



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Samu Petrell

# Tuotannon työkalujen jäljitettävyyden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

30.5.2019

Tekijä Otsikko	Samu Petrell Tuotannon työkalujen jäljitettävyyden parantaminen
Sivumäärä Aika	38 sivua 30.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Timo Junell Manager, Production Environment Development, Keny Karlsson
<p>Insinööriyön aiheena oli jäljittäminen ja sen tarkoitus tuotantoympäristössä. Tavoitteena oli parantaa työkalujen jäljitettävyyttä Murata Electronics Oy:ssä. Yritys valmistaa korkealaa-tuisia kiihtyvyy- ja kulmakiihtyvyydsantureita pääasiassa autoteollisuuteen.</p> <p>IATF-standardi määrittää, että jokaisen organisaation täytyy pystyä todistamaan, millä työkaluilla ja missä työvaiheessa valmistettava tuote sijaitsee milläkin valmistushetkellä. Jäljitettävyydellä pystytään parantamaan valmistettävien tuotteiden laatua, kustannuksia ja asiakastytyvyyttä.</p> <p>Työn teoriaosiossa perehdyttiin autoalan standardeihin, mahdollisiin valmiina oleviin tuotannonohjausjärjestelmiin ja PLM:ään (Production Lifecycle Management).</p> <p>Työkaluja tutkittiin niihin käytetystä raaka-aineesta aina siihen saakka, kunnes kyseinen työkalu poistetaan lopullisesti käytöstä. Raaka-aineiden lisäksi selvitettiin työkalujen pinnoitteet. Yleisimmin kyseisissä työkaluissa on anodisoitu/kova-anodisoitu pinta, mikä antaa niille hyvän suojan korroosion ja kulumisen varalle. Työkalun elinkaari saattaa vaihdella hyvin paljon riippuen työtavasta ja työpisteestä. On siis tärkeää, että sitäkin tarkkaillaan. Työkalujen elinkaarta tarkkailtiin kevään 2019 ajan ja tämän avulla pystyttiin jo hieman selvittämään, missä työvaiheissa työkalut kuluvat kaikista eniten.</p> <p>Insinööriyön tuloksena luotiin tuotannonohjausjärjestelmää hyödyntäen systeemi, jossa on omat osiot jäljitettäville työkaluille. Järjestelmä kertoo, miltä työpisteeltä tietyt työkalut löytyvät. Työkaluille luotiin jäljitystunnukset, jotka pohjautuvat niiden teknisiin piirustuksiin ja piirustusnumeroihin. Työkaluille järjestettiin myös omat seurannat kuukausittaisten siivousten ohessa. Niiden aikana työntekijät tarkastavat työpisteeltä löytyvät työkalut ja tarkastavat niiden kunnon.</p>	
Avainsanat	IATF-Standardi, PLM, Jäljitettävyys

Author Title	Samu Petrell Improvement of the Tracking of Production Tools
Number of Pages Date	38 pages 30 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Production Development
Instructors	Timo Junell, Senior Lecturer Keny Karlsson, Manager, Production Environment Development
<p>This Bachelor's thesis is based examines the improvement of the tracking of production tools in working environment. Traceability is attempted to be improved especially for production tools. The IATF-Standard defines, that every organization must be able to prove which tools are used and in what working phase the manufactured product is. This traceability must be applied to every manufacturing phase.</p> <p>The research begun with the investigation of the raw materials, which the production tools are made of. The mapping of production tools was made from the very beginning to the point that they are removed from the production line. Also, the coating of the production tools was investigated. The most common coating was an anodized or hard-anodized coating. This coating gives the production tools a good cover for corrosion and mechanical wearing.</p> <p>Orientation to PLM has also helped with the creation of the thesis. The lifecycle of production tools may vary depending on the working method and the workstation. It is very important, that this variation is placed under surveillance. The lifecycle of production tools has been under inspection for the whole spring. Inspection has already given some information about the wearing of the production tools in some working phases.</p> <p>Production management software has been utilized in the thesis. The tools that were placed under surveillance have been added in to the production management software. The software shows where the certain tool is to be found. Production tools were given their individual tracking numbers. Numbers are based on technical drawings and their drawing numbers.</p> <p>Production tools were also assigned with monthly follow-ups with the cleaning of the workstation. During this time, the operators inspect the working found at the current workstation. The operators check the condition of the tools, and if a defect is found, the faulty or defective tool will be reported to the team that created the system.</p>	
Keywords	IATF-Standard, PLM, Traceability

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	3
1.3	Työn kulku	4
2	Tuotteen elinkaari	6
2.1	Tuotteen elinkaaren hallinta	6
2.2	Jäljitettävyys	8
3	IATF 16949	10
4	Murata	13
5	Työkalujen jäljitettävyyden suunnittelu ja toteutus	16
5.1	Lähtökohdat	16
5.2	Toteutustavat työkalujen jäljitettävyyden parantamiseksi	22
5.3	Järjestelmän luonti jäljitettäville tuotteille	26
6	Tulokset ja Päätelmät	28
6.1	Keskeiset tulokset	28
6.2	Pohdinnat ja päätelmät	29
6.3	Jatkotutkimukset	30
7	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

## Lyhenteet

PLM	Product Lifecycle Management (tuotteen elinkaaren hallinta)
MEMS	Micro Electro Mechanical System (mikrosysteemi)
IATF	International Automotive Task Force (autoalan standardi)
PSD	Production System Development (tuotannonkehitys)

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Jäljitettävyys määritellään kyvyksi säilyttää jonkin asian/esineen identiteetti, tai hieman eloisammin sanottuna: mahdollisuudeksi jäljittää tuotteen historia ja käyttö sekä löytää kyseinen tuote käyttämällä siihen kohdistettua dokumentointia tai tunnistusta. Jäljitettävyys ei rajoitu pelkästään tuotteen tunnistettaviin muotoihin/piirteisiin, vaan siihen kuuluu myöskin koko tuotteen historia, alkaen siitä, mistä materiaalista se on valmistettu ja missä kaikkialla se on kulkenut. Jäljitettävyttä on tuotannossa aloitettu parantamaan monistakin syistä, kuten laatuongelmien ja kustannusten minimoimiseksi. Jäljitettävyydellä pystytään myös säätelemään tuotevastuuta koskevat riskit ja niiden hallitsemista. (Töyrylä 1999, 8.)

Asiakasvaatimukset ovat yleisin syy jäljitettävyiden perusteluina. Asiakkaiden yleisimpiä jäljitettävyttä koskevia vaatimuksia on alkuperätietojen esittely, alkaen raaka-aineista. Yritykset, joilla on hankaluuksia antaa tätä tietoa asiakkailleen, saattavat kohdata vaikeuksia markkinoidessaan tuotteitansa, ja tämän takia ne saattavat joutua myymään tuotteensa halvemmalla hinnalla. Kasvavat vaatimukset laadulle ja logistiikan läpinäkyvyydelle ovat myöskin asettaneet omat tavoitteensa jäljitettävyydelle. Hyvänä esimerkkinä tästä toimii pakettien seuranta ja sen läpinäkyvyys. Nykyään lähestulkoon kaikilla kuljetuspalveluilla on mahdollisuus seurata reaaliajassa oman tilauksensa kulkua. (Töyrylä 1999, 8.)

Insinööriyön lähtökohtina oli saavuttaa parempi jäljitettävyys tuotannossa käytettäville työkaluille ja aputyökaluille, kuten esimerkiksi jigeille. Työkaluja halutaan alkaa jäljittämään, sillä ne ovat suuri osa tuotantoa ja ne saattavat hyvinkin olla osasyynä, minkä takia on voinut aiheutua suoraa vahinkoa valmistettaviin tuotteisiin.

Työn edetessä päätettiin, että jäljitettävyiden ympärille pitää myös kehittää jollakin ohjelmalla seurantajärjestelmä, minkä tarkoituksena olisi helpottaa ja myös vähentää manuaalista työtä. Systeemiin saataisiin kirjattua ja tallennettua kaikki tarvittavat tiedot työkaluista.

Työn taustatutkimiseksi tuli perehtyä kahteen eri autoalan laatustandardiin. Taustatutkimukseksi piti etsiä tietoa jäljitettävyyden parantamisesta. Työn tarkoituksena oli parantaa jäljitettävyyttä, joten työkalujen ympärille alettiin hahmottelemaan niiden elinkaarta, ja sitä kautta tapahtuvaa tarkkailua. Taustatutkimukseksi piti selvittää, mistä työkalut ja aputyökalut oli tehty, ja kenen valmistamia ne olivat. Suurin osa näistä työkaluista on alumiinista valmistettuja, ja tämän jälkeen niihin on laitettu kova-anodisoitu pinta. Tämä tieto auttoi määrittämään työkalujen kunnan ja sietokyvyn. Kova-anodisoidut pinnat kestävät pitempään, ja eivät ala levittämään metallipartikkeleita helposti esimerkiksi pinnoittamattomaan alumiiniin verrattuna.

Insinööriyön aiheena on työkalujen jäljitettävyyden parannus tuotantotilassa. Tehtävänä on saada kaikki työkalut/aputyökalut jäljitettäväksi siten, että niitä pystyy tarkkailemaan muualtakin kuin paikanpäältä. Työhön sovelletaan eri tietokoneohjelmia sekä standardien laatumäärittäjiä. Selvitystyötä pitää suorittaa moniin eri tietokoneohjelmiin, ja selvittää sen avulla, mikä näistä sopisi parhaiten kyseiseen tehtävään.

Koko ajan kasvava autoteollisuus asettaa yrityksille uusia laadun seurantatavoitteita, ja haasteita. Työssä syvennyttiin selvittämään PLM:än (Production Lifecycle Management, Tuotteen elinkaaren hallinta) tarkoitusta, ja miten sitä pystytään hyödyntämään tässä työssä. Tuotteen elinkaari, tässä tapauksessa työkalujen elinkaaren olisi hyvä olla tiedossa, jotta tulevaisuudessa pystytään hyödyntämään tässä kerättyä dataa.

Työn lähtökohtana oli IATF-standardin (International Automotive Task Force) vaatimukset kyseiselle työpaikalle. Vaikka kyseisestä aiheesta ei ole vielä tullut auditpoikkeamaa, ei sitä haluta riskeerata. Kun systeemi saadaan luotua ennen auditointeja, pystytään tällä välttymään turhilta poikkeamilta. Työkalujen kartoitus ja niiden ominaisuuksien luetteloiminen on suuri osa tätä työtä. Työkaluja kartoittamalla pystyy oppimaan paljon niiden kulumisesta ja käyttötavoista. Materiaalivalinta ja siihen liittyvät asiat nousevat myös hyvin tärkeäksi osaksi työtä.

