimii
- Hylky %, kuinka paljon tulee hukkakappaleita

Nykytilankuvauksessa tarvitsee muistaa seuraavat asiat.

- Ymmärrä. Tiedä mitä tehdään ennen kuin päätät tulevasta
- Keskity tarkkoihin tietoihin
- Kerää tuotteen tekemisestä saatua tietoa, älä tilastotietoa
- Kirjaa vain prosessi
- Aloita nykytilankuvauksella, tee sen jälkeen vasta tulevaisuudenkuvaus
- Älä kiirehdi, älä tee virheitä, joita joudutaan myöhemmin korjaamaan
- Piirrä käyttämällä standardisoituja ikoneita (kuva 5.), tähän on Wordissa oma apuohjelmansa, nimeltä Visio
- Käytä aluksi hahmotteluapuna Post it- tarroja ja taulua. [7.]



Kuva 5. Ikonit nykytilan ja tulevaisuudenkuvaan VSM:in tekemiseen [8.].



### 3 TUOTANNON KEHITYS

#### 3.1 Nykytilankuvaus

Työn tarkoituksena oli tehostaa tuotantoa. MEPU:n toivomuksena oli, että saataisiin 1,5 Mw alipaineuunin valmistuksesta kokonaisuudessaan yksi päivä pois. Alipaineuuni on rakenteeltaan monikehäinen (kuva 6.) Alipaineuunissa käytetään materiaaleina tulenkestävää terästä tulipesässä, ruostumatonta terästä tulipesän ulkopuolella ja uloimpana ulkoilmaa suovaajassa kehässä hiiliterästä.



Kuva 6. Alipaineuuni ja nimetyt osat

Tuotanto alkaa tilauksesta, joka tulee asiakkaalta. Tämän jälkeen syötetään tilattavan tuotteen tiedot tuotannonohjausjärjestelmään, joka on Lean systems by Tieto. Tuotannonohjausjärjestelmästä tulostetaan tarvittavat työkortit, joilla seurataan tuotteen valmistusta. Aina kun yksi työvaihe alkaa, leimaa työntekijä viivakoodinlukijalla työvaiheen alkaneeksi. Kun työvaihe on valmis, leimataan se päättyneeksi. Tällöin pystytään seuraamaan, kuinka kauan mikäkin työvaihe on kestänyt. Kun huomataan suuria vaihteluita, voidaan alkaa selvittämään vaihteluiden syitä, näin pystytään tehostamaan tuotantoa ja tehostamaan tuotteen läpimenoaikoja

Levyjen tuotanto alkaa, kun levyt tuodaan Laserleikkuukoneelle, joka leikkaa levyt oikeaan muotoon. Laserleikkuria ohjataan nesteillä, joka on suunnittelijan piirtämä tekninen piirustus. Laser seuraa viivaa jota pitkin levy tarvitsee leikata ja levyn leikkaamisen jälkeen levyt nostetaan lavalle ja lava kuljetetaan tuotantoon. Kukin lava menee sille määrättyyn kohteeseen.

Osa levyistä menee särmättäväksi, nämä kuljetetaan omalla lavallaan. Särmääjä särmää lavan levyt piirustusten mukaisiksi ja kun työvaihe on valmis, leimataan se päättyneeksi ja työkappaleet siirretään kokoonpanotyöpisteelle.

Lavojen saavuttua työpisteelle aloitetaan ensimmäinen työvaihe, eli levyjen mankeloiminen levymankelilla. Työntekijä, joka kappaleen kokoonpanee tekee itse tämän vaiheen. Kun työntekijällä itsellään on valta tehdä halutunlainen muoto, tulee siitä todennäköisimmin oikeanlainen. Lean-periaatteen mukaan, jokainen kappale tulee olla juuri oikeanlainen, jotta se voidaan hyväksyä tuotantoon [5, 14.]. Levyt mankeloidaan aina kehien mukaan, sisin kehä ensimmäisenä, jonka jälkeen kehä menee kokoonpanoon, sitten seuraava kehä ja niin edelleen. Mankeloimisessa tarvitaan kahta henkilöä, sillä levyt ovat liian isoja yhden henkilön käsiteltäväksi.

Kun on kokonaan mankeloitu yksi kehä, aloitetaan sen kehän kokoonpano. Tässä työvaiheessa tarvitaan myös kahta työntekijää. Ensiksi tulipesän alapuolen mankeloidut kehät laitetaan lattialle peräjälkeen mittojen mukaan paikoilleen, Tämän jälkeen työntekijä ensiksi heftaa ne kiinni. Kun heftaus on valmis,

asennetaan tulipesän yläosa samalla tavalla. Yläosa nostetaan alaosan päälle ja näin saadaan syntymään kokonaan yksi kehä. Tämän työvaiheen jälkeen työntekijä ajaa rälläkällä levyihin 3 mm ilmaraon hitsausta varten. Kun ilmaraot ovat valmiina hitsaa työntekijä kappaleen.

