

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2021

Antti Niemi

# TUOTANTOKONEIDEN KÄYTTÖTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK / YAMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka

2021 | 25 sivua, 2 liitesivua

Antti Niemi

# TUOTANTOKONEIDEN KÄYTTÖTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten parantaa tuotantokoneiden käyttötehokkuutta Leanin eri työkaluja käyttäen ja määrittäen OEE-luku yhdelle koneelle. Opinnäytetyön toimeksianto tuli Turun Sarjatuote Oy:ltä. Tarkoituksena oli tehdä tutkimus, jota hyödyntäen voidaan määrittää tietynlainen järjestys, puhtaus ja laatu. Tulevaisuudessa ne helpottavat työntekoa.

Työssä perehdyttiin Leanin ajatusmaailmaan ja erityisesti 5S-toimintatapaan, joka helpottaa yleisen järjestyksen pitämistä ja näin ollen tekee työn teosta sujuvampaa. Työn lopussa käytetään OEE-laskentaa selvittämään koneen nykyistä tehokkuutta.

Työssä selvisi, että parannettavaa on vielä ja tehokkuutta mittaamaan tarvitsisi kehittää uusia keinoja. Työstökoneiden keräämää dataa ei hyödynnetä sen täydellä potentiaalilla.

ASIASANAT:

CNC-kone, KNL, lean, OEE, 5S

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021 | pages 22, appendices 2

Antti Niemi

# IMPROVING USER PERFORMANCE OF MANUFACTURING MACHINES

The objective of this thesis was to resolve how to improve efficiency of development work with different Lean tools and determine OEE figure for one machine. This thesis was commissioned by Turun Sarjatuote OY. The purpose of this thesis was to do research that can be used determine a certain order, cleanliness and quality that will relief future working.

At the work focuses in the principles of lean, especially the way of how 5S works, which helps relieve common order in workshop and therefore makes working fluent. At the end of the work is used OEE calculation, to determine the current efficiency of the machine.

The work revealed, that there is room for improvement and new ways to measure the efficiency should be created. The data collected by the machine centers is not utilized by its full potential.

KEYWORDS:

CNC-machine, lean, OEE, 5S

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 TURUN SARJATUOTE OY</b>	<b>8</b>
2.1 Yritysesittely	8
2.2 Historia	8
<b>3 LEAN</b>	<b>9</b>
3.1 LEAN yleisesti	9
3.2 5S	9
<b>4 OEE</b>	<b>11</b>
4.1 OEE yleisesti	11
4.2 OEE käytännössä	11
<b>5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUSPROSESSI</b>	<b>12</b>
5.1 Palaveri hidastavista tekijöistä	12
5.2 Yleinen siisteys	13
5.3 Työkalut hukassa	13
5.4 Koneistustyökalujen omat paikat	14
5.5 Jigien etsiminen	17
5.6 Koneen trimmaus kääntöpäällä ajettaessa	18
5.7 Ohjelmoinnin aiheuttama koneiden seisominen	19
<b>6 KONEEN TEHOKKUUDEN MITTAAMINEN OEE-LASKENNAN AVULLA</b>	<b>21</b>
6.1 Aikataulukus ja suunnittelu	22
6.2 Mittaukset	22
6.3 Mitatun tiedon analysointi	23
6.4 Merkittävimmät häviöt	24
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>26</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Automaattisen kinematiikan säädön tarjous
- Liite 2. Turun Sarjatuote Oy pohjapiirustus

## KUVAT

kuva 1. 5S havainnollistava kuva. ( <a href="http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoeckalu/">http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoeckalu/</a> )	10
kuva 2. Työkaluvaunu	14
kuva 3. ER-32 pidin ( <a href="http://www.kemmler-shop.de">www.kemmler-shop.de</a> )	16
kuva 4. CNC poraistukka ( <a href="http://www.kemmler-shop.de">www.kemmler-shop.de</a> )	16
kuva 5. Jigihyllyn lähtötilanne	17
kuva 6. Järjestetty jigihylly	18
kuva 7. Levy	21
kuva 8. Laskukaavat KNL-määrittämiseksi	23
kuva 9. KNL-tulokset	24

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

OEE/KNL	Overall Equipment Effectiveness / Käytettävyys Nopeus Laatu on tunnusluku jonka avulla koneiden tehokkuutta seurataan ja parannetaan.
CNC	Computen Numerical Control – tietokoneistettu numeerinen ohjaus
Lean	Japanilainen johtamisfilosofia
5S	Viidestä osiosta koostuva työpaikkojen ja menetelmien järjestykseen ja määrittämiseen keskittyvä menetelmä

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa CNC-työstökoneiden tehokkuutta ja selvittää, mitkä tekijät hidastavat koneiden käyttöaikaa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii ruskolainen Turun Sarjatuote Oy. Koneistuspuoli valmistaa pääsääntöisesti alumiinisia muotteja auto- ja kylmälaiteteollisuudelle. Yrityksen käytössä on ollut jo usean vuoden ajan koneaikaseuranta. Seurantajärjestelmää hyödyntäen ja kehittäen haluttiin tarkastella niitä ongelmia, jotka toistuvat usein ja hidastavat koneiden tehokasta koneistusaikaa.