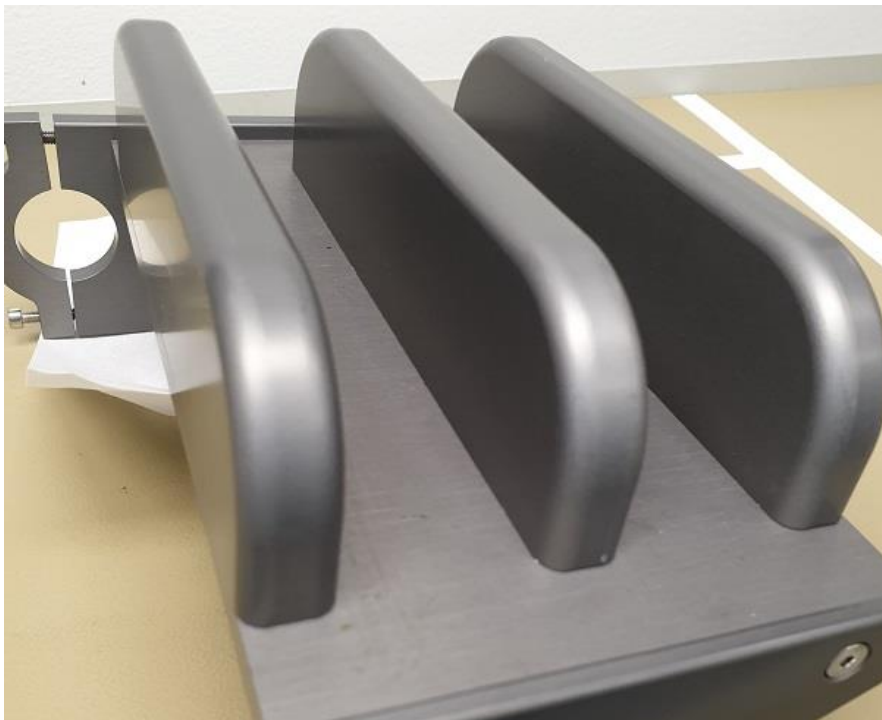
Seurannalla pystytään myös ennakoimaan tarvetta uusille työkaluille. Tämän avulla pystyy asettamaan tavoitteita sille, milloin tarvitsee tilata uusia työkaluja. Seurannalla pystytään myös takautuvasti tarkastamaan, jos tuotantolinjalta on tullut huonolaatuisia tuotteita. Tämä vaikuttaa asiakastytyväisyyteen ja standardinmukaiseen toimintaan.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Insinööriyön tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman tarkka jäljitettävyys työpaikalla sijaitsevalle tuotantolinjalle. Työn alussa alettiin kartoittamaan tuotantolinjan työpisteitä, ja selvitettiin, minkälaisia työkaluja niillä käytetään. Opinnäytetyöhön rajattiin alueeksi yksi tuotantoalue työpaikalta. Tavoitteena on saada toimiva ja valmis seurantajärjestelmä tälle kyseiselle alueelle. Kun tämä on saatu valmiiksi, projektia jatketaan muille tuotantoalueille.

Tärkeimmiksi seurattaviksi työkaluiksi osoittautuivat kaikki välineet, joissa valmistettava tuote on suurimmassa kosketuksessa työkalujen kanssa. Jäljitettäviksi aputyökaluiksi päätettiin ottaa myös kaikkien työpisteiden jigit, sillä niissä tuotteita säilytetään aina tilapäisesti, ennen kuin niitä lähdetään joko työpisteellä työstämään tai siirretään seuraavaan työvaiheeseen.

Jigillä tarkoitetaan apuvälinettä, millä pystytään helpottamaan tuotteen siirtämistä tai tilapäistä varastointia. Jigi on eräänlainen sapluuna, mikä on suunniteltu tiettyä tarkoitusta varten. Tässä työssä suurin osa jäljitykseen haluttavista jigeistä on alumiinisia tuotteelle suunniteltuja säilytyspaikkoja (kuva1).



**Kuva 1. Tuotteen säilytysjigi.**



Kun halutut työkalut on saatu jäljityksen kohteeksi, on tavoitteena saada mahdollisimman paljon tietoa niiden käyttäytymisestä, jotta voidaan parantaa työkaluja jatkossa. Tietoa keräämällä pystytään mahdollisesti vähentämään jigeihin ja muihin työkaluihin kohdistuvia kuluja.

### 1.3 Työn kulku

Insinööriyö toteutettiin siten, että tuotantoalueen päivittäistä toimintaa ja tuotantokiertoa ryhdyttiin tarkkailemaan paikanpäältä. Myös materiaalivirrasta vastaavia henkilöitä haastateltiin. Lisäksi oltiin yhteydessä eri tiimien henkilöihin, jotka vastaavat materiaalin logistiikasta ja sen hallinnoinnista. Työn toteutuksessa on ollut myös työpaikan varaosavastaavalla erittäin suuri rooli. Näiden henkilöiden kanssa alettiin selvittämään ongelmakohtia ja sitä kautta myöskin kehityskohteita. Varaosavastaavien kanssa ryhdyttiin kehittämään toimivaa tuotannonohjausjärjestelmää seurattavia työkaluja varten. Olennaisena osana tätä insinööriyötä oli se, että haluttiin hyödyntää jo valmiina olevia järjestelmiä, joita työpaikka tarjoaa.

Ensimmäiseksi käytännön työksi osoittautui tuotantolinjan kartoitus. Kartoitus suoritettiin valokuvaamalla ja dokumentoimalla kaikki halutut työkalut Excel-ohjelmaan. Ohjelmalla kehiteltiin jokaiselle työkalulle oma yksityiskohtainen seurantanumero. Ohjelman avulla on helppo seurata, millä työpisteellä pitäisi löytyä sinne nimetyt työkalut.

Seuraavaksi alettiin miettiä, millä tyylillä olisi parasta merkitä halutut työkalut. Monille työkaluille pystyttiin helposti merkitsemään teippaamalla niille halutut nimet. Merkkauksista alettiin pohtimaan työkalujen raaka-aineiden ja pinnoitusten ominaisuuksista. Osa työkaluista altistuu suurelle mekaaniselle rasitukselle. Tämän takia teipillä merkkaminen voi osoittautua hankalaksi joillekin työkaluille. Teipin kulumisen aiheuttaa puhdistilassa partikkeleita, mikä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kontaktihäiriön valmistettavaan tuotteeseen.

Tuotannonohjausjärjestelmä rakennettiin työpaikalta valmiiksi löytyvään systeemiin. Tätä järjestelmää käytetään oston ja logistiikan välillä tuotteiden ja tavaroiden siirtelyyn varastopaikasta toiseen. Systeemiä alettiin rakentamaan siten, että tuotannon työkaluille tehtiin järjestelmään omat varastopaikat. Varastopaikasta on helppo katsoa, millä

työpisteellä tietyt työkalut ovat. Tuotannonohjausjärjestelmä työkaluille toteutettiin yhdessä varaosavastaavan kanssa.

Tämän jälkeen alettiin miettiä, mikä olisi paras toimintatapa työkalujen lokerointiin ja yleisiin käytäntöihin. Työkalujen kiertokulkua alettiin seuraamaan ja sitä kautta aloitettiin tekemään analyysiä niiden yleisestä kiertokulusta. Työkaluille luotiin omat varastopaikat tuotannonohjausjärjestelmään ja myös fyysinen varastopaikka, mistä on helppo käydä tarkastamassa työkalujen saldomäärät.

Tämän jälkeen alettiin miettiä, mikä olisi paras kiertokulku työkaluille. Tavarointa liikuttavia avainhenkilöitä haastateltiin ja heidän kanssa sovittiin yleiset käytännöt työkalujen siirtelylle. Selvitettiin, mitä toimenpiteitä työkaluille täytyy tehdä, ennen kuin ne voi viedä tuotantolinjalle.

Kun insinööriyö oli saatu sille tasolle, että pystyttiin aloittamaan jatkuvan tarkkailun kierto, pystyttiin toteamaan, millä työpisteillä työkaluja alkoi kulumaan eniten. Tämän avulla saatiin selville, minkälaisia rasituksia kohdistuu työkaluihin tietyissä tuotantolinjan vaiheissa. Kuluneille kappaleille alettiin suorittamaan vika-analyysejä. Vika-analyysin avulla pystytään arvioimaan, pitäisikö käytettävien työkalujen muotoja muuttaa, tai pitäisikö työkalujen pinnoitetta miettiä uudelleen.

Jatkuvan tutkimisen perusteella pystyttiin toteamaan, että joihinkin työkaluihin riittää pelkkä teipillä merkattu seurantatunniste. Niihin työkaluihin, mihin tämä ei sovellu, alettiin miettiä toista merkkaustapaa. Lasermerkkausta alettiin kilpailuttamaan muutamalla alihankkijalla. Kun löytyi edullisin alihankkija, työkaluja lähetettiin sinne lasermerkattavaksi. Lasermerkkauksessa piti tutkia, rikkooko se kenties alumiiniin tehdyn anodisoidun pinnan.

Työkalut, joita ei tarvinnut lähettää lasermerkattavaksi, laitettiin seurannan alle tuotantolinjalla. Teippien kuntoa käytiin tarkastamassa joka viikko. Teipillä merkatessa täytyy olla tarkkana, että ei aseta sitä sellaiseen kohtaan, missä se alkaisi nopeasti kulumaan. Merkkauksen piti asettaa sellaiseen kohtaan, että se on mahdollisimman huomaamaton. Teippilaatuja tutkittiin niiden lämmönkestävyyden ja mekaanisen rasituksen kannalta.

## 2 Tuotteen elinkaari

Elinkaaren hallinnalla pyritään mahdollisimman paljon tukemaan ja parantamaan valmistettavia tuotteita kaikissa niiden valmistusvaiheissa. Tuotteen elinkaari sisältää kaiken raaka-aineesta siihen pisteeseen, kun tuote päättyy kierrätettäväksi. Elinkaaren hallinnalla pystytään vaikuttamaan moniin eri kustannuksiin.

### 2.1 Tuotteen elinkaaren hallinta

PLM sisältää käytännössä kaiken tiedon ja prosessit, joita tuotteen (tässä tilanteessa työkalujen ja aputyökalujen) elinkaarella hallitaan. Sieltä pystyy etsimään yritykseen tulevia tavaroita, kuten esimerkiksi kumihanskoja. Yhtenäinen tiedonkulku ja -varastointi mahdollistaa kollaboratiivisen työskentelyn työkalujen eri vaiheiden välillä. PLM:n avulla pystytään helpommin hallitsemaan työkaluihin kohdistuvat muutokset. Tämän avulla on helpompi pitää myöskin dokumentointi ajan tasalla. Jäljitettävyyden parantamisella hallitaan kaikkea työkaluista syntyvää tietoa sen eri elinkaarivaiheissa. (Stark 2011.)