Kehän hitsauksen jälkeen asennetaan harjat paikalleen, harjojen valmistus tapahtuu laserleikkurilla ja tämän jälkeen ne särmätään. Särmäyksen jälkeen osat ovat valmiina asennettavaksi. Ensiksi tarvitsee mitoittaa tulipesän ulkokehälle harjojen ja tukien paikat apurin kanssa. Tämän jälkeen ne heftataan kiinni ja sitten hitsataan.

Harjojen asennuksen jälkeen aletaan valmistaa seuraavaa kehää samalla tavalla kuin tulipesää. Ensiksi valmistetaan sisäosa, sitten laitetaan päätylaippa kiinni heftaamalla ja sitten hitsaamalla. Tämän jälkeen valmistetaan ulkokehä ja valmistusta jatketaan samalla tavalla, siihen asti kunnes uloin kehä on valmiina. Kun kehät ovat valmiit, valmistetaan päätytötteröt mankeloimalla ja hitsaamalla.

Runkoa aletaan kasata vasta kun uuniosa on valmis. Runko kasataan erillisistä osista. Rungon kasaamisessa joudutaan joka kerta mitoittamaan jokainen osa erikseen oikealle paikalle ja tämän jälkeen heftamaan kiinni.

Rungon kasaamisen jälkeen asennetaan savukaasujarruputket. Putket sahaan ensin sahalla, jonka jälkeen ne tuodaan työpisteelle. Työpisteellä osaa putkista joudutaan jatkamaan hitsaamalla, koska muuten materiaalia menee paljon hukkaan. Putkia valmistetaan yhteensä tietty määrä. Kun putket ovat valmiina, asennetaan ne työparin kanssa uunin kehien sisälle.

Nykytilankuvauksen kartoituksen jälkeen päästiin laskemaan tuotteen läpimenoaika. 1,5 Mw alipaineuunin läpimenoaika on tietty määrä päiviä. Tarkoitus on laskea kehitystoimenpiteillä aika vähemmäksi, kuin aiemmin.

Nykytilankuvauksessa käytiin läpi koko tuotteen valmistuskaari ja sen pohjalta tehtiin nykytilankuvaustaulukko. Taulukkoon määriteltiin tuotteen jokaiseen työvaiheeseen kuluva aika (taulukko 1.) ja mihin kaikkeen muuhun aikaa kuluu. Tämän jälkeen tehtiin samanlainen taulukko tulevaisuuden kuvasta, johon arvi-

oituihin aikoihin joihin olisi mahdollista päästä kehitystoimenpiteiden avulla ja tämän perusteella aloin miettimään ja kehittämään kehitystoimenpiteitä.

Taulukko 1. Nykytilankuvaus vasemmalla ja tulevaisuudenkuvaus oikealla

Työvaihe	Nykytilankuvaus			Tulevaisuudenkuvaus			Erotus
	Hyöty	Apua	Hukka	Hyöty	Apua	Hukka	
Työkortti				5			-5
Työpisteen siivous			60			30	30
Osien haku pihalta		20					20
<b>Kartion valmistus</b>							0
Osien selvittely tavarakasasta			30			10	20
Rälläköinti			10				10
Kävely kp-halliin			3			3	0
Mankelointi	2			2			0
Kävely takaisin			3			3	0
Hitsaus	12			12			0
Pulttien asennus ja hitsaus	20			20			0
<b>Tulipesän valmistus</b>							0
Apurin haku			2			2	0
Levyjen etsiminen kuvien avulla			5			2	3
Osien hakeminen tavarakasasta			20			5	15
Mankelointi	40	40		40			40
Leikkurin jälkien siistiminen			5				5
Heftaus	120	120		120	120		0

Taulukkoon tuli 113 kohtaa, joista kehitystoimenpiteiden alle laitettiin 37 kohtaa. Erotusajat yhteenlaskettuna saataisiin läpimenoaikoja 20,57 tuntia lyhyemmäksi. Osa kohdista lyhenee samoilla toimenpiteillä, joten taulukosta tarvitsi vain poimia kehitystoimenpiteiden alle menevät kohdat.