Työn osana tutkittiin eri menetelmiä, joilla pystyy mittaamaan ja arvioimaan tehokkuutta jo käytössä olevan järjestelmän lisäksi. Alussa oli selvää, että yleisimmät tavat mitata tehokkuutta eivät sovi tähän tarkoitukseen, joten työssä hyödynnettiin useampaa eri tapaa. Näistä valittiin ne metodit joita yritys pystyy käyttämään tehokkaasti.

## 2 TURUN SARJATUOTE OY

### 2.1 Yritysesittely

Turun Sarjatuote Oy on vuonna 1957 perustettu perheyritys. Yritys työllistää noin 20 henkilöä. Turun Sarjatuote Oy suunnittelee ja valmistaa asiakkaiden tarpeiden mukaan räätälöityjä tuotantolaitteita, muotteja ja linjoja auto- ja kylmälaiteteollisuudelle.

Laajan CAD/CAM (Catia, SolidWorks ja MasterCam) -osaamisen ja hyvän konekannan avulla pystytään toteuttamaan haastavatkin 3D-muodot tarkkuudella ja tehokkuudella. Ydiosaamista ovat kookkaat alumiinikappaleet.

Ohutlevyosasto on erikoistunut ohutlevytuotteiden alihankintaan kumi-, muovi-, ilma- vaihto- ja pakkausteollisuuden tarpeisiin sekä muovilevyjen kuumapainatukseen. Toimintusvarmuus (ISO 9001) ja asiakaslähtöisyys ovat tärkeimpiä arvoja. (Turun Sarjatuote Oy 2020.)

### 2.2 Historia

Ensimmäiset tuotteet, joita Turun Sarjatuote Oy valmisti, olivat sähkökaapelikiinnikkeet. Alkuajoista jäänteinä on oikeastaan ainoastaan nimi, josta yritys ei ole halunnut luopua. Sisaryhtiö Nortool Oy on perustettu vuonna 1985 maahantuomaan muovikoneita. Nykyään Turun Sarjatuote Oy on jaettu selkeästi kahteen osaan, ohutlevypuoleen ja koneistamiseen, ja toiminta on jaettu kahteen erilliseen halliin.

## 3 LEAN

### 3.1 LEAN yleisesti

Leanin tavoitteena on turhan tekemisen poistaminen ja arvoa tuottavan työn lisääminen. Ensimmäinen vaihe lean-projektissa on nykytila-analyysi, jossa kartoitetaan asioiden nykytila ja kehitysehdotukset työntekijän näkökulmasta. Lisäksi määritellään, mikä on arvoa tuottavaa työtä. Näin saadaan kiinni siitä, millaisiin muutoksiin kannattaa ensimmäiseksi ryhtyä. (Talentree www-sivut 2020.)

Lean-filosofiassa turha työ eli hukka luokitellaan seitsemään lajiin, joiden näkökulmasta toimintaa tarkastellaan. Hukkaa on ylituotanto eli väärään aikaan tai liikaa tekeminen, vialliset tuotteet ja niiden korjaaminen, turhat siirrot ja kuljetukset sekä turhat liikkeet ja tavaroiden etsintä, turhat prosessit ja työvaiheet, odottelu sekä turhat varastot. (Talentree www-sivut 2020.)

Kahdeksanneksi hukan muodoksi voi nähdä kehityspotentiaalin hukkaamisen, joka tapahtuu, kun työyhteisössä olevaa tietoa ei hyödynnetä: kun kukaan ei kysy tai kysyttäessä ei tule sanotuksi. (Talentree www-sivut 2020.)

### 3.2 5S

5S on alun perin japanilainen kehitystyökalu, joka kuuluu osaksi Lean-ajattelumaailmaa. Sen on kehittänyt alun perin Hirayuki Hirano. 5S-työkalun avulla organisoidaan oma työpiste toimivaksi kokonaisuudeksi. Työkalu auttaa pääsemään eroon ylimääräisestä tavarasta, jolla ei työn kannalta ole merkittävää virkaa, ja jättämään oleellimmat tavarat työpisteelle. (Six sigma www-sivut 2020.)

Usein 5S mielletään väärin ja ajatellaan, että se on vain siivoustyökalu ja sitä käytetään vain kerran. Työkalun käyttötarkoitus on kuitenkin ottaa se jatkuvaan käyttöön. Jokainen yrityksen henkilö sitoutuu käyttämään sitä niin kuin on sovittu, sekä kehittämään työpäikällä esiin tuleviin ongelmiin 5S-menetelmää. (Six sigma www-sivut 2020.)

5S tulee sanoista (kuva 1):

Seiri, Lajittelu	Poistetaan epäolennaiset tavarat, jotka eivät liity työhön
Seiton, järjestäminen	Järjestetään paikka kaikille tavaroille tarkasti
Seiso, Puhdistaminen	Työalueen siistinä pitäminen
Seiketsu, Standardointi	Siisteystason määrittäminen
Shitsuke, Sitoutuminen	Sovitetaan toimintatapa, jota kaikki noudattavat
Anzen, Turvallisuus	Kuudes ässä joka tulee kaupan päälle, kun edellä olevia noudatetaan.



Kuva 1. 5S (Six sigma www-sivut 2020).