PLM:llä pystytään varmistamaan tiedon tehokas ja turvallinen jakelu työkalujen elinkaarella vaikuttavien työntekijöiden välillä. Systeemin avulla pystytään myöskin hallitsemaan työkalun rakennetta ja sitä kuvaavia suunnitteludokumentteja. Työkalujen elinkaari alkaa suunnitteluvaiheessa, missä ne määritetään ja dokumentoidaan. niille luodaan nimikkeistö ja tuotedokumentit.

Nimikkeistöön kuuluvat nimikekoodit, nimikkeitä kuvaavat attribuutit ja kategoriat. Tuotedokumentteihin on liitetty 3D-mallit työkaluista, ja loput tekniset piirustukset. Teknisistä piirustuksista näkee helposti työkalusta käytössä olevan revision. Systeemistä pystyy myös näkemään, onko työkalu varastossa, tuotantolinjalla vai huollossa.

PLM:n pystyy karkeasti jakamaan neljään eri osaan. Jokaisen osan ideana on saada mahdolliset hukkaosat pienemmäksi. PLM:n tarkoituksena on parantaa jonkin tuotteen/asian menestymistä. (The Four Phases of the Product Lifecycle, 2019.)

Ensimmäinen osa on konsepti tai idea uudelle tuotteelle, tässä tapauksessa työkaluille. Valmiit työkalut käydään läpi, ja niiden teknisistä piirustuksista kerätään mahdollisim-

man paljon tietoa, jonka voi laittaa tuotannonohjausjärjestelmään muistiin. (The Four Phases of the Product Lifecycle 2019.)

Toisessa vaiheessa luodaan työkaluille suunnitelma. Tässä käy ilmi, miten aiotaan parantaa työkalujen jäljitettävyyttä. Suunnitelmaan kuuluu kaikki, alkaen valmistettavasta materiaalista, mallista ja käyttötarkoituksesta. (The Four Phases of the Product Lifecycle 2019.)

Kolmannessa vaiheessa aloitetaan valmistaminen. Haluttujen työkalujen kuvat ja tarvittavat liitetiedostot on lähetetty alihankkijalle. Työkaluihin tehdään vaadittavat pintakäsittelyt, kuten anodisointi ja sen jälkeen vielä lasermerkkaukset, tai pelkästään dymomerkkaukset. (The Four Phases of the Product Lifecycle 2019.)

Neljännessä vaiheessa työkaluille luodaan lopullinen jako ja ylläpito. Tässä vaiheessa työkalut on ankkuroitu lopullisille paikoilleen, ja niiden tarkastelujakso on alkanut täydessä mittakaavassa. Tässä vaiheessa aletaan keräämään todellista tietoa työkaluista ja niille kuuluvista työpisteistä. Tietoa kerätään kuukausittain siitä, miten työkalut suoriutuvat. Tällä tiedolla pystytään helposti reagoimaan tuleviin muutoksiin. Mikäli tämän tiedon perusteella aletaan havaitsemaan, että jossakin tietyissä työvaiheissa alkaa työkaluihin muodostumaan poikkeavaa kulumista, voidaan alkaa miettimään siihen vaiheeseen erilaisia työkaluja. Tiedon kerääminen hyödyttää toimintaa huomattavasti tulevaisuudessa. (The Four Phases of the Product Lifecycle 2019.)

PLM:n avulla yritys pystyy pitämään projektinsa innovatiivisina ja kehittämään myös uusia tuotteita ja niiden ympärille muodostuvia palveluita jokaisessa tuotteen elinkaaren vaiheessa. Ilman uusia tuotteita yrityksen tuotot saattavat laskea. Innovatiivisuutta tarvitaan työpaikoilla ja PLM tekee siitä tehokkaampaa. PLM:n avulla yritys saa paremman kontrollin tuotteistansa ja palveluistaan ja se kasvattaa vastuullisuutta tuotteiden elinkaarta kohtaan. Kun yritys saa tämän hallintaan, sillä voidaan helpommin tuottaa luotettavia tuotteita ja myydä palveluita ja parhaimmassa tapauksessa myydä omia palveluitaan myöskin kilpaileville yrityksille. (Stark 2011: 73.)

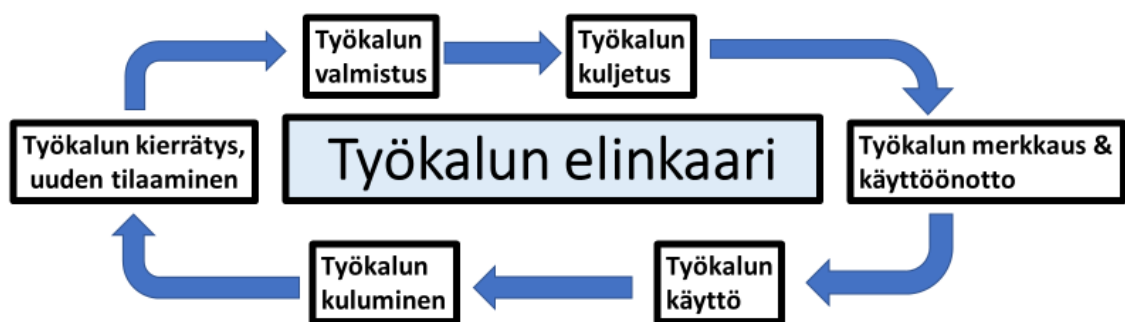
PLM tarjoaa yritykselle laajan vision tulevaisuuden ympäristöstä sekä yrityksen oletusta suoritusasteesta ja käyttäytymisestä. Tämän avulla voidaan opastaa työntekijöitä heidän valinnoissaan työpaikan resurssien suhteen. Tulevaisuuden PLM-strategian avulla pystytään määrittämään, miten työpaikan resurssit pitäisi organisoida. Kun

PLM:n visio ja strategia on määritelty, on mahdollista kehittää ja suorittaa tarvittava strategia näiden tavoitteiden toteuttamiseksi. (Stark 2011: 368.)

## 2.2 Jäljitettävyys

Jäljitettävyydellä pyritään parantamaan tuotteen elinkaaren hallintaa. Tällä metodiikalla pyritään hallitsemaan kaikkia työkaluihin liittyviä tietoja ja suunnitteluprosesseja. Tässä työssä pyrittiin keräämään kaikki työkaluihin liittyvät tiedot yhteen tietokantaan, minkä pitäisi helpottaa työkalujen jäljitettävyttä. Tämä järjestelmä tukee voimakkaasti työpaikan sisäistä tiedottamista. Jäljitettävyys parantaa tiedottamista nopeammin ja helpommin muiden sidosryhmien osapuolille. Järjestelmän avulla pystytään reagoimaan entistäkin nopeammin markkinoiden ja standardin vaatimuksiin. Jäljitettävyyden parantamisella pystytään analysoimaan ja suunnittelemaan parempia työkaluja/aputyökaluja tuotantolinjalle. Lisäksi pystytään lisäämään yrityksen laatua huomattavasti, koska on tarkempi tieto siitä, mitkä työkalut ovat olleet linjalla pisimpään ja mitkä tulevat todennäköisemmin aiheuttamaan laaturiskejä.

Kuten kuvassa 2 käy ilmi, työkalun elinkaari on hyvin pitkälti jo tiedossa, mutta parantamalla työkalujen jäljitettävyttä, pystytään reagoimaan nopeammin tuotantolinjan tarpeisiin ja ongelmakohtiin.



Kuva 2. Työkalun elinkaaren hahmotelma.

Jäljitettävyydellä pystytään parantamaan tuotannon laatua ja seuranta monelle eri asialle. Tämän työn ansiosta pystytään nopeammin reagoimaan tuotantolinjalla rikkoutuvien aputyökalujen uudelleen kierrättämiseen. Jäljitettävyydellä lisätään tietoa siitä,

kuinka kauan jokin kyseinen esine on ollut linjalla, ja pitkällä aikavälillä pystytään seuraamaan, kuinka tasalaatuisia työkalut ovat.

Tuotteilla ja työkaluilla on yleensä useita tunnisteita. Tunniste voi olla numero tai nimi. Tuotteella tai työkalulla voi olla mallinnumero, tai sarja numeroita, tai mallityypin numero. Niissä saattaa myöskin olla työpaikan sisäinen numero ja nimi. Valmistajalla ja ostajalla saattaa olla täysin eri nimet samalle tuotteelle. Mikäli tuotteilla ja työkaluilla alkaa olemaan suuri määrä pelkkiä numeroita niiden tunnisteissa, niihin täytyy alkaa käyttämään muitakin tunnisteita, kuten esimerkiksi kirjaimella merkattu revisio tuotteesta tai työkalusta (Stark 2011: 97, 104.)

Kasuvat vaatimukset tuotteiden jäljitettävyydelle asettavat uusia tavoitteita koko ajan. Autoteollisuudessa halutaan pystyä tunnistamaan osan tarkkuudella, mistä mahdolliset viat voivat johtua. Mikäli tuotteita joudutaan kutsua takaisin, se voi tarkoittaa yrityksille miljoonien eurojen tappioita. Jäljitettävyyden parantamisella pyritään ennaltaehkäisemään mahdollisia vikoja tuotteissa. Mikäli kyseiset työkalut saadaan seurannan alle, pystytään tällä mahdollisesti estämään useiden pahempien vikojen syntymistä. (Stark 2011: 14.)

Jäljitettävyyden lisääminen on yritykselle tärkeää, sillä se asettaa tavoitteita työkaluille kaikissa niiden elinkaaren vaiheissa. Jos työpaikka menettää hallinnan tästä, se saattaa aiheuttaa ongelmia tuotannonkehityksessä ja itse tuotteissa. Vakavimmissa tapauksissa tämä saattaa jopa myöhästyttää valmistettävien tuotteiden pääsyä markkinoille. (Stark 2011: 14.)

Jäljitettävyys lisää myös tuotekehitystä. Ilman tällaista toimintaa yritys ei pysy kilpailukykyisenä. Yrityksen täytyy pysyä innovatiivisena tuotekehityksessä, sillä tämän avulla pystytään parhaimmassa tapauksessa nopeuttamaan tuotantolinjalla tapahtuvaa kokoonpanoa. Tuotteen läpimenoaika parantamalla yritys pystyy tuottamaan enemmän tuotteita pienemmässä ajassa. (Stark 2011: 14.)