### 3.2 Mahdolliset kehitystoimenpiteet

Työn tarkoituksena oli parantaa työn tehokkuutta, joten olennaista on tuotannon parannus- ja kehitystoimenpiteet. Nykytilankuvauksen jälkeen on ymmärretty prosessi ja voidaan lähteä kehittämään tuotantoa. Tässä vaiheessa kartoitetaan

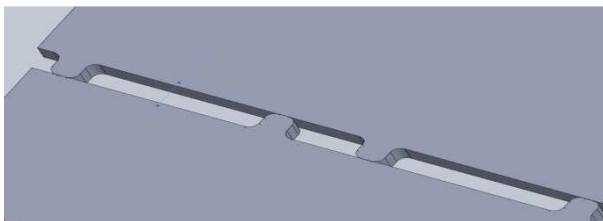
mahdolliset kehitystoimenpiteet ja arvioidaan aika jolla saadaan tuotantoa tehostettua. Tuotannon tehostaminen vaatii resursseja ja investointeja, joten onkin tärkeää, että saadaan laskettua hankintojen takaisinmaksuajat ja ymmärrettään hankintojen tuoma hyöty.

#### 1. Osien varastointi pois ulkoa ja yleisen siisteystason ylläpitäminen

Nykytilassa osia säilytetään Laserleikkauksen jälkeen hallin ovien ulkopuolella ulkoilmalle alttiina. Jos osat pysyisivät tehtaan sisäpuolella ja osat tulisivat suoraan laserleikkauksesta työpisteelle, vähenisi tavaroiden hakemiseen kulutettu aika 20 minuutilla. Kun osat olisivat myös kuivia, voisi työn aloittaa saman tien, sillä märkien levyjen hitsaamisessa tulee hitsausvirheitä. Yleisen siisteystason ylläpitäminen auttaa myös työn aloittamisessa nykytilassa menee 100 minuuttia, kun työntekijä järjestelee työpisteen valmiiksi työn aloittamiselle. Tähän sisältyy tavaroiden kuljettaminen pois työpisteeltä ja trukilla ajoa.

#### 2. Nastat levyjen reunoihin

Levyt asennetaan nykytilassa toisiinsa kiinni ja heftaamisen jälkeen joudutaan ajamaan rälläkällä 3mm hitsausrako. Tämä tehdään sen takia, että saadaan halutunlainen hitsaussauma. Kun laserleikkauksessa tehdään valmiiksi levyihin nastat (kuva 7.), voidaan jättää rälläköintivaihe kokonaan väliin. Tässä työvaiheessa voidaan ajassa säästää 126 minuuttia. Tämän vaiheen toteutus tapahtuu suunnittelussa.



Kuva 7. Nastat levyjen välissä

### 3. Laser ajaa osien numerot levyn pintaan

Nykytilassa joudutaan etsimään osa kuvien ja mittojen avulla, tulevaisuudessa ajetaan laserleikkuu vaiheessa osien numerot levyn vastakkaisiin kulmiin. Kun levyissä on valmiina osanumero, löytyy osa saman tien tavarakasasta ilman turhaa mittaamista. Tämän vaiheen hyötynä on myös se jos jossain on osa ylimääräisenä, nähdään heti mille työlle osa kuuluu ja näin ei tarvitse ajaa uutta osaa. Tässä säästetään ajassa 15 minuuttia ja osat löytyvät omiin työpisteisiinsä, joten materiaalihukkakin vähenee.

### 4. Pyöritysrullien hankinta

Pyöritysrullasto (kuva 8.) on tämän työn suurin investointi. Rullien hinnat liikkuvat mallista ja toimittajasta 10 000€ ja 20 000€ väillä. Rullat nostavat työturvallisuutta, kun kappaletta ei tarvitse enää kannatella nosturin varassa ja pyörittää käsivoimin. Rullat tulevat myös nostamaan hitsauslaatua ja parantamaan tuotavuutta. Rullien hankkimisen jälkeen voidaan nousta kappaleen päälle ja hitsata sauma jalkoasennossa. Pyöritysrullien takaisinmaksuaika toimittajasta riippuen on noin 3 vuotta. Pyöritysrullasto tulee nopeuttamaan aluksi tuotantoa 290 minuuttia ja mitä pidemmälle tuotantoa vielä kehitetään. Esimerkiksi automaation avulla saavutetaan suuria parannuksia laadussa ja nopeudessa.