## 4 OEE

### 4.1 OEE yleisesti

OEE tulee englanninkielisistä sanoista Overall Equipment Effectiveness. OEE:stä käytetään suomenkielistä termiä KNL-laskenta, ja se on lyhenne sanoista: käytettävyys, nopeus ja laatu. Kokonaistehokkuutta kuvaava luku saadaan kertomalla edellä mainitut asiat keskenään. KNL-Laskenta on määritelty PSK-Standardissa 7051 ”prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut”. (PSK standardi 7051.)

### 4.2 OEE käytännössä

Yleensä yritys pyrkii maksimoimaan koneidensa tuoton. Aina ei osata hyödyntää tarjolla olevia työkaluja koneen tehokkuuden mittaamiseen ja tuotanto on jatkunut jo esimerkiksi vuosia vajaalla työteholla. Näitä asioita on vaikea hahmottaa ilman, että kirjaa ylös, mikä hukkaa kallista työ-aikaa. (Villanen 2013.)

Tuottavuutta halutaan tavallisesti parantaa isoin askelin. Saatetaan esimerkiksi ostaa uusi kone, jolla tehtyjen tuotteiden valmistusaikoja verrataan aiempiin. Tekemiseen voi silti jäädä vanhan toimintatavan jäänteinä paljon tuhlausta. Esimerkiksi tehdään ylimääräisiä kappaleita, käytetään huonoja asetustapoja, tulee korjaamista tai uudelleen tekemistä, tuotteiden siirtämistä, kääntelemistä tai pinoamista, työkalujen tai materiaalien etsimistä, turhia välivarastoja, odottelua ja muita häiriöitä. Muutama vuosi kuluu ja huonontuvia tuotantolukuja selitetään käyntihäiriöiden ja kulumisen yhteisvaikutuksena. (Villanen 2013.)

Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, KNL, tuo esille kaikki tuhlauksen lajit. Tilanne kuvitellaan erityisesti käytettävyyden osalta liian hyväksi: kuormitettua aikaa syövät erilaiset tuotantoseisokit kuten konerikot, tautot ja asetukset. Kokonaistehokkuus (engl. OEE, Overall Equipment Efficiency) lasketaan yksinkertaisen kertolaskun avulla. Kokonaistehokkuus K N L saadaan:  $K$  (käytettävyys)  $\times$   $N$  (nopeus)  $\times$   $L$  (laatu). (Villanen 2013.)

## 5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUSPROSESSI

Aluksi selvitettiin, mitä tietoa yrityksellä ennestään oli tehokkuuden mittaamiseksi sekä mitä hidastavia toimia on havaittu. Ennen aloitusta tiedettiin jo, ettei yrityksessä ole käytössä mitään automaattista seurantaa, koska tuotteet ovat hyvin uniikkeja sekä kappalemäärät ovat alle 100 kappaleen eriä.

Tällä hetkellä yrityksessä pystytään mittaamaan työstökoneen kokonaispäällöloaikaa, sekä aikaa, jolloin kone on ollut ohjelman ajotilassa. Tätä tarkastellaan viikon jaksoissa ja tiedot kerätään aina perjantaina ennen kotiinlähtöä. Tiedot kerätään täysin manuaalisesti työstökoneelta sen vieressä olevaan paperiseen listaan, josta tiedot syötetään excel kaavastoon. Listalla on kohta, johon voi kirjoittaa huomiot, jos kone on esimerkiksi rikkoutunut tai koneella on ollut vajaa miehitys.

Heti opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa kävi ilmi, että uuden ajanseurantaohjelmiston käyttöönotto ei ole resurssien puitteissa mahdollista. Näin ollen painopisteeksi muodostui työtä hidastavien tekijöiden kartoittaminen. Aikaisemmin mitään ei oltu kirjattu ylös, vaan tieto oli henkilökunnan omassa tiedossa. Luontevaa oli aloittaa siitä, että kerättiin tietoa ylös koneistajilta. Tiedot kirjattiin ja alettiin pohtia, mitä asioille voidaan tehdä. Tästä johtuen aiemmin suunniteltu OEE-laskenta, ei soveltunutkaan kovin hyvin mittaamaan työn tehokkuutta. Onneksi saimme asiakkaalta suuren kappalemäärän omaavan työn, johon pystyin käyttämään kyseistä menetelmää.

### 5.1 Palaveri hidastavista tekijöistä

Kesän alkaessa koneistajille annettiin tehtäväksi pohtia ja tarkkailla, mitkä asiat hidastavat heidän työntekoa siinä määrin, että niihin on tärkeää puuttua. Lisäohjeena tarkennettiin, että keskitytään katkoksiin, jotka kestävät yli 10 minuuttia.

Sovittiin, että ilmenneitä asioita käsiteltäisiin yhteisessä palaverissa kaikille sopivana ajankohtana myöhemmin kesällä. Palaveri saatiin kuitenkin pidettyä vasta syyskuun toisella viikolla. Palaveri oli onnistunut ja jokainen oli omalta osaltaan pystynyt hyvin kartoittamaan häiritseviä tekijöitä. Sovittiin uusi palaveriaika kahden viikon päähän, johon jokainen sai tehtäväksi miettiä kehitysehdotuksia siihen, mikä vähentäisi lyhyitä työnseisauksia.