### 3 IATF 16949

Ensimmäinen IATF-standardi julkaistiin vuonna 1999, ja sen tähtäimenä oli harmonisoida autoteollisuuden erilaiset arvioinnit ja sertifiointijärjestelmät maailmanlaajuisesti autoteollisuuden toimitusketjuissa. Tämän ensimmäisen julkaisun jälkeen on tullut vielä kaksi muuta painosta vuosina 2002 ja 2009 tarpeen mukaan joko autoteollisuuden parannuksiin tai ISO 9001:n korjattuihin versioihin. Autoteollisuuden valmistajat esittelivät yhteiset tekniikat ja menetelmät autoteollisuuden maailmanlaajuiselle tuote- ja prosessikehitykselle. (IATF 16949, 2016: 7.)

Kun valmistauduttiin siirtymään ISO/TS 16949:2009:stä (IATF:n kolmas painos) autojen QMS standardiin IATF 16949:siin, sertifiointijärjestöiltä, auditoijilta, toimittajilta ja OEM-valmistajilta pyydettiin palautetta IATF 16949:2016:sta uudistetun painoksen luomiseksi. IATF ylläpitää vahvaa yhteistyötä ISO:n kanssa jatkamalla yhteistyökomitean asemaa, mikä varmistaa jatkuvan yhdenmukaistamisen ISO 9001:n kanssa. (IATF 16949, 2016: 7.)

IATF 16949 korvasi aikaisemman ISO/TS 16949 -standardin vuoden 2018 aikana. Tämä standardi on maailman johtavien autoteollisuuden valmistajien kehittämä tekniset tiedot sisältävä dokumentti, joka perustuu ISO 9001 -standardiin. Se pätee myös kansallisiin toimialakohtaisiin laatustandardeihin. Tätä pystytään soveltamaan maailmanlaajuisesti autoteollisuuden toimitusketjuissa. Näitä toimitusketjuja ovat mm. autojen, komponenttien ja järjestelmien valmistus. (IATF 16949, 2016:10.)

Standardin tavoitteena on saada yritykset sitoutumaan tuotelaatuun ja asiakaskohtaisten vaatimusten tarkkaan noudattamiseen. Standardi tuo mukanaan jatkuvan kehityksen prosesseihin, mikä auttaa tunnistamaan kehityskohteita hallintajärjestelmässä ja liiketoiminnan kannalta merkittävässä prosesseissa. Standardin myötä tulee monia etuja kuten tuotelaadun ja prosessien kehittäminen. Tämä myöskin vähentää tarvetta jatkuville toisen ja kolmannen osapuolen auditointikäynneille. (IATF 16949, 2016:10.)

Standardissa määritellään autoteollisuuden tuotteiden suunnitteluun ja kehittämiseen, tuotantoon ja tarvittaessa myös kokoonpanoon, asennukseen ja palveluihin liittyvät laatujärjestelmän vaatimukset. Näihin lasketaan myöskin kaikki ohjelmistot, mitkä on asennettu autoihin. Tätä autoalan standardia sovelletaan organisaation paikkoihin,

joissa valmistetaan asiakkaan määrittelemiä tuotanto-osia, huolto-osia ja / tai lisävarusteosia. (IATF 16949, 2016:10.)

IATF-standardi määrittää, että organisaation on käytettävä montaa eri tieteellistä lähestymistapaa sen analysoimiseksi, onko organisaation valmistusprosesseja mahdollista toteuttaa johdonmukaisesti tekemällä tuotetta, mikä täyttää kaikki asiakkaan määrittelemät tekniset ja kysyntäkohtaiset vaatimukset. (IATF 16949, 2016: 28.)

Standardi lisää luottamusta ja uskottavuutta globaalien hankintaprosessien yhteydessä, ja myös paikallisissa tarjouksissa. Yrityksen pitää toteuttaa tuotanto ja palvelut hallituissa olosuhteissa. (IATF 16949 – Autoteollisuuden laadunhallintajärjestelmä. 2019.) Standardin avulla pystytään paremmin toteuttamaan dokumentointi ja tiedon saavuus, missä määritellään tuotteiden ja toimintojen ominaisuudet. Yrityksen pitää saavuttaa sopivat seuranta- ja mittausresurssien käyttöasteet. Standardisoinnin avulla pystytään toteuttamaan seuranta ja tarvittavat mittaukset sopivissa työvaiheissa. Tämän avulla voidaan todentaa, että prosessien hallinnan kriteerit, sekä tuotteen hyväksymiskriteerit ovat täyttyneet. Standardin avulla pystytään myös helpommin toteamaan henkilöiden pätevyyden. (IATF 16949, 2016: 37-38.)

Jäljitettävyyden tarkoituksena on tukea kappaleiden tunnistettavuutta täsmällisimmässä tuotantovaiheissa. Tämän avulla pystytään helpommin havaitsemaan mahdolliset kenttäpalautukset, mitkä koskevat laatu tai turvallisuusriskeihin perustuvia viallisia tuotteita. (IATF 16949, 2016: 38.)

Jos jossain työvaiheessa työkaluihin alkaa kohdistumaan suurempia voimia, ja kuluminen on voimistunut, voidaan tarvittaessa aloittaa analyysi siitä, ovatko työpisteen työkalut vääränlaiset, vai ovatko kenties sillä työpisteellä työskentelevät operaattorit alkaneet käyttämään työkaluja väärin. Jatkossa kun yritys on saanut laajennettua tämän työpistestandardisoinnin koko tuotantotilaan, pystytään helpommin estämään inhimillisiä virheitä.



IATF 16949-Standardin kohdassa 8.5.1.6” Management of Production Tooling and Manufacturing, Test, Inspection Tooling and Equipment” kerrotaan tarkemmat kriteerit työkaluihin ja niiden seurantaan. Yrityksen pitää tarjota tarvittavat resurssit työkalujen tarkistukseen. Yrityksen pitää vakiinnuttaa ja jalkauttaa systeemi, millä pystytään tarkkailemaan työkaluja ja välineitä, mitkä yritys omistaa. Tähän systeemiin kuuluu:

a) Ylläpito ja korjaustoimenpiteet

b) Varastointi ja uudelleenkäyttö

c) Laitteistot

d) Työkalunvaihto-ohjelmat helposti katoaville työkaluille

e) Työkalujen suunnittelu muutostöille dokumentointimahdollisuudet, mukaan lukien tekniset muutokset itse tuotteeseen

f) Työkalujen muutokset ja tarkistukset asiakirjoihin

g) Työkalujen tunnisteet, kuten sarjanumero tai omaisuuden numero. Samoin työkalun tila, kuten tuotanto, korjaus tai loppusijoituspaikka ja sijainti. (IATF 16949, 2016: 37-38.)

Muutama kohta näistä koskee suoraan tätä työtä. Organisaation on siis varmistettava, että asiakkaan omistamat työkalut, valmistuslaitteet ja testaus-/tarkastuslaitteet on pysyvästi merkitty näkyvään paikkaan siten, että kunkin työkalun/kohteen omistus ja käyttö voidaan määrittää.

Laitteistot eivät kuuluneet tähän työhön. Tuotantolaitteiden merkkamiseen ja nimeämiseen on menossa muita projekteja eri tiimien puolesta.

Kun jäljitettävyyttä parannetaan, on helpompi jäljittää mahdolliset kenttäpalautukset asiakkaalta siihen pisteeseen saakka, missä kohti tuotantolinjaa mahdollinen virhe tai epäpuhtaus on tapahtunut.

## 4 Murata

Yrityksen perusti Akira Murata vuonna 1944, toiminta alkoi nimellä Murata Manufacturing. Ensimmäinen toimipiste sijaitsi Kiotossa, tehtaan koko oli 150 m<sup>2</sup>. Yrityksen ensimmäinen tuote oli keraaminen kapasitori, mitä käytettiin sen aikaisissa radioissa. Yritys on jatkuvasti kehittänyt tuotteita elektroniikkateollisuuteen, ja on nykyään laajentunut ympäri maailmaa. Vuonna 1952 toisen maailmansodan jälkeen oli puutetta ruoasta, ja Muratan insinöörit vastasivat tähän haasteeseen kehittämällä kalojenpaikannusresonaattoreita (kuva 3). Tällä resonaattorilla pystyttiin havaitsemaan kalaparvia jopa 90 m:n syvyydessä.



**Kuva 3. Kalan etsintä resonaattori (Murata.com 2019).**

Myös vuonna 1955 ensimmäiset transistoriradiot saapuivat markkinoille. Tähän aikaan trendikkäänä markkinabuumina oli kaikkien tuotteiden koon pienentäminen ja kannettavuus kodin elektroniikassa. Murata valmisti radioihin keraamisia suodattimia. Vaikkakin tämä tuote kehitettiin vuonna 1955, sillä kesti 10 vuotta päästä kunnolla markkinoille. Vuonna 1960 markkinoille alkoi rantautumaan väritelevisioita. Televisioissa tapahtui siihen aikaan voimakas virtapiikki, kun virta kytkettiin päälle. Kuvassa 4 esiintyvät kaksi harmaata kappaletta ovat PTC-termistoreita, jotka aktivoivat virran noustessa demagnetoidun piirin, mistä seuraa lämmön nouseminen, mikä rajoittaa tämän avulla virtausta. (Murata.com 2019.)

Samaan aikaan keraamisia filttareita paranneltiin siten, että ne saavuttivat suuremman taajuuden ja integraation (Kuva 4.). Keraamisesta filtteristä tuli tämän ansiosta todella suosittu tuote. (Murata.com 2019.)



**Kuva 4. Degaussing POSISTOR® & Keraaminen filtteri (Murata.com 2019).**

1970-luvulla murata kehitti ontloresonaattorin, mitä alettiin käyttää autopuhelimiin. Ensimmäiset mallit veivät kuitenkin koko takakontin tilan. Myöhemmin 1970-luvulla tuote saatiin kutistettua huomattavasti pienemmäksi. Tällä tuotteella oli suuri vaikutus nykyisiin matkapuhelimiin. 1980-luvulla toimistoelektronikan ja kotielektronikan rako alkoi kaventua huomattavasti. Tietokoneet alkoivat olemaan myös kotona, eivätkä pelkästään työpaikalla. Murata kehitti tietokoneisiin kolmiterminaalifiltterin (kuva 5), millä pystyy mittaamaan koneen prosessointinopeutta. Murata kehitti myös digitalisointia CD-teknologiaan. Yhtiön kehittämä aktiivifiltteri poistaa audiosta kokonaan PCM-äänien luontaisen taittuvan melun. (Murata.com 2019.)



Kuva 5. Kolmiterminaalinen kapasitorin. (Murata.com 2019.)

1990-luvulla tuotteiden pienentäminen jatkui. 90-luvun trendeihin kuului mm. monien eri toiminnallisuuden saaminen yhteen tuotteeseen. Tämä trendi koski erityisesti matkapuhelimiin. Muratan kehittämä Gigafil-tuote (kuva 6) saa erittäin tärkeän roolin tässä kehityksessä. (Murata.com 2019.)



