



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Automatisoidun hiomakoneen tuottavuuden kehittäminen

Joonas Pohtinen

Opinnäytetyö toukokuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Joonas Pohtinen

Nimeke
Automatisoidun hiomakoneen tuottavuuden kehittäminen

Toimeksiantaja
Abloy Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli automatisoidun hiomakoneen tuottavuuden kehittäminen. Tarkoituksena oli parantaa hiomakoneen vuorokohtaista kappaleen tuotantoa. Tavoitteena opinnäytetyössä oli löytää ongelmia hiomakoneelta sekä selvittää, mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu. Lopuksi havaituista ongelmakohtista laadittiin toimenpide-ehdotukset sekä suunnitelmat toimenpide-ehdotusten toteuttamiseksi.

Opinnäytetyön teoriaosio pohjautuu Lean Six Sigma -menetelmään sekä siinä käytettyihin menetelmiin. Toiminnallisessa vaiheessa hiomakoneelta kerättiin mittaustietoja eri Lean Six Sigma -menetelmiä hyödyntäen. Mittaustiedoille suoritettiin analysoinnit ongelmakohtien havaitsemiseksi hyödyntäen erilaisia analyysimenetelmiä.

Opinnäytetyön lopputuloksena hiomakoneelta löydettiin ongelmakohtia, ja löytyneiden ongelmakohtien perusteella laadittiin kolme toimenpide-ehdotusta. Näille kolmelle toimenpide-ehdotukselle tehtiin suunnitelmat niiden toteuttamiseksi. Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta laadittujen toimenpide-ehdotusten parantavan hiomakoneen tuottavuutta.

Kieli
suomi

Sivuja 43
Liitteet 4
Liitesivumäärä 5

Asiasanat
tuottavuus, mittaus, analyysi



THESIS
May 2022
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Joonas Pohtinen

Title
Improving the Productivity of an Automated Grinding Machine

Commissioned by
Abloy Oy

Abstract

The topic of this thesis was the development of the productivity of an automated high precision grinding machine. The focus of this thesis was to improve the daily production volume of the grinding machine. More specifically, the target was to find problems at the grinding machine and to find out where the production time of the grinding machine is spent. Finally, proposals for measures were drawn up on the problem areas and as well as plans for implementing the measures.

The theoretical part of the thesis is based on the Lean Six Sigma method and the methods used in Lean Six Sigma. In the operational phase of the thesis, measurement data was collected from the grinding machine using various Lean Six Sigma methods. The collected measurement data was then analyzed, using various analysis methods, to find problem areas.

As a result of the thesis, problem areas were found in the grinding machine, and three proposals for measures were prepared based on the problem areas found. Plans were drawn up for these three proposals to implement them. Finally, it can be stated that the proposed measures will improve the productivity of the grinding machine.