Kuva 8. Pemamek A12 4D pyöritysrullasto

## 5. Mankelin eteen kuulapöytä

Nykytilankartoituksessa selvisi, että mankeloimisessa tarvitaan jatkuvasti kaveria apuna. Mikäli kaveriapu saataisiin mankelointivaiheessa vähenemään, työ-kaverin ajassa säästettäisiin 216 minuuttia. Mankeloinnin kaveriavun tarvetta voidaan vähentää mankelin eteen asetettavalla kuulapöydällä. Vaatimuksena on, että kuulapöytää pystyy helposti siirtämään, sillä levyt tulevat välillä takaisin mankelista alaviistoon, jolloin raskas kuulapöytä olisi vain edessä työn teon kannalta. Kuulapöytä on edullinen investointi. Yksi kuulapöytä maksaa mallista riippuen 69€ - 400€. Woodtec valmistaa vaatimuksiin sopivia kuulapöytiä, jotka maksavat 69 €/kpl, työn helpottamiseen rullapöytiä tarvittaisiin 4 kpl, joten kokonaiskustannus olisi 276€.

## 6. Lavajärjestys kuntoon

Nykytilassa lavoja on kymmenen kappaletta. Lavojen määrää saadaan selkeästi vähennettyä, kun ohjeistetaan laserleikkauksen työntekijät laittamaan tavarat lavoille oikeassa järjestyksessä. Tulevaisuudessa tavarat laitetaan siten, että tulipesän osat ovat päällimmäisellä lavalla ja uloimman kehän osat alimmalla lavalla, siten että tavarat saadaan nousemaan tekojärjestyksessä pois lavoilta. Tämä vähentää sekä lavojen nostelua ja siirtelyä. Ajassa säästetään 20minuuttia. Pikkumankelille menevät osat menevät omalla lavallaan toiselle puolelle tehdasta. Näin työntekijän ei tarvitse kuin kerran kävellä pienelle mankelille entisen kolmen kerran sijaan. Tällä säästetään joka uunissa 10minuuttia.

## 7. Laserilla harjojen ja tukien mitoitus

Nykyään harjat mitoitetaan joka kerta käsin merkkäamalla tulipesän kylkeen, kun tämä vaihe siirretään laserleikkurin timantille tehtäväksi nopeuttaa se tuotantoa 144 minuuttia. Harjoihin on myös mietitty, että ne tehtäisiin pitkänä kampaana levystä, siten että kappaleen kyljessä kulkeva harja on yhtenäinen, eikä monesta eri osasta tehty. Tällöin säästettäisiin myös hitsausajassa. Kampaajatus oli MEPU:n mielestä hyvin mielenkiintoinen ja tätä asiaa haluttiin tarkastella lähempää.

## 8. Rungolle jigi

Nykyään runko kasataan joka kerta erillisistä osista mitoittamalla. Tätä vaihetta saataisiin nopeutettua 70 minuuttia, kun runko voitaisiin kasata jigin päälle. Jigin runko piirretään solidworks – ohjelmalla rungon 3D mallin avulla. Jigiin tehdään tekniset piirustukset ja kokoamisohje, näin työntekijän on helppo kasata jigi. Runko voidaan myös kasata eri työpisteessä, jolloin läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä seitsemällä tunnilla.

## 9. Savukaasujarrun parannukset

Savukaasujarrun hitsauksessa menee aikaa noin kaksi tuntia, kun savukaasujarrun työvaihe siirretään aikaisempaan vaiheeseen, saadaan pyöritysrullien avulla vähennettyä hitsaamiseen kuluvaan aikaa 60 minuuttia. Pyöritysrullien avulla voidaan putket hitsata jalkoasennossa, jolloin hitsaus nopeutuu ja laatu paranee. Läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä neljällä tunnilla, kun siirretään putkien jatkohitsaaminen toiseen työpisteeseen

## 10. Kokonaisläpimenoajan lyhentäminen

Läpimenoaikaa on myös mahdollista lyhentää kahdella muulla parannuksella. Ajan lyhentäminen voidaan toteuttaa siirtämällä tietyt työvaiheita pois uunin kokoonpanijalta ja hitsaajalta. Tämä ei alun perin ollut tavoite työssä, vaan ajatukset jalostuivat työn edetessä juuri ennen MEPU:lle pidettävää presentaatiota. Parannuksista ensimmäinen on, että siirretään uunin mankeloiminen pois uunin kasaajalta, jolloin VSM:in mukaisesti saadaan jaksonaikaa pienennettyä. Tällöin mankelointi suoritetaan toisen työntekijän toimesta. Aikaa saadaan säästymään kolme tuntia ja 40 minuuttia. Toinen lyhentämismuutoksena on, että siirretään levyjen kokoonpano ja heftausvaihe toiselle työparille, jolloin uunin tekijä voi tehdä omaa työtään. Läpimenoaika lyhenee 13 tuntia näillä toimenpiteillä.