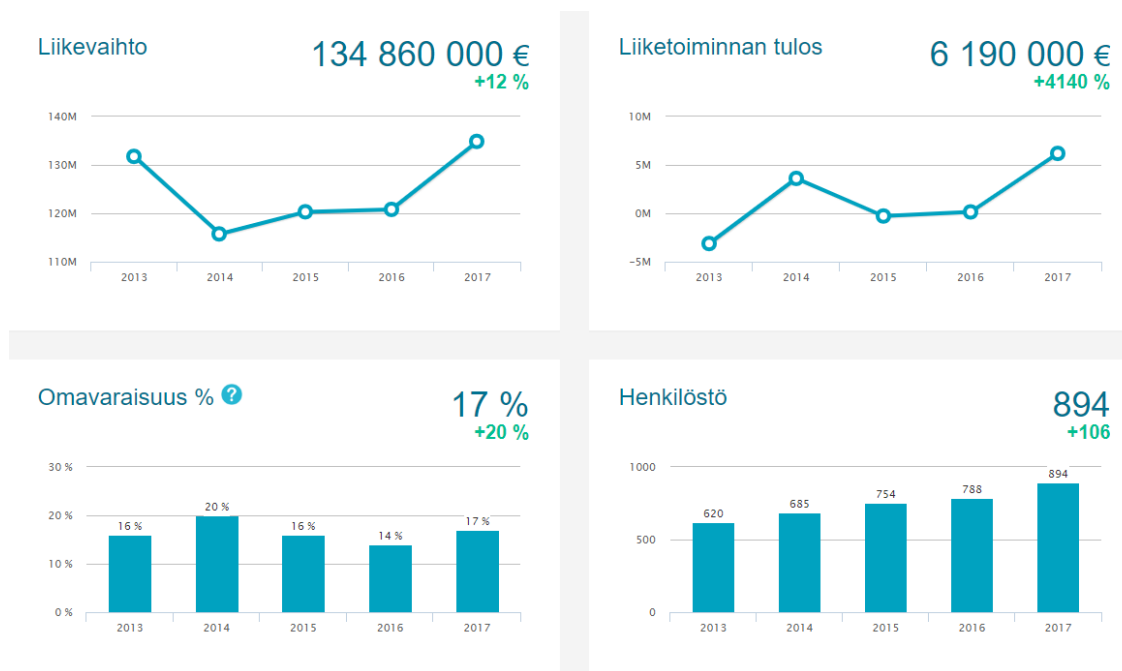
Kuva 6. GIGAFIL® (Murata.com 2019.)

2000-luvulla tietokonekommunikaatiosta on nopeasti tulossa vieläkin tehokkaampaa ja langattomampaa. Muratan tunnetuimpia tuotteita 2000-luvulla oli PHS-kortit ja bluetooth-moduulit. PHS-kortin avulla pystyttiin tiivistämään kommunikaatio toimintoja puhelimissa. (Murata.com 2019.)

Murata osti suomalaiselta yritykseltä nimeltä VTI- Technologies sen omistaman anturi-tehtaan tammikuussa 2012. Suomen toimipisteen (Murata Electronics oy) toimitusjohtajana toimii Yichiro Hayata. Toimipiste sijaitsee Vantaalla Martinlaaksossa.

Tällä toimipisteellä suunnitellaan ja valmistetaan MEMS-tekniikkaan perustuvia antureita autoteollisuuteen ja terveydenhoitoalalle. Tuotteita ovat mm. elektroninen gyro, kiihtyvyyssanturit ja kulma-anturit. 90 % tuotteista menee autoteollisuuteen ajonvakautusjärjestelmiin ja turvalaitteisiin. Loput 10 % valmistetaan terveystekniikkaan. Näitä tuotteita ovat älykkäät sydämentahdistimet ja älykellot.

Murata Electronics oy:n liikevaihto oli vuonna 2017 n. 135 miljoonaa euroa. Liikevoittoa oli n. 5 %. Työntekijöitä vuonna 2017 oli 894. (Kuva 7.)



Kuva 7. Murata Electronics oy:n taloustiedot (Asiakastieto.fi 2019).

Kokonaisuudessaan yli 98 % tuotteista menee vientiin. Muratan filosofia perustuu siihen, että se osallistuu yhteiskunnan edistykseen kehittämällä teknologioita ja osaamisensa soveltamalla tieteellisiä menetelmiä, luomalla innovatiivisia tuotteita ja ratkaisuja. Yhtiön strategiaan kuuluu komponenttien myynti mantereittain järjestelmävalmistajille, jotka myyvät ne edelleen laitevalmistajille. Yritys toimii ns. hiljaisena osapuolena. Yhtiön strategia perustuu laadukkaisiin ja kilpailukykyisiin tuotteisiin. Murata Electronics

oy:n yhtenä strategisena tavoitteena on pystyä vastaamaan kysyntään ja tulevaisuuden teknologian tuomiin haasteisiin.

## **5 Työkalujen jäljitettävyyden suunnittelu ja toteutus**

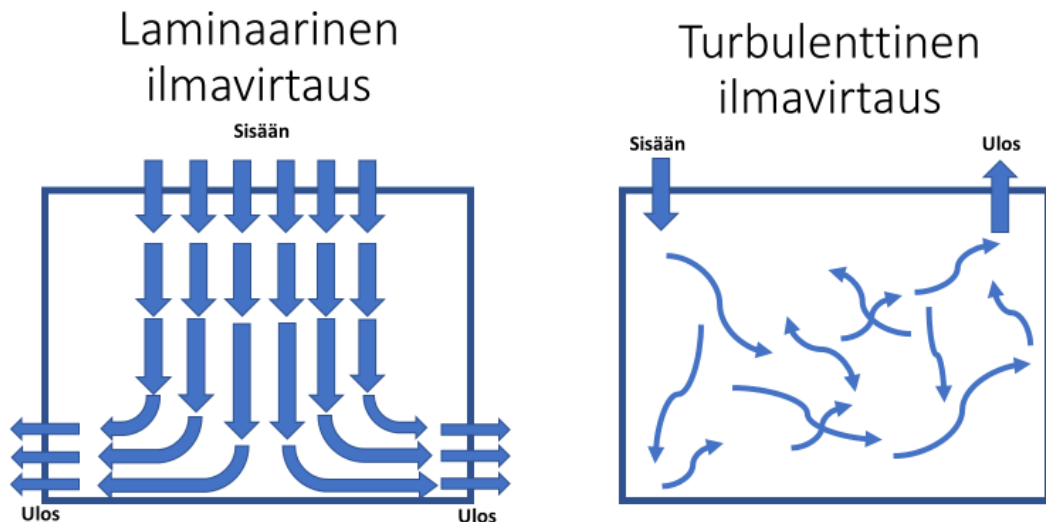
### 5.1 Lähtökohdat

Työpaikalla suoritettiin taustatutkimus siitä, mitä ohjelmia siellä käytettiin jo ennestään ja pohdittiin, voisiko näitä käyttää myös tähän tarkoitukseen. IATF -standardi määrittelee, että jokainen yritys luo ja perustaa sellaisen tietokannan työkaluille, ja aputyökaluille, että niitä on helppo seurata ja jäljittää. Työpaikalla ei ole vielä tällaista järjestelmää. Tehtävänä on aluksi luoda puoliautomaattinen järjestelmä, millä tarkkailla tuotantolinjalta sijaitsevia aputyökaluja.

Jäljitettävyyden parantaminen on erittäin tärkeää, sillä tuotantolinja ei koskaan lepää, ja siellä sijaitsevat välineet ovat koko ajan kovan mekaanisen rasituksen alla. PLM-järjestelmä on rakennettu työpaikalla yleisessä käytössä olevaan tuotannonohjausjärjestelmään, mitä käyttävät monet eri osastot työpaikalla.

Opinnäytetyön suurimmaksi rajoitteeksi koitui puhdastilatyöskentely. Työpaikalla kaikki tuotanto tapahtuu puhdastilassa. Tällä tarkoitetaan tarkasti kontrolloitua tilaa, missä haluttuja olosuhteita ylläpidetään työskentelyn ja tuotteen puhtauden varmistamiseksi. Puhdastilassa ilmavirtaus on juuri käännteinen kuin normaalissa huoneessa. Tässä tilassa ilma painetaan ylhäältä HEPA-suodattimen läpi alas.

Ilmavirtaus yritetään pitää mahdollisimman laminaarisena (kuva 8.), minkä tarkoitus on työntää männän tavoin epäpuhtaudet pois kriittisiltä alueilta, kuten esimerkiksi työpisteeltä, missä valmistettava tuote on kriittisessä tilassa tulla kontaminoiduksi ulkopuolisilla partikkeleilla.



Kuva 8. Hahmotelma ilmavirtauksista.

Puhdastilaa tarkkaillaan koko ajan. Tässä tilassa tarkkaillaan ilmassa olevien partikkeleiden määrää ja kokoa. Samalla puhdastilassa mitataan koko ajan painetta, lämpötilaa ja ilmentuutta. Unelmatilanne puhdastilassa olisi se, että siellä ei olisi yhtään partikkelia ilmassa. Tällaisessa tilassa ei saa kulkea normaaleissa vaatteissa. Kaikkien puhdastilassa työskentelevien henkilöiden on pukeuduttava asianmukaiseen puhdastila-haalariin. Kasvot suojataan vielä erikseen hengityssuojaimella ja hiusmyssyllä. Mikäli henkilöllä on kookas parta, tämän pitää myöskin olla hyvin peitettynä.

Puhtausluokkia on 9 kappaletta, alkaen ISO-1:stä ISO-9:iin. ISO-1 on kaikista puhtain luokka. Jokaisella puhtausluokalla on omat rajat sille, kuinka paljon minkäkin kokoisia partikkeleita saa olla ilmassa. Puhdastiloissa pyritään koko ajan automatisoimaan työntekoa, sillä ihminen on yksi merkittävimmistä epäpuhtauksien aiheuttajista. (Barret, 2018) Puhdastilaan ei saa viedä mitä tahansa materiaaleja. Esimerkiksi pahvin tuominen puhdastilaan on kielletty, sillä pahvista irtoaa erittäin paljon epäpuhtauksia ilmaan.

Työkaluille ympärille suoritettiin laaja tutkimus aina valmistusmateriaaleista lähtien. Tässä vaiheessa ei vielä lähdetty miettimään uutta materiaalia tuotantolinjalle, vaan pysyttiin siinä, mitä on tähän asti käytetty.

Lähestulkoon kaikki työkalut, joiden jäljitettävyyttä halutaan parantaa, on valmistettu alumiinista. Päätettiin, että työkalut merkataan dymo-tarroilla (kuva 9). Tämä ratkaisu on halpa ja hyvä.