Palaverissa esiinnoitettuja hidastavia tekijöitä oli useita, niistä tärkeimpinä olivat yleinen siisteys, työkalujen häviksissä oleminen, koneistustyökalujen etsimiseen menevä aika, oikean kiinnitysjigin löytäminen, koneen trimmaus kääntöpäätä käytettäessä, NC-ohjelman odotus ja ohjelmoinnin ajan koneen seisominen ilman työstöä.

## 5.2 Yleinen siisteys

Siisteyden edistämiseksi päätettiin tehdä sopimus, jossa viikon viimeisenä työpäivänä jokainen tarkistaa ja siistii itselleen määrätyn kohteen. Tähän varataan aikaa viikon viimeisen työtunti. Kohteet jaettiin niin, että koneistajat pitävät omista koneistaan ja niiden välittömästä läheisyydestä huolen, asentajat omat työpisteensä sekä materiaalivaraston yhteydessä olevien sahojen siisteydestä.

Sahojen osalta tehtiin sopimus, jossa jokainen sahaa käyttävä on velvollinen jättämään sahat sellaiseen kuntoon, että seuraavan ei tarvitse sitä alkaa ensimmäisenä siivoamaan tai siirtelemään materiaaleja leikkuupöydiltä hyllyyn. Yleiset tilat hoituvat kerran viikossa siivousyrityksen toimesta, mutta jos jotain puutteita tai likaa jossain esiintyy, se siivotaan omatoimisesti pois.

## 5.3 Työkalut hukassa

Ongelmana on ollut työvälineiden ”katoaminen”, eli kun jotain tarvitsisi, sitä ei löydykään mistään. Päädyimme henkilökohtaisiin työkaluvaunuihin, jotka ovat aikaisemminkin olleet käytössä. Työkaluvaunut kerättiin kasaan ja tehtiin inventaario, jossa katsottiin, että mitä kaikkea on jo valmiiksi vaunuissa. Jokaisen oma työkaluvaunu täydennettiin perustyökaluilla. Työkalut numeroitiin sekä laitettiin työntekijän ”kuitille”. Työkaluvaunun perustyökaluja ovat muun muassa:

- Porasetti 1mm-13mm
- Senkkarisetti
- Porakone
- Hiomakone
- Viilasetti
- Kuusiokoloavainsarja
- Lenkkiavainsarja
- Kierretappisarja M3-M16

- Jäysteen poistaja
- Työntömitta
- Rullamitta



kuva 2. Työkaluvaunu.

#### 5.4 Koneistustyökalujen omat paikat

Koneistustyökaluille on olemassa omat paikat, mutta ne olivat vuosien saatossa mennyt sekaisin. Koneistustyökalut oli siivottava paikoilleen. Nykyisin työkaluja sijaitsee niin monessa paikassa, ettei se ole enää käytännöllistä ja ylimääräisiä työkaluja on paljon. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että alkuperäinen työkaluvarasto on täynnä vanhoja työkaluja ja myös sellaisia työkaluja joita ei enää käytetä kovinkaan usein tai ei laisinkaan.

Kahden CNC-keskuksen yhteydessä on myös omat työkaluvarastot, joissa koneistajat ovat pitäneet tarvittavia työkaluja. Lisäksi on myös työkalukaapisto, jossa on uusia työkaluja, joita käydään hakemassa omiin kaappeihin ns. varastoon. Tästä johtuen välillä yhden työkalun tekemiseen saattaa kulua useita minuutteja ja ennen kaikkea huomattavasti ylimääräistä kävelyä paikasta toiseen.

Tilanne voi pahimmillaan olla esimerkiksi seuraavan kaltainen: CNC keskus 1:n operoitsija tarvitsee työssään jyrshintappia halkaisijana 8 mm pitkällä kutisteistukalla sekä 8 mm pallopää jyrsimen samoilla kriteereillä. Operaattori käy katsomassa onko keskuksen 1 makasiinissa valmiina kyseiset työkalut. Valmiina on ainoastaan jyrshintappi 8 mm.

Operaattori kävelee 3 metriä omalle työkaluvarastolleen (Työkaluja 2) ja toteaa ettei kyseistä pidintä ole sielläkään, samalla tarkistaen onko kyseisessä varastossa myös 8mm pallopää jyrshintä jota myöskään ei ole saatavilla. Operaattori kävelee 10 metriä CNC keskus 2:n luokse, ja katsoo löytyykö pidintä sieltä. Pidintä löytyy, mutta siinä on väärä työkalu asetettuna.

Kävellään 3 metriä keskus 2:n työkaluvarastolle (työkaluja 3) ja todetaan pallopää jyrsimen puuttuminen myös sieltä. Kävellään 10 metriä takaisinpäin ja otetaan työkalukaa-pistosta uusi pallopää jyrshintä. Kävellään takaisin CNC keskus 2:n viereen, jossa kutiste-kone sijaitsee ja tehdään työkalu.

Tämän jälkeen kävellään vielä takaisin 10 metriä alkuperäiseen työkaluvarastoon, jossa sijaitsee esiasetuslaite, jolla mitataan työkalu ja taas 10 metriä takaisin CNC keskus 1:n luokse. Tilannetta havainnollistamaan laadin pohjapiirustuksen (liite 2).