Language
Finnish

Pages 43
Appendices 4
Pages of Appendices 5

Keywords
productivity, measurement, analysis

Sisältö

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 1.1 | Yritysesittely..... | 7 |
| 1.2 | Opinnäytetyön aikataulu | 7 |
| 2 | Opinnäytetyön tietoperusta | 8 |
| 2.1 | Lean Six Sigman historia | 8 |
| 2.2 | Lean Six Sigma-ajattelun perusteet | 9 |
| 2.3 | Tuottavuus | 11 |
| 2.4 | Virtaus | 11 |
| 2.5 | Hukka | 12 |
| 2.6 | DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä | 13 |
| 2.7 | Kokonaistehokkuus (OEE)..... | 15 |
| 2.8 | Havainnointitutkimus..... | 17 |
| 2.9 | Lean Six Sigma työkalut | 18 |
| 2.9.1 | Varianssi sekä Pareto-analyysit..... | 18 |
| 2.9.2 | Riskianalyysi | 18 |
| 2.9.3 | 5W2H-menetelmä | 19 |
| 2.9.4 | Kysely | 19 |
| 2.9.5 | Mittaaminen | 20 |
| 3 | Opinnäytetyön tekemisen kuvaus | 21 |
| 3.1 | Opinnäytetyössä käytettävät menetelmät | 21 |
| 3.2 | Nykytilan kartoitus..... | 21 |
| 3.2.1 | Tutustuminen hiontaan | 22 |
| 3.2.2 | Prosessikuvaus..... | 22 |
| 3.2.3 | Hiomakoneen kokonaistehokkuus (OEE) | 23 |
| 3.2.4 | Hiomakoneen nykytila..... | 24 |
| 3.3 | Mittausmenetelmät | 24 |
| 3.4 | Mittaustuloksien analysointi | 25 |
| 3.4.1 | Kokonaistehokkuusluku | 26 |
| 3.4.2 | Abloyn oma seurantajärjestelmä..... | 26 |
| 3.4.3 | Häiriöseuranta | 28 |
| 3.4.4 | Kysely | 29 |
| 3.4.5 | Juurisyyanalyysi..... | 30 |
| 3.4.6 | Jaksoaika..... | 31 |
| 3.4.7 | Tasoitustyöstöstä kerätyt mittaustiedot..... | 32 |
| 4 | Tulokset | 35 |
| 4.1 | Kokonaistehokkuusluku | 35 |
| 4.2 | Havaitut ongelmakohdat | 35 |
| 4.2.1 | Käytettävyys | 36 |
| 4.2.2 | Tehokkuus | 36 |
| 4.3 | Riskianalyysi | 37 |
| 5 | Toimenpide-ehdotusten laadinta..... | 38 |
| 6 | Suunnitelma toimenpide-ehdotuksien toteutuksesta..... | 39 |
| 7 | Pohdinta..... | 40 |
| | Lähteet..... | 43 |

Liitteet

| | |
|---------|--|
| Liite 1 | Kokonaistehokkuus luvun seurantataulukko |
| Liite 2 | Häiriöseurantalomake |
| Liite 3 | Kyselylomakkeet |
| Liite 4 | 5W2H -analyysi lomake ja tulokset |

Keskeiset käsitteet

| | |
|-------|--|
| OEE | Overall Equipment Efficiency, tuotantokoneiden kokonaistehokkuus |
| KNL | Kokonaistehokkuus luku, suomennos Overall Equipment Efficiency |
| DMAIC | Define, Measure, Analyse, Improve, Control, (Määritä, mittaa, analysoi, paranna, hallitse) Lean Six sigman ongelmanratkaisumenetelmä |
| FMEA | Failure Mode and Effect Analysis, riskianalyysi |
| 5W2H | Tulee sanoista Why, What, Where, Who, When sekä How ja How Much, juurisyiden etsintä menetelmä |

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on Abloy Oy:n ovensuljintehtaan osavalmistuksen automaattisen hiomakoneen tuottavuuden kehittäminen. Opinnäytetyön lähtökohdaksi on parantaa hiomakoneen vuorokohdaista kappaleen tuotantoa sekä löytää hionnassa esiintyvät ongelmat. Opinnäytetyö nähtiin toimeksiantajan puolesta tarpeellisena, koska katsottiin, ettei hiomakone vastaa tuottavuudeltaan kone-toimittajan antamia arvoja. Opinnäytetyön lähtökohdan ongelmina olikin, ettei hiomakoneella saada tuotettua kone-toimittajan mukaisia määriä kappaleita. Hiomakoneen jaksoaika ei myöskään vastannut kone-toimittajan antamaa jaksoaika.

Tavoitteena työllä on löytää keinoja, joilla hiomakoneen tuottavuutta saataisiin parannettua. Tavoitteisiin kuuluu löytää epäkohtia lähtökohdan ongelmiin sekä selvittää, mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu. Tavoitteena opinnäytetyöllä olisi myös laatia havaituista epäkohdista toimenpide-ehdotukset ja suunnitelmat toimenpide-ehdotusten toteuttamiseksi.

Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan ainoastaan hiomakoneen tuottavuuden parantamisen kehittämistä. Työssä keskityttiin etsimään muutama tuottavuuden ongelma hiomakoneen prosessista sekä linjan toimintatavoista. Viimeiseksi keskityttiin toimenpide-ehdotusten laadintaan löydettyjen ongelmien poistamiseksi. Hiomaproessin kokonaisvaltaisen virtauksen kehittäminen, johon kuuluu muiden prosessien yhteisvaikutus hiontaan sekä kaikista pienempien ongelmien selvittäminen jäävät tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Tutkimusmenetelminä tässä työssä käytettiin Lean Six Sigma -periaatteita sekä siinä käytettäviä työkaluja. Lean Six Sigma -periaatteita hyväksikäyttäen hiomakoneelle tehtiin nykytila-analyysi, suoritettiin mittaukset epäkohtien etsimiseksi ja mittaustiedot analysoitiin Lean Six Sigma työkaluja käyttäen.

1.1 Yritysesittely

Tässä opinnäytetyössä toimeksiantajana toimi Abloy Oy, joka kuuluu Assa Abloy -konserniin. Assa Abloy on maailman johtava kulkuratkaisujen toimittaja, jonka tuotteina ovat maailmanlaajuisesti lukitus- sekä kulunhallintajärjestelmät. Abloy Oy työllistää Suomessa noin 750 henkilöä ja maailmanlaajuisesti noin 250 henkilöä. Abloylla on maailmanlaajuinen noin 90 maata kattava jakeluverkosto. (Abloy Oy 2022a.)

Vuonna 1919 patentoitiin Emil Henrikssonin kiertyvien haittalevyjen periaatteen perustuva keksintö. Samana vuonna perustettiin Helsingissä Ab Låsfabriken – Lukkotehdas Oy lukkojen teollista tuotantoa varten. Vuonna 1968 perustettiin Joensuuun uusi lukkotehdas, joka on tänä päivänäkin tukikohta Abloyn tutkimus- ja kehitystyölle. (Assa Abloy 2022.) Abloyn Joensuun tehtaassa valmistetaan mekaanisia ja sähkömekaanisia avaimia ja ovisylintereitä, sähkölukkoja, mekaanisia lukkorunkoja, teollisuuslukkoja, ovenkahvoja ja -vetimiä, oven-sulkijoita ja automatiikkaa. (Abloy Oy 2022b.)

Abloy Oy on sitoutunut kestävään kehitykseen toiminnassaan. Abloy Oy:n arvoihin kuuluu vastuullisuus, josta esimerkkinä on kestävä kehityksen jatkuva parantaminen. Abloy Oy keskittyy kestävä tulevaisuuden toteuttamiseksi asettamaan vuoteen 2025 asti ulottuvia tieteeseen perustuvia tavoitteita. Kasvihuonekaasujen puolittaminen on asetettu tavoitteeksi vuoteen 2030 mennessä, sekä hiilipäästöttömyyden saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä. (Abloy Oy 2022c.)

1.2 Opinnäytetyön aikataulu

Opinnäytetyö aloitettiin joulukuussa 2021 Abloy Oy toimesta palaverilla, jossa tarkasteltiin oppinäytetyön tarvetta sekä aihetta. Palaverissa käsiteltiin mitä aiheeseen koostuu, sekä mistä aiheesta on kysymys. Tammikuun ensimmäisellä viikolla aihe hyväksyttiin koulun puolesta ja valittiin ohjaaja.

Aloituspalaverien jälkeen tammikuussa aloitettiin opinnäytetyön tietolähteiden kerääminen ja tietoperustaan tutustuminen. Tammi-Helmikuun aikana laadittiin

kirjallisuuskatsaus sekä opinnäytetyön suunnitelma. Helmikuun puolivälissä aloitettiin opinnäytetyön työskentelyvaihe.