## 11. Päätelmät

Kappaleen valmistusta on mahdollista nopeuttaa hieman yli kaksi päivää, mikäli kaikki toimenpiteet pannaan käytäntöön. Kaveriavun vähenemisellä ja parannuksilla voidaan tiputtaa alipaineuunin valmistusaikaa hieman alle kahdella päi-



vällä. Mikäli Rungon kokoonpano ja putkien jatkohitsaaminen siirretään toiseen työpisteeseen, on tuotteen läpimenoaika arvioiden mukaan hieman yli kahdeksan päivää. Siirtämällä levyjen kokoonpano ja mankelointi toisaalle saadaan nykytilakuvauksen ajoista arvioimalla uuni tuotannosta läpi kuudessa päivässä.

### 3.3 Toimintasuunnitelma

Toimintasuunnitelmassa laitettiin kaikki parannukset excel-taulukkoon (taulukko 2) ja pisteytettiin ne vaativuuden ja hinnan mukaan.

Taulukko 2. Action items list

Action items list	Vaativuus	Hinta	Arvo
Osien varastointi pois ulkoa ja yleinen siisteys	1	1	1
Työpisteen yleinen järjestys	2	1	2
Nastat rakoihin	4	2	8
Osien numerointi timantilla	2	2	4
Pyöritysruullien hankinta	1	5	5
Mankelin eteen kuulapöytä	1	2	2
Lavajärjestys kuntoon	1	1	1
Laserilla kammot ja paikoitus	4	3	12
Rungolle jigi	3	3	9
Savukaasujarrun putket	2	5	10
Levyjen mankelointi toisen työntekijän toimesta	3	1	3
Kehälevyjen KP ja heftaus muualla	3	2	6
Levyjen keskitys	4	2	8
Hyllyjen järjestely	2	2	4

Työssä lähdettiin aluksi parantamaan taulukossa vihreitä, eli helpoimpia kohtia tuotantopäällikön toiveesta. Tämä johtaa myös juurensa muutosvastarintaan, kun saadaan uusia ideoita, niin yleisesti työntekijät eivät tahdo muuttaa vanhoja toimintatapojaan, jotka on jo todettu toimiviksi. Tämän takia on parempi lähteä liikkeelle helpoista kohdista ja näyttää, että parannukset tuovat työntekijöille mielekkyyttä ja työ helpottuu. Näin saadaan muitakin työntekijöistä sitoutumaan Lean-ajatteluun ja muutosprosessi helpottuu muutostyön tekijältä. Kriittisin vaihe on tuoda muutos välittömästi tuotantoon, koko työjoukon tulee nähdä paranus, ennen kuin heidän silmänsä sen näkevät. [9. 253] Eli muutos pitää havaita hyväksi heidän mielessään.

### 3.4 Parannusehdotuksien toteutus

#### 1. Lavajärjestyksen muuttaminen

Laitetaan kehälevyt lavoittain, sisin kehälevy alimmaksi lavaksi ja uloin ylimmäksi. Näin saadaan aikaa pois lavojen turhalta siirtelyltä. Muutos todettiin onnistuneeksi ja työntekijältä tuli todella hyvää palautetta työn nopeutumisesta kahdella tunnilla ja myös työn helpottumisesta. Alkuperäisen arvion mukaan tämä olisi nopeuttanut vain 20 minuutilla, joten toimenpide oli todella onnistunut. Työnteko muuttui myös huomattavasti mielekkäämmäksi, sillä levyn voi nostaa pikaisesti lavalta ja mankeloida sen nopeasti.

#### 2. Levyjen numerointi

Tämä vaati hieman työtä nestäajilta, mutta kun työ on kerran tehty, ei sitä tarvitse enää uudestaan tehdä seuraavien uunien osalta. Levyt numeroitiin kahdesta paikasta, vastakkaisista kulmista. Sillä jos toisen kulman päällä on lava, näkee toisesta kulmasta, että mikä on osan numero. Työ nopeutui tässäkin työvaiheessa noin 15 minuutilla yhden uunin osalta.

#### 3. Osien varastointi ja yleinen siisteys

Osia ei enää ajeta tehtaan ovien ulkopuolelle, vaan ne tuodaan saman tien uunin valmistuksen työpisteelle. Tässä saadaan trukinajo tarvetta vähennettyä ja

levyt pysyvät kuivina, jolloin niitä voi alkaa saman tien hitsaamaan. Työnjohtaja otti myös tehtäväkseen pitää työpisteen siistinä, sekä varmistamaan, että työpisteelle ei tuoda ylimääräistä tavaraa, jolloin työ voidaan aloittaa saman tien. Aikaa saatiin tämän parannuksen avulla vähemmän noin 80 minuuttia, sisältäen levyjen kuljetuksen vähentämisen, sekä työpisteen aloitussiivouksen poistumisen.