Kun tätä aloitettiin seuraamaan, oli täysin selvää, että asialle on tehtävä jotain. Työkalujen pitää löytyä samasta paikasta ja olisi paras kun työkalun tekemiseen ei tarvitsisi kävellä kuin yhteen paikkaan saadakseen sen valmiiksi.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä tehtiin ratkaisu, että alkuperäinen työkaluvarasto siivotaan. Sieltä siirretään työkalut, joita ei käytetä enää kokonaan pois. Ongelmaksi muodostui, että varasto on liian pieni nykyiselle tarpeelle eikä sen laajentaminen ole mahdollista. Myös uuden varastotilan rakentaminen on hankalaa, ja se on muista tiloista aina pois.

Tarkoitus on kuitenkin saada mahdutettua varastoon kaikki terät. Terien pitimet voidaan pitää keskuksien yhteydessä olevissa varastoissa. Myös kutisteistukoiden lämmitykseen tarkoitettu kone siirretään samaan varastoon, jossa terien esiasetuslaite sijaitsee. Liite 2 sisältää pohjapiirustuksen josta käy ilmi miten hajanainen työkalujärjestys on.

Toimitiloissa tehtiin myös inventaario, jossa käytiin läpi pitimiä, joita tarvitaan usein. Lisäksi työn nopeuttamisen vuoksi tilattiin seuraavat pitimet molemmille koneille:

- ER-32 istukoita 5 kpl/ keskus.

- NC poraistukoita 5kpl/ keskus.

Nämä työkalupitimet hankittiin ainoastaan sen takia, että niihin saa kiinnitettyä vakioporaakoot kierretepeille M6, M8, M10, M12 ja M16, sekä ER istukoihin edellämainitut kierretapit.

Tämä nopeuttaa työtä paljon, kun työkalut on aina valmiina ja valmiiksi mitattuna. Ainoastaan silloin, kun terä kuluu tai rikkoutuu, tehdään se uudelleen ja mitataan. Koneistuksessa materiaalina käytetään pääasiassa alumiinia, joten terien kestoikä on hyvin pitkä, eikä niitä jouduta vaihtamaan usein.



kuva 3. ER-32 pidin (Kemmler-shop 2020).



kuva 4. CNC poraistukka (kemmler-shop 2020).

## 5.5 Jigien etsiminen

Osalle jigeistä oli järjestetty hyllytilaa jo aikaisemmin ja osa oli jätetty järjestämättä. Kaikkia jigejä ei oltu merkitty tuotenumerokohtaisesti. Osa jigeistä on peräisin yli 20 vuoden takaa. Niille ei enää ole käyttöäkään, koska konekanta on kehittynyt siihen pisteeseen, että itse kappaletta ei enää tarvitse jigien avulla kääntää tiettyyn kulmaan. Työstökeskuksen akseleita kääntämällä päästään huomattavasti tehokkaammin samaan tulokseen.

Isoimmille jigeille toisaalta ei ole järjestetty hyllytilaa, vaan ne on jouduttu suuren kokonsa vuoksi asettelemaan seinän viereen. Hyllyn sekä jigien läpikäyminen oli oikeastaan yllättävän suuritoinen projekti. Jigejä ei oltu merkitty mitenkään, joten tässä piti käyttää aikaa selvittääkseen voiko jigien hylätä vai tehdäkö sillä vielä jotain. Tässä suurena apuna olivat kokeneemmat koneistajat, joiden muistin varassa käytiin jigejä läpi. Jigihyllyn alkutilanne oli seuraava:



kuva 5. Jigihyllyn lähtötilanne.

Jigejä merkittäessä seuraava mietinnän kohde oli, miten niitä merkitään, koska ensimmäinen ajatus oli käyttää liimattavaa yksilöintitarraa, ongelmaksi koitui kuitenkin se, että liimattava tarra irtoaa hyvin helposti itse jigistä, kun se joutuu kosketuksiin leikkuunes-

teen kanssa. Toinen idea oli kaivertaa työnumerot jigeihin, mutta osa niistä on niin pienikokoisia, että kaiverrettavan tekstin fontti olisi mennyt liian pieneksi ja epäselkeäksi. Paras tapa oli ehdottomasti hankkia jokaiselle pienelle jigille sille sopiva laatikko, johon kirjattiin tunnus. Isommille jigille tehtiin hyllyyn täysin omat paikat ja nämä paikat merkittiin tarrakirjoittimella. Tämä toimenpide nopeutti jigien etsimistä huomattavasti ja tekee työnteosta jatkossakin miellyttävämpää. Isot jigit annettiin olla seinän vieressä johtuen siitä, että hyllytilaa niille oli mahdoton toteuttaa ilman tarvittavien työtilojen supistamista.

Jigien läpikäyminen oli erittäin hidasta, ja työlästä johtuen siitä, että osassa ei ollut mitään merkintää tai merkintä oli heikosti näkyvissä ja jouduttiin henkiökunnan kesken kyselemään muistavatko he mihin sitä käytetään. Jigiin sopivan kappaleen työnnumero jouduttiin siis hakemaan täysin manuaalisesti kaikkien tiedostojen seasta. Sovittiin myös, että ne jigit, joihin ei kohtuullisessa ajassa löytynyt numerointia, jätettiin numeroimatta ja kun normaalisti seuraavan kerran tehdään jigiin sopivaa tuotetta, jigii merkitään silloin, kun sitä käytetään.



kuva 6. Järjestetty jigihylly.