**Kuva 9. Esimerkkejä dymo-merkinnöistä.**

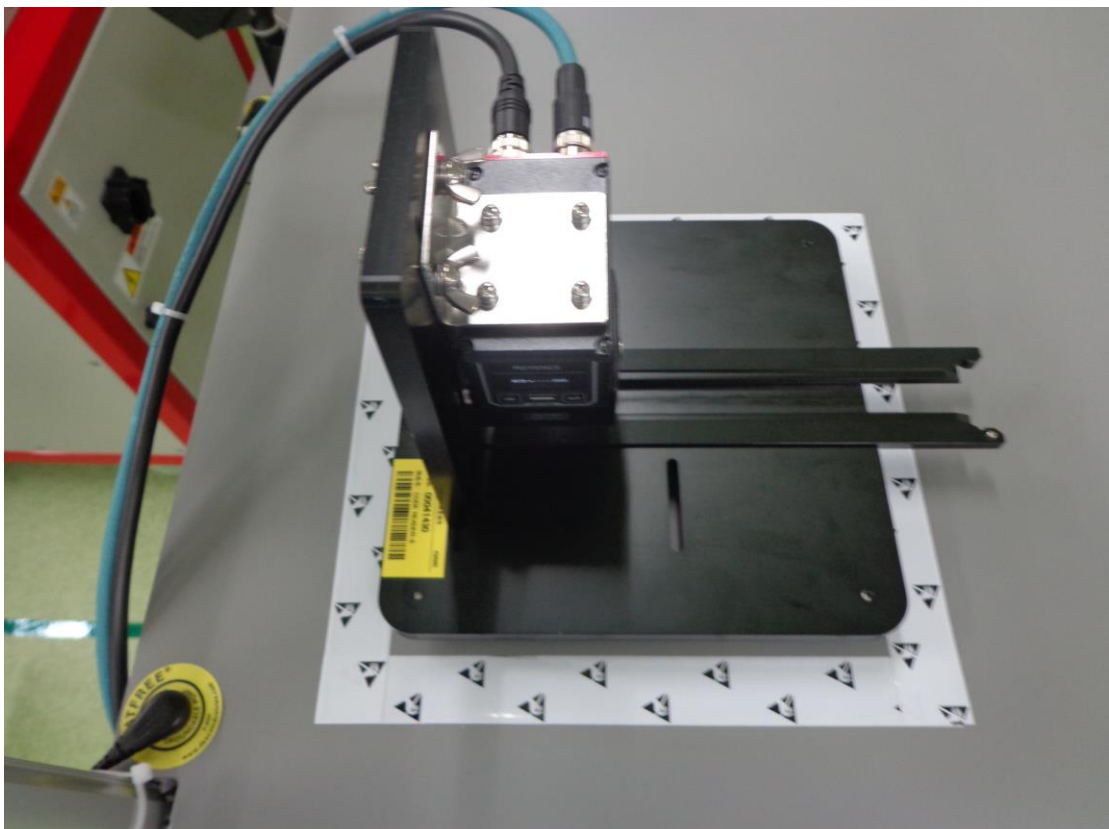
Työkalut, joihin osoittautui vaikeaksi asettaa dymo-tarra, lähetetään lasermerkattavaksi. Testimerkkauksia tehtiin työkaluihin ja tulos oli positiivinen.

Tarroja laittaessa täytyy olla tarkka, sillä mikäli teippi asetetaan sellaiseen kohtaan, missä tapahtuu mekaanista rasitusta, saattaa tämä aiheuttaa teipin kulumisen, täten pilaten merkinnän ja aiheuttaen partikkeliriskin puhdistilaan.

Tämän takia merkkaukset pitää asettaa huomaamattomaan paikkaan, missä ei aiheudu pintojen kulumista. Lasermerkkaukseen on tässä tapauksessa selvä voittaja. Merkkaukseen kestää suurempaa räsitusta kuin yksinkertainen teippi. Lasermerkkauksen huonoina puolina on se, että se sitoo tuotteet vielä voimakkaammin tiettyyn työpisteeseen/vaiheeseen.

Teippi lähtee pois repimällä, ja sen jälkeen pyyhkimällä liimapinnan pois. Tämä on hyvä siinä vaiheessa, jos jokin työvaihe/työpiste vaihtuu. Suunnitelmassa alettiin myöskin miettiä, mikä systeemi olisi paras työkalujen seuraamiseen.

Työkalujen jäljitettävyyden on Muratan Japanin työpaikalla huomattavasti paremmalla tasolla, mutta siellä toteutus on hieman erilainen (Kuva10). Työkalujen jäljitettävyyden parantamiseen otettiin paljon mallia tästä toimintatavasta, mutta sitä sovellettiin hieman.



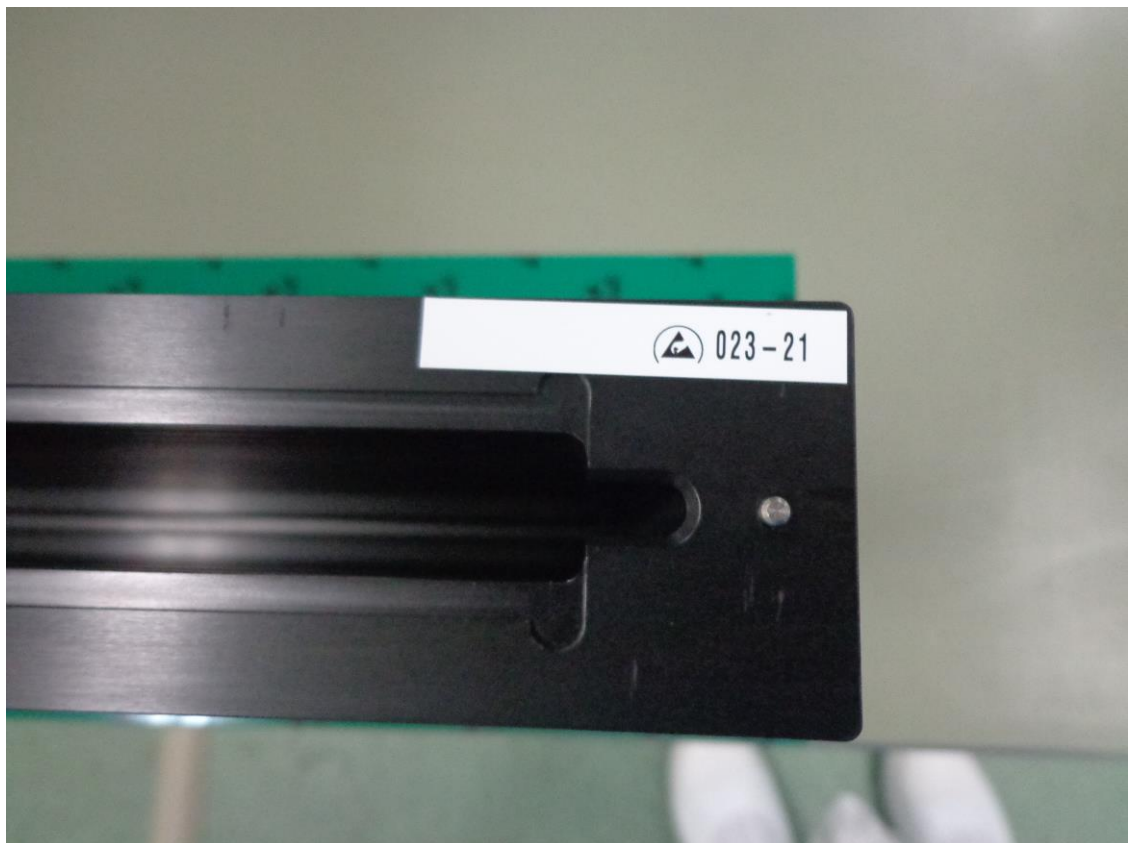
Kuva 10. Japanin työpaikalla sijaitseva aputyökalu Jigi.



Japanin tehtaalla on kehitetty systeemi, missä työkalut löytyvät pelkästään viivakoodin lukemisella. Tämänkaltaista systeemiä lähdettiin hakemaan myöskin Suomen tehtaalle, mutta tällä hetkellä siihen ei ole oikeita työvälineitä/ohjelmia.

Japanin työpaikalla havaittiin muutamia poikkeustapauksia. Teippausten merkkaukset on asetettu sellaisiin kohtiin, joissa niihin kohdistuu mekaanista kulumista ja hankaamista. Tämä tulee mitä todennäköisemmin aiheuttamaan partikkeliriskin.

Kuvassa 11 näkyvässä jigissä ei ole viivakoodia, varmaankin johtuen siitä, että kyseiseen kokoon ei ole saatavilla sellaista. Todettiin, että tämä ei ole paras paikka asettaa työkalun merkkaukset, sillä se aiheuttaa mitä todennäköisemmin partikkeleita valmistettavaan tuotteeseen.



Kuva 11. Merkattu jig.

Japanin toimintatapa oli positiivinen yllätys. Merkkaustyö on helppo, ja varmasti nopeakäyttöinen, sillä useaan työkaluun oltiin saatu viivakoodilla toimiva jäljitettävyyden (kuva 12).



**Kuva 12. Viivakoodilla merkattu työkalu jigi.**

Viivakoodilla toimivaa merkkausta ei ole ainakaan vielä tulossa työpaikalle. Jotta viivakooditunnistuksen saisi toimimaan, se vaatii erilaisen käyttötavan.



Päädyttiin siihen lopputulokseen, että kyseiset jigit olisi parasta lasermerkata. Selvitettiin monelta eri alan yrityksiltä, pystyisivätkö he toteuttamaan sellaista merkkausta, kuin työpaikalla haluttiin. Lasermerkkauksen kanssa pitää olla myös varovainen.

Merkitseminen liian voimakkaalla teholla saattaa aiheuttaa halkeamia työkalujen kovaanodisoituun pintaan. Lasermerkittävät työkalut lähetettiin porrastetusti alihankkijoille merkitsemistä varten. Tässä vaiheessa työkalujen tarkkailu oli todella kriittinen. Uuden idean jalkautus tuotantolinjalle ei ole ikinä yksiselitteinen asia. Työkalut vaihtavat helposti paikkaa, mikäli niitä ei ole ankkuroitu tiettyyn pisteeseen.

Tätä varten perustettiin kuukausittain tapahtuvan siivouksen yhteyteen uusi kohta, missä siivoavan henkilön täytyy tarkastaa kaikki työkalut työpisteeltä. Mikäli tässä vaiheessa havaitaan työkalun liiallinen kuluminen tai puuttuminen, täytyy hänen olla heti yhteydessä ryhmään, joka loi kyseisen tarkastuksen.