Työpisteen yleinen järjestys oli tässä toteutuksessa joka laitettiin täytäntöön työnjohtajan toimesta. Työpisteelle tilattiin muttereille ja kaikille pienosille hyllykö ja työpöytä tullaan pitämään tulevaisuudessa siistinä. Tällöin työkalut löytyvät nopeammin. Tähän ei ollut saatavissa aikaa, joka kuluu etsimiseen, mutta työn mielekkyys paranee ja työpisteellä pääsee joka kerta saman tien työn pariin ilman siivoamista.

#### 4. Savukaasujarrun putkien hitsaaminen toisen työntekijän toimesta

Tämä oli helppo ja nopea toteutus, sillä lähes kaikki hitsaajat osaavat hitsata kaksi putkea yhteen. Savukaasujarrun putkien muualla hitsaamisesta saatiin aikasäästöä neljä tuntia, mikä oli saman verran aiempaan arvioon nähden.

#### 5. Virtauslevyjen muuttaminen

Harjat eli virtauslevyt oli aluksi tarkoitus mitoittaa laserilla suoraan tulipesän ulkokehälle mittojen mukaan, ettei niitä tarvitsisi enää käsin mitoittaa. Projektin edetessä kävi ilmi, että virtauslevyt olisi huomattavasti parempi tehdä hitsauksen kannalta järkevämmiin kampana. Kammatt mallinnettiin ensiksi Solidworks-ohjelmalla kammaksi. Tämän jälkeen laser-keskuksen nestäaja teki solidworks ohjelmalla piirretystä tiedostosta nestin. Nesti ajettiin 1,5mm levystä laserilla (kuva 9). Vanhan virtauslevyn valmistamiseen meni leikkurilla 12 minuuttia ja uuden levyn valmistukseen 16 minuuttia, joten ero ei ollut merkittävä.

Virtauslevyyn päätettiin tehdä nestausvaiheessa myös tulppahitsausreiät, jotka eivät olleet ihan halutunlaiset, seuraaviin kampoihin levyn keskellä olevat reiät tarvitsee olla tarvitsee olla yhtenäiset ja niistä valmistettiin sellaiset, 40 mm pitkät ja 5 mm leveät, jotta levy saa tarpeeksi lämpöä ja imee itsensä kiinni tulipe-

sän ulkokehään, jolla on kartion muoto. Nestausvaiheessa mietittiin myös, että ajaisiko laserleikkuri levyn kerrallaan ja nostaisi sen sitten sivuun, vai ajetaanko aina yksi kampa kerrallaan ja nostetaan kampa pois ja tämän jälkeen kone ajaa seuraavan kamman. Jälkimmäinen vaihtoehto oli nestauksen kannalta helpompaa ja jälkimmäinen vaihtoehto todettiin onnistuneeksi. Ensimmäistä vaihtoehtoa emme edes testanneet sen haastavuuden vuoksi.



Kuva 9. Virtauslevykampa laserin jälkeen

Tämän jälkeen kammat toimitettiin särmäykseen. Särmäysprosessissa oli aluksi ajateltuna haastetta levyn ohuuden vuoksi. Suuria huolia tuotti, että pystytäänkö levyt särmäämään 3 metriä pitkinä vai tarvitseeko ne katkaista keskeltä ja särmätä erikseen, särmäys olikin oletettua helpompi työvaihe ja kammoista tuli halutunlaisia (kuva 10). Särmäyksessä meni aikaa yhdeksän kamman valmistami-

seen 30 minuuttia. Kampoja tarvitaan yhteensä X kpl, joten niiden valmistusaika särmäyksessä on noin 40 minuuttia.



Kuva 10. Kampa särmäyksen jälkeen

Särmäyksen suoritti vanhoille yksittäisille kammoille (kuva 11.) robotti, joten siinä ei tullut ollenkaan työntekijäkustannuksia. Uudella tavalla särmätessä vaadittiin kahden työntekijän panos joten särmäysvaiheeseen kulutettu aika on yhteensä 80 minuuttia.



Kuva 11. Vanha virtauslevy särmättynä

Hitsausvaiheessa saadaan tässä työssä joka tapauksessa syntymään suurin säästö. Koska särmäysvaiheessa meni 80 minuuttia normaalia enemmän työ-aikaa, tarvitsee hitsauksen sujua tätä nopeammin. Vanhassa tilassa kappaleiden mitoittamiseen meni 60 minuuttia kahdelta tekijältä eli yhteensä 120 minuuttia. Parannuksen jälkeen mitoittaminen tapahtuu linjurin avulla, molemmissa päissä on yksi henkilö ja he piirtävät tussilla linjan tulipesän kylkeen. Aikaa menee mitoittamiseen 10 minuuttia kahdelta henkilöltä, eli yhteensä 30 minuuttia. Tämän jälkeen kappale on nosturin tai jiggin varassa ilmassa, jolloin kappaletta helppo pyöritellä ja nostaa noin 6kg painavat harjat tulipesän päälle ja heftata kiinni. Tämän jälkeen kappaleet hitsataan tulipesään kiinni katkohitsein, eli 50mm hitsattua kappaletta ja 100 mm väli ennen seuraavaa hitsiä..