## 5.6 Koneen trimmaus kääntöpäällä ajettaessa

Kinematiikkaa säätämällä saadaan koneesta poistettua mittavirheitä ja tämän tekee yleensä koneistaja itse tai huoltohenkilö. Koneissa, jotka ovat varustettu useammalla kuin kolme akselia, tulee usein ongelmaksi epätarkkuus toleroituissa reissä eripuolilla kappaletta. Erityisesti tarkat 5-akseliset koneet aiheuttavat harmia koneiden käyttäjille niiden geometrinen tarkkuuksien takia. (Edufix Oy 2020.)

Työaikaa menee hukkaan kun yritetään saada kaikki säädettyä kohdalleen tai tulee kappaleen hylkäämiseen johtavia virheitä. Iso osa näistä virheistä pystytään korjaamaan säätämällä geometriaa mekaanisesti. Näin on saavutettavissa jo tarkkuus joka riittää usein 3-akselisessa työstössä. Haasteita alkaa syntymään siinä kohtaa, kun tätä 3-akselista koordinaatistoa aletaan kääntämään tai kiertämään erillaisten pyöröpöytien tai kulmapäiden avulla ja yritetään koneistamaan toleransseiltaan tarkkoja kappaleita. Useasti tämä huomataan kun eri puolille koneistettujen muotojen pitää osua tarkasti toisiinsa. Tässä tulee apuun kinematiikan säätö. (Edufix Oy 2020.)

Yrityksessä siis puhutaan kyseisessä tilanteessa, että konetta pitää trimmata. Aiemmin kyseisen trimmaus on tehty käyttäen hyödyksi kosketusanturia sekä siirtäen nollapistettä. Tapa on toimiva, mutta hieman hankalahko.

Osana opinnäytetyötä otettiin yhteyttä Edufix Oy:n ja keskustelut automaattisen kinematiikan säädön käyttöönotosta aloitettiin. Tarjouksen saatua (Liite 1.) päädyttiin hankkimaan kyseinen järjestelmä. Valitettavasti kinematiikan säädön käyttöönotto saadaan vasta loppu kevästä 2021, joten sen käyttökokemuksista en pystynyt raportoimaan tähän opinnäytetyöhön. Uuden järjestelmän käyttöönottoa odotetaan ja sen toivotaan tuovan luvattuja hyötyjä. Osa tarvittavista osista oli jo yrityksellä (mm. Heidenhain kosketusanturit molempiin koneisiin) ja hankittavaksi jäivät ainoastaan kinematiikan säätöön tarkoitettu nc-ohjelma sekä paikoituskuula.

## 5.7 Ohjelmoinnin aiheuttama koneiden seisominen

Ohjelmoinnin ja koneistuksen sujuvuus ei ole tällä hetkellä täysin optimaalista, koska työt joita tehdään, vaativat yleensä ohjelman muokkaamista jatkuvasti. Työntekijöitä, jotka käyttävät koneita, on tällä hetkellä ainoastaan kolme. Ohjelmoinnista vastaan itse, jolloin teen ohjelmia itselleni sekä toiselle koneelle. Kolmas koneistaja tekee itse ohjelmansa ja ajaa niitä ehtimisensä rajoissa.

Tässä muodostuu suurimmaksi osaksi ongelmaksi henkilöstöpula, koska hyvin harvoin itse esimerkiksi saan koneen käymään itsenäisesti ilman valvontaa, jolloin pystyn keskittymään pelkästään ohjelmointiin. Tämä siis tarkoittaa sitä, kun toisella koneistajalla jolla ei ole kykyä tehdä itselleen ohjelmia tulee ongelmia tai ohjelmaa täytyy muuttaa, oma työni seisoo sen ajan, että saadaan ohjelmat taas kuntoon. Tilannetta helpottaisi

huomattavasti yksi koneen käyttäjä lisää, jolloin esimerkiksi pystyn keskittymään pelkäs-  
tään kahden koneen ohjelmointiin ja lisäksi tukemaan kolmatta konetta.

Koneiden ohjelmointi suoritetaan MasterCam-ohjelmistolla vaativien pinnan muotojen ta-  
kia. Yleisesti järkevintä olisi antaa yhdelle tehtäväksi kaikki ohjelmointityöt, mutta tämä  
vaatisi myös sen, että 3D-tiedostoja saataisiin hyvissä ajoin suunnittelun puolelta ja pys-  
tyisi tekemään ohjelmia puskuriin. Tämä kuitenkin on hyvin harvoin mahdollista. Välillä  
suunnittelussa saatetaan tehdä vielä muutoksia projektin käynnissä ollessakin, jolloin  
kappaleiden muodot eivät enää vastaa ensimmäisiä suunniteltuja kuvia.