Työskentelyvaihe aloitettiin tutustumisella hiomakoneeseen sekä hiontaprosessiin. Tällöin aloitettiin myös tietojen kerääminen hiomakoneelta. Tietojen keräämisvaiheen jälkeen maaliskuun puolessa välissä aloitettiin kerättyjen tietojen analysoiminen.

Huhtikuun alussa aloitettiin kehitysideoiden laadinta, sekä jatketaan kerättyjen tietojen analysointia, tarpeen vaatiessa analyysjä tarkennetaan. Tässä vaiheessa aloitettiin myös opinnäytetyön raportin laatiminen. Huhtikuun puolessa välissä aloitettiin toimenpide-ehdotusten laadinta ja jatketaan raportoinnin tekemistä. Huhtikuun lopussa opinnäytetyön raportti valmistui viimeistely vaihetta ja tulosseminaaria varten. Toukokuun puolivälissä opinnäytetyö oli valmiina loppu-tarkastusta varten.

2 Opinnäytetyön tietoperusta

2.1 Lean Six Sigman historia

Lean Six Sigma on saanut juurensa kahdesta erilaisesta ajattelumallista Leanistä sekä Six Sigmasta. Leanin juuret lähtevät 1950–60-luvuilta, kun tri W. Edwards Deming opetti japanilaisille laadun tekemistä. 1950-luvulla Deming kävi opettamassa lukuisilla luennoilla japanilaisille huippu johtajille sekä insinööreille ensimmäisen systeemin periaatteet ja toisen tarkoituksen optimoinnin. Deming painotti opetuksissaan liiketoiminnan prosessikuvaa, jolla pyritään tyydyttämään asiakkaiden tarpeita. Demingin opetukset tunnetaan länsimaissa Total Quality Managementina (TQM) tai Demingisinä. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 30.)

1960-luvulla Toyota otti käyttöä Demingin opettaman ajatusmallin ja alkoi kehittämään tätä opetusmallia. Tästä syntyi TPS eli Toyota Production System. Toyota onkin yksi ensimmäisistä Lean ajattelun käyttöönottajista omassa tuotannossa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 30.)

Nykypäivään tultaessa Lean on kehittynyt Toyotan TPS:stä lukuisiksi erilaiseksi haaroiksi ja palvelutuotteiksi kuitenkin yhteistä kaikilla on hukka ja sen poistaminen prosesseista. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 34.)

Six Sigma on saanut juurensa vuonna 1924, jolloin tri Walter A. Shewhart loi käsitteet erityisvaihtelu (*engl.* Special Cause Variation) sekä satunnaisvaihtelun (*engl.* Common Cause Variation). Näiden kahden luokan erottelu mahdollisti jatkuvan parantamisen laatutekniikassa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 34–35.)

Six Sigma voidaan katsoa lähteneensä liikkeelle Motorolan tarpeesta kehittää tuotteiden laatua sekä luotettavuutta. 1985 Motorolan insinööri Bill Smith esitti Six Sigman teorian, jolla pyrittiin pysäyttämään Motorolan alamäki. Six Sigma-teoria: ”Jos tuote valmistetaan virhevapaana, se harvoin vioittuu käytön aikaisessa vaiheessa” (Karjalainen & Karjalainen 2020, 37.) Motorola kehitti vuonna 1987 Six Sigma Quality Program ohjelman. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 34–37.)

2000-luvun alkupuolella Lean sekä Six Sigma -ajattelutavat yhdistettiin, jolloin syntyi Lean Six Sigma. Lean Six Sigma on nykypäivänä käytössä kaikilla palvelun- sekä teollisuuden aloilla, ympäri maailmaa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 46–47.)

2.2 Lean Six Sigma-ajattelun perusteet

Lean Six Sigma koostuu kahdesta ajattelutavasta Leanistä sekä Six Sigmasta. Leanissä käsitellään aikaperusteisia jono- tai jaksoaika ongelmia, kun taas Six Sigmassa ominaisuusvaihteluihin liittyviä suorituskykyongelmia.