Aikasäästöä saadaan mitoittamisesta 90 minuuttia. Hitsaus oli vanhassa tilassa aikaa vievää puuhaa. Aikaa meni 210 minuuttia yhdeltä hitsarilta hitsata kaikki 144 irtonaista virtauslevyä kiinni. Parannusten jälkeen hitsaus tapahtui 45 minuutissa kahdelta henkilöltä, eli yhteensä aikaa meni 90 minuuttia. Vanhassa tilassa hitsaamiseen meni 210 minuuttia ja mitoittamiseen 120 minuuttia, kokonaisaika vanhassa tilassa oli siis 330 minuuttia. Parannusehdotusten jälkeen kokonaisaika oli 80 minuuttia särmäyksestä, 20 minuuttia mitoituksessa, 100 minuuttia hitsauksessa. Joten kokonaisaika säästö on yhteensä 130 minuuttia yhden uunin osalta.

Kammasta tuli halutunlainen ja helposti valmistettava. Levyyn käytettävä materiaali väheni myös hieman. Uudella kampamallilla saadaan yhdestä 3000x1500mm levystä kaikki kammot mitä työhön tarvitsee.

### 3.5 Parannusehdotuksien toteutus tulevaisuudessa

Parannusehdotukset joita ei tämän työn aikataulun puitteissa saatu toteutettua, oli loput action items list:in ehdotuksista. Osaa ehdotuksista ollaan joka tapauksessa toteuttamassa myöhemmin.

Yksi mielenkiintoinen ja nopeuttava ehdotus on rungon kokoonpanoon jigi. Mallinsin jiggin rungon pohjan mukaan solidworks- ohjelmalla ja toimitin suunnitel-

man MEPU:lle. Rungon jigin kanssa minulla tuli ajatus, että kehälevytkin voisi valmistaa jigin päällä, mikä nopeuttaisi kehälevyjen kokoonpanoa ja heftausta. Työnjohtajan kanssa juteltuani kehälevyn jigistä, ehdotti hän, että rungon jigistä voisi suunnitella sellaisen, että sen päällä voisi kasata ja heftata myös kehälevyt. Tällöin yhdellä jigillä läpimenoaika vähenee 20 tuntia. Jigin kasaaja oli opinnäytetyön ajankohtana sairauslomalla, joten jigia ei voitu valmistaa tämän työn aikana. Jigi tullaan kuitenkin kasaamaan, jotta työ nopeutuu ja helpottuu.

Ehdotuksista pyöritysrullaston hankkiminen oli työn kannalta oleellinen osa työn nopeuttamisen ja laadun parantamiseen. Pyöritysrullaston hinta on 10 000€, mikä on korkea hinta. Yritys päätyi ratkaisuun rakentaa itse pyöritysrullasto uuneille. Rullaston valmistusta ei kuitenkaan saatu alkamaan opinnäytetyöni aikana saman työntekijän sairausloman vuoksi. Rullaston valmistuttua läpimenoaika kuitenkin tulee vähenemään suunnilleen aiemman arvion verran, eli 290 minuuttia.

Nastojen rakoihin mallinnus vaatii suunnittelulta sen verran paljon aikaa ja heidän työkuormansa on kova, niin parannus tullaan toteuttamaan vasta tulevaisuudessa paremmalla ajalla. Parannus on kuitenkin sen verran hyvä, että sitä ei kannata jättää toteuttamatta.

Vaikka muutama toteutus saatiin saman tien toteutettua ja läpimenoaikaa vähennettyä, ei säästyty takaiskuiltakaan. Jouduin luopumaan ajatuksesta, että kuulapöytä hankittaisiin mankelin eteen, sillä uunin kokoonpano vaatii sen verran paljon tilaa ja tilaa on rajallinen määrä työpisteellä, että levyjä ei mahdu mankeloimaan kuulapöytien avulla. Tämän takia alkuperäisestä suunnitelmasta johtuen läpimenon aikasäästöä jäi saamatta 216 minuuttia. Tämä muutos on kuitenkin mahdollista toteuttaa, mikäli mankeli siirretään toiseen pisteeseen, tai työpisteen layoutia muutetaan siten, että hyllyjä siirretään hieman kauemmaksi mankelista. Tähän samaan muutokseen liittyen muutoksessa on haittapuolena myös se, että työntekijä haluaisi itse mankeloida kappaleensa. Jotta niistä tulisi täydelliset, eikä niitä tarvitsisi lähettää takaisin korjattavaksi, eikä hänen pitäisi itse niitä korjata. Mikä tarkoittaa sitä, että levyjen mankeloiminen toisen työnte-

kijän toimesta parannusehdotus on parempi säästää tulevaisuuteen. Läpimenoajan aikahyöty tässä vaiheessa olisi ollut 220 minuuttia/henkilö.