## 6 KONEEN TEHOKKUUDEN MITTAAMINEN OEE-LASKENNAN AVULLA

Kun tätä työtä lähdettiin tekemään ja alun perin sen piti keskittyä enimmäkseen juuri OEE-laskentaan. Huomattiin heti alussa, ettei asia ollutkaan niin helposti tehtävissä. Yrityksessä tehdän harvoin sellaisia eriä, jotka soveltuvat juuri kyseiseen mittaustapaan. Kuitenkin opinnäytetyöprosessin aikana yritys sai tehtäväksi sopivan eräkoon yksinkertaista työtä, johon päästiin soveltamaan OEE-laskentaa.

Kyseessä oli siis kooltaan 25mm x 800mm x 1400mm alumiinilevy, joka oli muuten koneistettu valmiiksi muualla. Alumiinilevyyn oli koneistettu kaksi kierrereikää väärään kohtaan ja ne piti koneistaa oikeille kohdille. Oli helppoa arvioida kuinka kauan työn teossa menisi, koska olimme aiemmin tehneet samoja levyjä, kuitenkin hieman pienemmissä erissä.



kuva 7. Levy

## 6.1 Aikataulukutus ja suunnittelu

Aikataulukutus ajoitettiin niin, että pystyttiin seuraamaan kuinka kauan aiemmin aikaa on mennyt ja tästä laskimme koko 96 kappaleen erälle kokonaisläpimenoajan. Ajaksi laskettiin 20 tuntia 48 minuuttia. Kun työ käynnistyi, kävi ilmi, ettei huomioon oltu otettu tilannetta, jossa työ tehdään yhden työntekijän voimin. Aiemmin levyjen teossa paikalla on ollut myös muuta henkilökuntaa, mutta nyt se piti tehdä yhden työntekijän voimin itsenäisesti.

## 6.2 Mittaukset

Levyt saapuivat ja niitä aloitettiin tekemään. Yksi työntekijä oli vain aiemmasta suunnitelmasta poiketen tekemässä työtä ja tiedettiin heti, että laskettuun aikaan ei tulla pääsemään. Koneen tekemä työ itsessään on hyvin nopea toimenpide ja kestää käytännössä hyvin vähän aikaa. Kuormalavojen purkuun, kappaleen asettamiseen ja siirtelyyn kului huomattavasti enemmän aikaa.

Normaalisti työjärjestys olisi tehty niin, että yksi henkilö ajaa työstökoneetta ja toinen avustaa kuormalavojen tuomisella ja viemisellä, mutta tämä ei nyt ollut mahdollista. Heti ensimmäisistä tehdyistä levyistä ei mitattu aikaa, koska työ nopeutuu huomattavasti, kun siihen saa tietyn rutiinin ja se ei olisi antanut realistista kuvaa työn kestosta.

Työssä mitattiin useampaa aikaa sekä vierelle otettiin ruutupaperi, johon kirjattiin kaikki hidastavat tekijät. Mitatut ajat, joita mitattiin olivat koneistusaika, asetus aika ja odottamattomat seisaukset. Koneistusaika käsittää ajan, mikä kuluu siitä, kun painaa työstökoneen start-nappia siihen kunnes ohjelma pysähtyy valmiina. Ajaksi saatiin 3 minuuttia 9 sekuntia.

Asetusaika mitattiin siitä, kun nostaa levyn pois leikkuupöydältä kuormalavalle, toiselta lavalta otetaan uusi levy ja kiinnitetään levy leikkuupöydälle, josta ajaksi muodostui 6 minuuttia 38 sekuntia. Yhteisajaksi siis tulee 9 minuuttia 47 sekuntia. Nämä mittaukset ovat tehty sarjan alkupuoliskolla, jolloin tietty rutiini oli saavutettu, mutta läpimenoaika ei ollut ihan niin nopea kuin viimeisiä eriä tehdessä.

Hidastavia tekijöitä oltiin ennalta aavisteltu olevan ainoastaan wc-käynnit sekä tavaran vastaanotto. Työn aikana koneesta selvisi huoltotarve. Työ oli nyt poikkeuksellinen siinä

mielessä, että normaalisti ei tehdä noin isoa sarjaa, jossa on nopeat ja lyhyet työstövaiheet sekä jatkuvaa työkalunvaihtoa.

Koneen työkalunvaihtaja alkoi aiheuttamaan pysähdyksiä aina, kun koneella ajoi pidemmän aikaa sarjaa, alkoi työkalunvaihto jumittamaan ja tämän kesto oli kymmenistä minuuteista muutamaan minuuttiin. Vian syytä yritettiin selvittää, että miksi kone tekee niin, mutta se ei selvinnyt. Jälkeenpäin kävi ilmi, että raja-anturin välilyönti kuumana kesäpäivänä laajeni eikä tunnistanut enää makasiinin olevan oikeassa positiossa.

### 6.3 Mitatun tiedon analysointi

Mitattua tietoa analysoitiin manuaalisesti. Mittausten jälkeen tulokset kirjattiin käsin tehdyltä paperilta selkeämpään muotoon excel-laskentataulukon KNL-tuloksen saamiseksi. Laskentakaavakkeessa käytettävyyttä laskettiin jakamalla tehollinen tuotantoaika suunnitellulla tuotantoajalla.