Lean Six Sigma -ajattelussa yhdistyvät Lean sekä Six Sigma -ajattelutavat. Lean ajattelutavassa viitataan aikavaihteluihin. Ajanhukkien löytämisellä voidaan paljastaa mihin prosessin osaan kuluu eniten aikaa sekä paljastaa prosessit, joissa on heikko ajallinen suorituskyky. Six Sigma ajattelutavassa taas viitataan tuotteen ominaisvaihteluiden määrään. Six Sigmassa pyritään löytämään palveluiden materiaalihukkaa sekä virheitä ja vikoja prosessista. Nämä hukat

vaikuttavat ominaisvaihteluun ja näin ollen vaikuttavat myös aikahukkaan. (Sixsigma 2022.)

Lean Six Sigma kattaa kokonaisuuden. Lean Six Sigma on parannusmenetelmä, jolla pyritään parantamaan suorituskykyä työsuorituksissa sekä prosesseissa. Lean Six Sigman avulla pyritään parantamaan pitkäaikaisia liiketoiminnan ongelmia. Tällä tarkoitetaan kaikkiin tuotteisiin sekä palveluihin kohdistuvia kroonisia ja toistuvia ongelmia. Tämä voidaan kuvata esimerkillä: yrityksessä, jossa ei ole käytössä Lean Six Sigma -menetelmää, suorituskyky on heikko. Esimerkin mukaisessa tapauksessa syntyy paljon viallisia ulostuloja. Yrityksessä, jossa on käytössä Lean Six Sigma -menetelmiä, suorituskykyä saadaan parannettua. Tällöin viallisten ulostulojen määrä pienenee. (Sixsigma 2022.)

Lean Six Sigma -ajattelun pääperiaatteet voidaan kirjata muutamaa keskeiseen kohtaan:

- 1) Keskitytään asiakastyytyvyyteen.
- 2) Parannetaan suorituskykyä.
- 3) Viat ja poikkeamat perustuvat siihen mikä eniten vaikuttaa asiakkaaseen ja niiden yhteisvaikutuksena tuotteen tai palvelun rakenteen kustannuksiin.
- 4) Johdetaan organisaatiota toisiinsa liittyvien prosessien systeeminä.
- 5) Tavoitellaan 0-virhettä.
- 6) Käytetään suurta määrää Lean-työkaluja sekä tilastollisia työkaluja. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 120.)

Lean Six Sigmassa halutaan löytää suorituskyvyn parantamiseksi satunnaisia syitä, jotka poikkeavat normaalista ongelmanratkaisusta ja joissa pyritään löytämään ilmeisiä syitä ongelmiin. Lean Six Sigmassa satunnaisten syiden löytämiseksi käytetään DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää, jossa tavoitteena on löytää ongelmiin juurisyytä. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 120.)

2.3 Tuottavuus

Tuottavuudella tarkoitetaan prosessin inputtien sekä outputtien välistä suhdetta. Prosessien outputeilla tarkoitetaan prosessista saatavia tuotoksia. Inputeilla taas tarkoitetaan niitä tuotoksia, joita tarvitaan prosessin syntymiseksi.

Tuottavuudella pyritään aina mittaamaan prosessin kannattavuutta. Tästä johdun tuottavuus liittyy aina sellaiseen prosessiin, josta saadaan inputeista työtämällä aikaan haluttuja outputteja. (Brax 2007, 4.)

Tuottavuutta ei sidota mihinkään tietynlaiseen mittayksikköön, vaan mittaaminen tapahtuu käyttämällä fysikaalisia yksiköitä sekä kappaleita. Esimerkkejä mittayksiköistä voivat olla raha, työtunnit, henkilöt tai kappaleet. Tuottavuus ei sulje pois kuitenkaan määrällisten mittayksiköiden käyttämistä. Tuottavuuden arvioiminen on mahdollista vain silloin kun vertailukohta on saatavilla. (Brax 2007, 4.)