Levyjen keskitys oli myös parannusehdotuksissa, mutta tämän parannuksen tuomista aikahyödyistä ei ollut saatavilla arviota. Keskitys vaatii suunnittelulta aikaa ja vaivaa. Tämän parannuksen toteutus voidaan toteuttaa silloin, kun suunnittelun työkuorma on huomattavasti pienempi.



## 4 YHTEENVETO

Kappaleen valmistamisen nopeutus vaatii investointeja ja sitoutumista, mutta investoinnit ja sitoutuminen maksavat itsensä takaisin ajan säästymisellä, rahalla ja laadulla. Tuotantoa voidaan tämän lisäksi kasvattaa ja voidaan jopa saada uusia asiakkaita. Investoinneilla saadaan virheiden määrä laskuun ja työturvallisuuttakin nostettua.

Työssä oli tarkoitus saada tuotteen läpimenoaikaa vähennettyä vähintään yhdellä päivällä. Tämän työn toteutetuilla parannuksilla työn läpimenoaikaa saatiin nopeutettua 10 tuntia ja 5 minuuttia, joten työn vaatimukset tulivat toteutettua jo pelkästään nopeilla ja vähän vaativilla parannuksilla. Vaativin ja suuritoisin parannuksista oli virtauslevyn valmistus kampana ja tämä onnistui odotettua huomattavasti paremmin. Opinnäytetyössä on joka tapauksessa ylitetty alun perin työlle asetetut tavoitteet ja päästy niistä vielä pidemmälle. Toteuttamatta jääneet parannusehdotukset toteutetaan tämän opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

Tämän työn toteuttamista helpotti huomattavasti aiempi työkokemus metallialan tehtävissä. Tehtävänannon ymmärtäminen, sekä tuotteen valmistuksen nopea ymmärtäminen on ollut tärkeää, että parannusehdotuksia on päässyt tekemään näinkin suuren määrän. Työ on omasta mielestäni onnistunut hyvin muutamaa parannusehdotuksen hylkäämistä lukuun ottamatta.

Työssä oli myös tarkoituksena tutustuttaa opiskelija Lean-kulttuuriin ja tämän työn teon yhteydessä luettujen kirjojen ja materiaalien avulla se on onnistunut. Lean-kulttuurin tärkeimmät työkalut ovat tulleet selväksi ja työnteon yhteydessä niitä on myös päässyt soveltamaan. Työkalut ovat varmasti myös tulevalla työuralla hyvin arvokkaita ja hyödyllisiä.

## LÄHTEET

- [1] Mepu Oy:n yritysesitys. Viitattu 27.1.2014. Saatavilla: <http://www.mepu.fi/yritys/esittely>
- [2] Mepu Oy 2014. Jälleenmyyntipisteet. Viitattu 27.1.2014. Saatavilla: <http://www.mepu.fi/yhteystiedot/jalleenmyyjat>
- [3] Mepu Oy 2014. Varaosa ja huolto. Viitattu 27.1.2014. Saatavilla: <http://www.mepu.fi/yhteystiedot/varaosatjahuolto>
- [4] Kouri, I., 2010, Lean taskukirja, Helsinki
- [5] Tuominen K., 2010. LEAN käytännössä, Yritysesimerkkejä tehokkaista lean-periaatteista ja – käytännöistä. Juva, WS bookwell Oy.
- [6] Wikipedia 2014. PCDA syklin kuva. Viitattu 5.2.2014. Saatavilla: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:PDCA\\_Process.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:PDCA_Process.png)
- [7] Karjalainen J., Value stream mapping. Viitattu 5.2.2014. Saatavilla: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>
- [8] Manufacturing planning and control. Viitattu 5.2.2014. saatavilla: Optima.turkuamk.fi – tekniikka ympäristö ja talous – tuomon työtila- tuotannon suunnittelu ja erp – LEANshort.pptx
- [9] Womack J., 2003. LEAN thinking, banish waste and create wealth in your corporation, Chatham, UK, CPI Mackays.