Nopeus laskettiin jakamalla toteutunut kappalemäärä tehollisella kappalemäärällä ja tehollinen kappalemäärä laskettiin jakamalla tilattu kokonaismäärä arvioidulla läpimenoajalla ja kertomalla tämä tulos kokonaisajalla. Laatu laskettiin jakamalla toteutunut tuotantomäärä tuotantomäärällä. Kuvassa 7 on esiteltyä laskennassa käytetyt laskukaavat.

Käytettävyyys:	Kuormitusaika- seisokit
	Kuormitusaika
Nopeus:	Toteutunut kappalemäärä
	Tehollinen maksimikappalemäärä
Laatu:	Tuotantomäärä - Hylky
	Tuotantomäärä
KNL:	$\text{käytettävyyys} \times \text{nopeus} \times \text{laatu}$

kuva 8. Laskukaavat KNL-määrittämiseksi

Lopullinen KNL-kerroin saatiin kertomalla käytettävyys, nopeus ja laatu keskenään saaden kokonaistehokkuudeksi 0,688 eli 69% joka on varsin hyvä lukema ottaen huomioon poikkeavan tilanteen.

Käytettävyys:	74520s.-6300s.	=0,91	91 %
	745200s.		
Nopeus:	95kpl.	=0,76	76 %
	125kpl.		
Laatu:	96kpl. - 1kpl.	=0,99	99 %
	96kpl.		
KNL:	käytettävyys x nopeus x laatu	=0,69	69 %

kuva 9. KNL-tulokset

#### 6.4 Merkittävimmät häviöt

Mittaustuloksia analysoidessa huomattiin, että nopeudessa oli eniten häviöitä. Tämä selittyy sillä, että siinä vaikuttavat eniten seisokit, joita ei otettu käytettävyyttä laskiessa huomioon. Näitä seisokkeja olivat koneesta riippumattomat seisaukset, kuten tavarantoimituksen vastaanotto ja lähetys, wc-käynnit ja kuormalavojen vaihtaminen. Tämän pienentämiseksi normaalitilanteessa ei tarvitse tehdä erityisiä järjestelyjä. Henkilökuntaa on normaali määrä paikalla, ja tehtävien jakaminen vähentää yhdelle henkilölle tulevaa kuormaa jolloin koneen käyttäjä pystyy keskittymään vain koneen käyttöön. Taukojen rajoittaminen olisi myös mahdollista, jolloin kone kävisi tauotta.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käytettiin useampaa työkalua selvittämään ja parantamaan työn tehokkuutta Turun Sarjatuote Oy tarpeisiin. Työssä selvitettiin, mitkä tekijät hidastavat tuotantoa. Lisäksi laskettiin yhdelle koneelle sen tehokkuutta KNL-laskennan avulla. Yrityksen tavoitteena on parantaa nykyistä tehokkuutta ja kilpailukykyä markkinoilla.

Työn tavoitteena oli tunnistaa yhteistuumin hidastavat tekijät, keksiä niihin ratkaisu ja dokumentoida sovitut asiat, että jokainen sitoutuu noudattamaan niitä sekä selvittämään KNL-laskennan avulla yhden koneen tehokkuutta. Työn aikana huomattiin yllättävän paljon asioita, joiden muuttamisella oli positiivisia vaikutuksia työn tehokkuuteen.

KNL-luvun määrittämiseen haasteellisimmaksi muodostui se, että sellaista työtä, jossa KNL-laskentaa voidaan käyttää, ei kovin usein ole tarjolla. Tällä kertaa se oli vain yhdelle koneelle. KNL-laskennan tulos ei näin pienellä ja yhdeltä koneelta otettuna ole kovinkaan tarkka, mutta se antaa silti kuvan siitä, mitkä asiat vaativat korjaustoimenpiteitä.

Esille tulevat hidastavat tekijät ja KNL-laskennassa esiin tullut suurin häviö ei ollut kenellekään yllätys, sillä ne olivat hyvin tiedossa jo etukäteen. Esille tulleille hidasteille ei vain ole mietitty ratkaisuja yhdessä aiemmin.

Loppujen lopuksi opinnäytetyö antoi hyvät valmiudet ja näkökulman sille, miten jatkossa kannattaa toimia ja mitä osa-alueita kannattaa kehittää.

## LÄHTEET

Edufix Oy www-sivut 2020. Viitattu 23.11.2020. Saatavissa:<https://www.edufix.fi/www.fi/2015/06/12/saastoa-tyostokoneen-kinematiikan-saadolla/>

Kemmler.de www-sivut. Viitattu 22.11.2020. Saatavissa: <https://www.kemmler-shop.de/en/>

PSK standardiluettelo. PSK Standardi 7501 prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut 2. painos 32 s. 2010

six sigma www-sivut 2020. Viitattu 9.11.2020. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoekalu/>

Talentree www-sivut 2020. Viitattu 20.8.2020. Saatavissa: <https://talentree.fi/konsultointi/mita-on-lean/>

Turun Sarjatuote Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 3.8.2020. Saatavissa: <http://www.turunsarjatuote.fi/>

Villanen 2013. Viitattu 28.8.2020. Saatavissa:[http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf)

# Liitteet

Liite 1. Automaattisen kinematiikan säädön tarjous  
(liitettä ei julkaista salassapitovelvollisuuden takia)