Kun työkalu rikkoutuu, pystytään helpommin tutkimaan, miksi ja miten kyseinen työkalu meni rikki. Aika ja paikka pystytään nyt helposti osoittamaan nykyisten tietojen perusteella. Kun tarvittavan monta rikkoutumistapausta tapahtuu kyseisellä työpisteellä, on helpompi alkaa kyseenalaistamaan sen työvaiheen työvaiheita ja toimintatapoja.

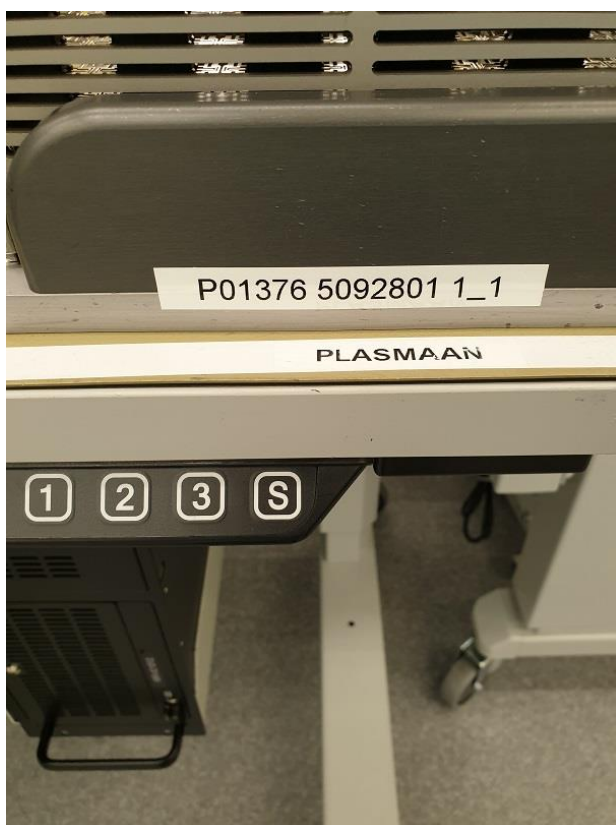
Kuvassa 14 näkyy samanlaisia jigejä, kuin aikaisemmissa kuvissa, missä kerrottiin, minkälainen systeemi Japanin tehtaalla on.



Kuva 14. Lasermerkattuja jigejä.

Kuvan 14:sta jigit ovat käyneet kova-anodisoitavana, ja sen jälkeen ne on lasermerkattu. Lasermerkkauksesta pystyy tunnistamaan, mikä on kyseisen työkalun numero toiminnanohjausjärjestelmässä, mikä on työkalun piirustusnumero ja mikä on työkalun juokseva numero. Näillä kolmella tiedolla on helppo tarkastella työkaluja.

Jigit, jotka eivät liiku koko ajan, merkattiin yksinkertaisella dymo-merkinnällä (kuva 15). Merkkaus asetettiin sellaiseen paikkaan, mihin siihen kohdistuu mahdollisimman vähän minkäänlaista kontaktia kosketuksen / muiden työkalujen takia.



**Kuva 15. Merkattu jigi.**

Merkintöjen tekeminen täytyi toteuttaa mahdollisimman nopeasti, sillä haastattelujen jälkeen oli tiedossa, että joitakin jigejä saatetaan liikutella tarpeen mukaan. Piti selvittää, minne jigejä vaihdeltiin ja minkä takia. Syy oli se, että välillä ylimääräisiä jigejä tarvittiin tietyissä pullonkaulakohdissa. Näille pullonkaulakohdille pystytään nyt suunnittelemaan paremmat ja isommat jigat, jotta tarvittaessa sieltä löytyy tilaa. Jigien pulittaaminen kiinni työpisteelle on myöskin yksi vaihtoehto, mutta tämä aiheuttaa ylimääräisiä partikkeliriskejä, ja voi myöskin olla hyvin epäkäytännöllinen. Tätä ratkaisua ei vielä toteutettu.

Kuvassa 16:sta on merkattu yksi pakka jigijä teipillä. Tämä on tällä hetkellä myös ko-keilussa tuotantolinjalla. Linjaa on ohjeistettu siten, että ne eivät liikuta jigijä millekään muulle työpisteelle. Jigien kuntoa seurataan viikottain tapahtuvalla kierroksella. Tietoa tästä kerätään talteen tulevaisuutta varten. Mikäli teipatut jigit kestävät tuotantolinjalla, niiden käyttöönottoa voidaan alkaa harkitsemaan. Teippaaminen on huomattavasti halvempaa kuin lasermerkkaus.



Kuva 16. Teipillä merkatut jigit.

### 5.3 Järjestelmän luonti jäljitettäville tuotteille

Toteutustavan valinnan jälkeen alettiin luomaan tuotannonohjausjärjestelmään (kuva 17) haluttuja työkaluja ja tavarapaikkoja. Insinööryö on edellyttänyt, että useita eri sidosryhmiä on haastateltu eri työn vaiheissa. Tuotannonohjausjärjestelmä saatiin rakennettua tukemaan työkalujen jäljitettävyyttä

The screenshot displays a software interface for creating a production control system. The interface is titled "Nimike (22) / TOIMPROD081 / SMPE - Lean System". It features a top navigation bar with options like "Lomake", "Muokkaa", "Työkalut", "Näytä", "Jätkuna", and "Ohje". Below this, there are several tabs: "Uusi", "Posta", "Pyyhi", "Hjemat", and "Hae".

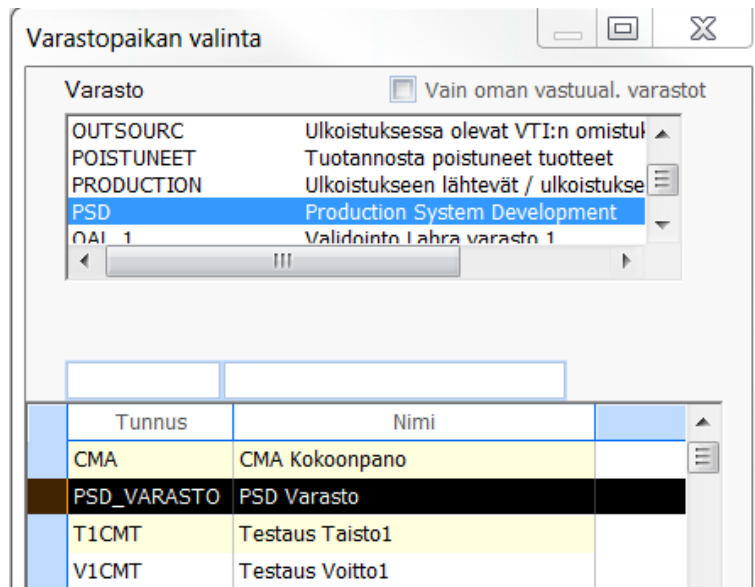
The main form is divided into several sections:

- Nimike:** Fields for "Nim.tunnus" (P01216), "Lyhyt nimi" (Freemigiluskan laserointi), "Nimi" (Freemigiluskan 5090003ox laserointi), "Nimi 2" (Vastuuhenkilö PSD-ryhmässä: DJH/SMPE), "Tuoteryh. nro" (Vastuuhenkilö PSD-ryhmä: Alhankinta), "Luok.kd" (Mekaniikka), "Tila" (Active), "Varasto" (PSD), "Var.plk" (PSD\_VARAS), "Invent.väli" (Visual other t), "Nim.tyyppi" (50), "Nim. elinikä" (Amak), "Tjan tun" (750), and "Kust.p" (750).
- Ompaus tiedot:** Fields for "Ohjautapa" (Stock level), "Käsitteilytapa" (No Insp Trace Bal), "Täyd.menet." (Purchase), "RR-koodi" (Trace mandatory), "Jäljitys" (Trace mandatory), and "Jälj. tummuusarja" (Voim.olo).
- Rakenne:** Fields for "ABC-luokka" (1), "Tasoinno" (1), "Rak.malli" (Vaihemalli), "Pirustanro" (Pir. revisio), and "Toimitajat".
- Varasto:** Fields for "Oletusvarasto" (PSD), "Min varasto" (kpl), "Tilauserä" (kpl), "Tilauspiste" (kpl), "Valm.alue" (kpl), "Varastopaikka" (PSD\_VARASTC), "Max varasto" (kpl), "Min tilauserä" (kpl), "Valm.pika" (kpl), "Kys" (kpl), "Hank.yksikkö" (kpl), "Myks" (kpl), "Tilavuus" (kpl), "Paino" (kpl), "Kerrain" (1), "Hank.paino" (kpl), "Kerrain" (1), "Nettopaino" (kpl), and "Bruttopaino" (kpl).

Kuva 17. Kuva tuotannonohjausjärjestelmästä.

Kyseiselle alueelle luotiin oma varastopaikka. Varastopaikka tässä tarkoittaa siis sitä, että mistä kyseisen työkalun löytää. Mikäli se on viety linjalle, kirjataan systeemissä siirto meidän oikeasta varastosta halutulle tuotantolinjalle. Tätä systeemiä käytetään myös toiseen suuntaan. Jos työkalu vaurioituu, tai vaihtaa fyysisesti paikkaa, tehdään sille tarvittavat siirrot (kuva 18).

Kuvassa 18 näkee, että varaston nimi on "PSD Varasto". Työkalut, jotka saapuvat uutena työpaikalle, siirretään sinne.



Kuva 18. Varastopaikan valinta tuotannonohjausjärjestelmässä.

Samalla, kun työkalut on lajiteltu tuotannonohjausjärjestelmään, luodaan näille tarvittavat tiedot Excel-kansioon. Excelissä määritetään työkaluille tehtävät merkkaukset, ja myöskin tiedot siitä, lähetääkö kyseinen työkalu lasermerkattavaksi (kuva 19).

Käytetty nimi	Nimike (P00xx)	Piir.nro	Piir. Nro ots	Jäljitystunnussarja + Juokseva nro.	Revisio	Varastopaikka	Tuotantopaikka
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_1	C2	PSD-Varasto / CMA	Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_2	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_3	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_4	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_5	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_6	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_7	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_8	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_9	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_10	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_11	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_12	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_13	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_14	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_15	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_16	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_17	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_18	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_19	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_20	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_21	C2		Microscope_
Freimijigliuska	P01133	5090003		1_22	C2		Microscope_

Kuva 19. Excel-tiedosto.

Samalla työkaluille määritetään niille kuuluva työpiste. Tämä sitoo kyseiset työkalut halutulle työpisteelle. Kun työkaluille on saatu määritettyä työpiste, on niitä paljon helpompi tarkkailla.



## 6 Tulokset ja Päätelmät

Monelta sidosryhmältä on tullut hyvää palautetta siitä, että työkaluja on otettu seurantaan. Projekti on vielä kokeiluvaiheessa vain yhdessä tuotantotilassa, mutta se tullaan jatkossa laajentamaan muihin tiloihin. Tuotantolinjalla tapahtuvien laitesijoittelujen takia jotkin työpisteet olivat kerenneet muuttua, ennen kuin ne oli saatu merkattua.

### 6.1 Keskeiset tulokset

Tuotannonohjausjärjestelmä on osoittautunut tarpeeksi päteväksi tähän toimintaan. Järjestelmän sisällä pystyy helposti siirtämään työkaluja varastosta tuotantoon ja tuotannosta pois. Tuotannonohjausjärjestelmästä pystyy helposti tarkastamaan, mitä työkaluja pitäisi löytyä valitulta työpisteeltä.

Tulokset eivät ole tähän mennessä vielä tuottaneet mitään tärkeitä tietoja tuotannossa käytettävistä työkaluista. Kevään aikana on käynyt ilmi, että yhdet tietyt jigit ovat enemmän alttiita vaurioille kuin loput jäljitettävistä työkaluista. Jigejä käytetään monien eri operaattoreiden toimesta, ja niitä liikutellaan alustalla. Kumihanskat antavat jigeihin heikon otteen ja tämä on aiheuttanut jigien putoamisia lattialle. Vaikka jigit on kova-anodisoitu, putoaminen aiheuttaa niihin liian suuren vääntymän ja tekee niistä käyttökelvottomia. Vika-analyysejä on alettu luomaan kyseisille jigeille, ja tulokset ovat olleet lähestulkoon aina samat.

Muihin jigeihin kohdistuu kulumista, mutta ei niin voimakkaasti. Jigejä liikutellaan hyvin vähän, ja tämä hidastaa niiden kulumista huomattavasti. Erityisessä tarkkailussa ovat sellaiset jigit, joihin kohdistuu lämpötilanvaihteluita. Jäähdytysjigeihin asetetaan suoraan uunista tulevia tuotantoeriä viilentymään. Alumiiniin hyvä lämmönjohtamiskyky viilentää tuotteet n. 15 minuutissa. Jäljitystarrat on asetettu mahdollisimman etäiseen paikkaan kuumasta tuotteesta, ettei niihin kohdistuisi liikaa lämmöstä aiheutuvaa kulumista.

Jäljitettävyyttä parantamalla tullaan jatkossa pystymään tutkimaan paremmin jigien muotoa ja rakennetta ja pystytään miettimään vieläkin parempia ratkaisuja.

## 6.2 Pohdinnat ja päätelmät

Hankalimmaksi rajaukseksi osoittautui aputyökalujen rajaus. Piti selvittää standardeihin pohjautuen, mitkä aputyökalut kuuluivat standardien mukaiseen jäljitykseen. Esim. pitäisikö jokaisella työpisteellä sijaitsevat kynät ottaa seurantaan? Tämä vaikutti vähäpätöiseltä, joten nämä saatiin rajattua heti alussa pois.

Projektin tulokset ovat tähän asti olleet positiivisia. Työkalut ja aputyökalut, koskettavat valmistettavaa tuotetta, on hyvin laaja käsite. Tämä on tuottanut vieläkin paljon pohdintaa työpaikalla. Vaikka jäljitettävänä on nyt monia eri jigejä, joihin valmistettava tuote lasketaan työvaiheiden aikana, on silti paljon työkaluja, joita ei ole vielä minkäänlaisessa jäljityksessä.

On täysin käyttäjän itse päätettävissä, milloin jokin työkalu on huonokuntoinen. Tämä aiheuttaa suuria vaihteluja. Tuotannonohjausjärjestelmä ja Excel, mihin on syötetty kaikki tieto merkattavista tuotteista, olisi saatava toimimaan yhtenäisesti jatkossa. Yhden tuotantoalueen kontrollointi tällä kyseisellä tavalla on helppoa, mutta mikäli tämä halutaan toteuttaa koko työpaikalle, tulee se kuormittamaan tekijöitä todella paljon.

### 6.3 Jatkotutkimukset

Aiheen tutkimista jatketaan sen selvittämiseksi minkä esineiden kannattaisi myös olla jäljitettävänä. Tutkimuksia jatketaan myös työkalujen fyysisestä merkkauksesta. Selvitetään, voisiko jatkossa olla hyvä hankkia työpaikalle lasermerkkauslaite, millä pystyisi tekemään jäljittämistä varten tarvittavat merkkaukset työkaluihin.

Kokeilussa on myös eri valmistajien teipattavia tarroja. Osa näistä osoittautui päteviksi kyseiseen työhön. Työkalujen materiaaleja myös kartoitetaan tulevaisuutta varten. Teippien kohdalla pitää erityisesti kiinnittää huomiota niitten kokoon, tarrapintaan ja musteen laatuun.

Jatkossa tietyt jigrit merkataan tällä uudella tarralaitteella, sillä alihankkijalla, jolla kova-anodisoidut tuotteet on tähän asti valmistettu, on ollut hankaluuksia tuottaa tarpeeksi laadukasta harmaata anodisoitua pintaa.

Jigrit tulevat jatkossa olemaan huomattavasti tummempia, ja tämä taas aiheuttaa sen, että lasermerkkauksesta ei saa mitään selvää. Tästä syystä mitä luultavimmin joudutaan siirtämään n lasermerkatut jigrit teipillä merkattaviksi.

Työkalut, joihin kohdistuu suuria lämpötilavaihteluita, ovat aiemmin osoittautuneet hankaliksi. Mikäli muste ja tarrapaperi eivät ole sitoutuneet hyvin, tämä saattaa aiheuttaa musteen leviämisen, kun siihen kosketaan. Myös tarran kirkkaus on ollut aiemmissa projekteissa ongelma. Näistä tuotteista, joissa on ollut erittäin kirkas tarrapinta, on kameroiden ollut vaikea tunnistaa luettavaa viivakoodia.

Tällä hetkellä kova-anodisoidut työkalut ovat pärjänneet hyvin tuotantotiloissa. Vaihtoehtoisesti kovanikkelointi on myös käynyt mielessä. Toisessa tuotantotilassa on tätä jo kokeiltukin, ja otettu käyttöön.

## 7 Yhteenveto

Insinööriyö kattoi kokonaisuudessaan monia eri työvaiheita. Aloituspalaverissa sovittiin, että opinnäytettä varten jäljitettävyyden parantaminen toteutettaisiin yhteen tuotantolinjaan työpaikalla. Tällä tuotantolinjalla sijaitsee paljon jigejä, joihin valmistettava tuote lasketaan odottamaan siirtoa seuraavaan tuotantovaiheeseen. Päätettiin, että nämä pitäisi saada seurantaan.

Jo muutaman kuukauden seurannan jälkeen havaittiin, että jigit saattavat vaihdella paikkoja hyvinkin paljon. Merkattuja jigejä löytyi täysin eri työvaiheista ja työpaikoista. Tämä vahvisti insinööriyön lähtökohtia. Jos jigejä ei saada seurannan alle, on melkein mahdotonta suorittaa vika-analyysejä, mitkä koskevat alumiinipartikkeleita.

Tuotantolinjan työkaluja tutkiessa kävi heti ilmi, että riippuen työvaiheesta, työkalut kuuluvat eri paikoista. Tähän pyritään löytämään jatkossa parempia ratkaisuja työkalujen muotoja vaihtamalla.

IATF-standardin mukaisesti kaikkien työkalujen, mitkä koskettavat valmistettavaa tuotetta, täytyy olla seurattavissa. Työkalujen historiaa aloitettiin selvittämään raaka-aineesta ja sen jälkeen dokumentoinneista. Kaikki nämä tiedot tallennettiin tuotannonohjausjärjestelmään, mistä ne on helppo löytää tarvittaessa. Työnantajan kanssa sovitut työkalut käytiin dokumentoimassa ja kirjattiin ylös. Myös työkalut, jotka eivät ole tuotantolinjalla, vaan varastossa, löytyvät tulevaisuudessa tuotannonohjausjärjestelmästä.

Tämän jälkeen varaosavastaavan kanssa alettiin pohtia, sopisiko työpaikalla jo valmiiksi oleva tuotannonohjausjärjestelmä tähän. Muutaman palaverin jälkeen pystyttiin jo määrittämään, että kyseinen ohjelma kykenee tällaiseen seurantatoimintaan. Järjestelmään alettiin rakentamaan tarvittuja varastopaikkoja halutuille työkaluille. Tämän jälkeen systeemiin on helppo lisätä uusia työkaluja, ja myöskin siirtää niitä toiseen paikkaan tarvittaessa.

Kaikki halutut työkalut dokumentoitiin Excel-järjestelmään, ja sieltä käsin pystytään nyt nimeämään kaikki työpisteellä sijaitsevat työkalut. Järjestelmä antaa jokaiselle halutulle työkalulle tarvittavat tiedot jäljitettävyyden aloittamiseksi.

Tuotantolinja on nyt jatkuvan tarkkailun alla, ja kaikki havaitut viat tutkitaan järjestelmällisesti. Tämän avulla pystytään jatkossa suorittamaan huomattavasti helpommin vika-analyseja, ja pystytään ennakoimaan tulevia kulumisesta aiheutuvia vikoja / puutteita. Kun vikaantumisiin pystytään puuttumaan ajoissa, pystytään tuotteita säästämään mahdollisilta vikaantumisilta, jotka johtuvat esimerkiksi jigistä irtoavasta partikkelista.

## Lähteet

Asiakastieto. 2019. Verkkoaineisto. Asiakastieto.fi  
<<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/murata-electronics-oy/17496057/taloustiedot>>.

Luettu 28.4.2019

Barret, Jessica. 2018. 8 Key Cleanroom Protective Clothing Options to Consider. Verkkoaineisto. Safeopedia. <<https://www.safeopedia.com/8-key-cleanroom-protective-clothing-options-to-consider/18/7371>>. 29.9.2018. Luettu 18.3.2019

IATF 16949:2016. Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations. 2016. International Automotive Task Force.

Murata. 2019. Verkkoaineisto. Murata.com <<https://www.murata.com/en-us/about/company/history>>. Luettu 28.4.2019

Stark, John. 2011. Product Lifecycle Management, 21<sup>st</sup> Century Paradigm for Product Realisation, 2<sup>nd</sup> Edition. E-kirja. Springer.

The Four Phases of the Product Lifecycle. 2019. Verkkoaineisto. VisualNext- Apparel Business Software. <<https://www.visualnext.com/news/what-is-plm-and-what-is-it-for/>>. Luettu 20.2.2019.

Töyrylä, Ilkka. 1999. Realising the potential of traceability - A case study research on usage and impacts of product traceability. Väitöskirja. Helsinki University of Technology Department of Industrial management  
<<http://lib.tkk.fi/Diss/199X/isbn9512278081/isbn9512278081.pdf>>. Luettu 8.4.2019