Tuottavuutta ei pidä sekoittaa tuotannon käsitteen kanssa, vaan tuottavuus on aina suhteellinen käsite. Tuottavuutta voidaan laskea tuotantoprosessien osatuottavuuksien kautta, tällöin tarkastellaan tuottavuutta määrätyn inputin tai outputin kannalta. (Brax 2007, 4.)

2.4 Virtaus

Prosessissa tai yrityksessä virtauksella tarkoitetaan Keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden sekä tiedon kulkua ilman välivarastoja. Virtaus alkaa, kun asiakas tekee tilauksen ja valmistus käynnistyy. Virtaus loppuu, kun tuote on saatu toimitettua asiakkaalle. Täydellisen virtauksen tavoitteena on valmistaa tuotteita pienissä erissä. Tällöin prosessit tulee olla sijoiteltu lähelle toisiinsa. Virtauksen saavuttamiseksi on käytettävä monia erilaisia Lean-työkaluja kuten ennaltaehkäisevää huoltoa, asetusaikeiden lyhentämistä tai laadun ohjauksen menetelmien käyttöä. Toimivalla virtauksella voidaan saada aikaa monia erilaisia hyötyjä yrityksen prosesseihin. (Tuominen 2021, 72–73.)

Toimivalla virtauksella voidaan saavuttaa seuraavanlaisia hyötyjä:

- Kehittää laatua: Työntekijät valmistavat vain yhden kappaleen kerralla ilman vaiheiden välistä välivarastoa, tällöin on helpompi seurata oman työn tulosta. Tällöin virheelliset kappaleet on helppo huomata. (Tuominen 2021, 72–73.)
- Lisää joustavuutta: Lyhyt tuotteen läpimenoaika varmistaa nopeamman toimituksen asiakkaalle. (Tuominen 2021, 72–73.)
- Parantaa tuottavuutta: Hyvin virtaavassa tuotannossa on vähän arvoa tuottamatonta toimintaa, kuten materiaalien siirtelyä tai turhia välivaiheita. Tällöin on helppo määritellä arvoa tuottava toiminta. (Tuominen 2021, 72–73.)
- Vapauttaa lattiatilaa: Vapaata lattiatilaa voidaan käyttää, vaikka kapasiteetin lisäykseen. (Tuominen 2021, 72–73.)
- Parantaa turvallisuutta: Turhat välivaiheet poistuvat, jolloin riski työtapa-turmalle pienenee eikä prosessille synny näin ollen yllätyksiä. (Tuominen 2021, 72–73.)
- Pienentää varastokustannuksia: Pääoma vapautuu investointeihin, kun turhia varastoja ei ole, varastossa olevat tuotteet eivät vanhene. (Tuominen 2021, 72–73.)

2.5 Hukka

Hukka tarkoittaa Leanin mukaan työtä yrityksessä tai prosessissa, jotka eivät tuo asiakkaalle mitään lisäarvoa vaan lisäävät kustannuksia. Lean -ajatusmalli pyrkii poistamaan hukat prosessin lisäarvon kasvattamiseksi. Tyypillisesti prosesseissa 90 % on hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä. Leanissa hukat lajitellaan seitsemään eri hukkaan. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)

Hukan seitsemän eri muotoa ovat:

- Ylituotanto: Tuotteita tuotetaan varastoon jo valmiiksi odottamaan eikä tuotteita tuoteta pienissä erissä tai tilauksien mukaan. Ylituotanto tuottaa muita hukkia. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
- Odottaminen: Kaikki toiminta prosessissa, jotka vievät turhaa aikaa tuotannolta. esimerkiksi odotetaan koneen suorituksen päättymistä tai kone odottaa, että henkilö tekee tarpeelliset toimenpiteet koneelle. Odotusta

- syntyy, kun työvaiheita ei ole suunniteltu tarpeeksi sujuviksi. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
- Materiaalien siirto: Osien, materiaalien sekä komponenttien siirtelyt lisäävät virheiden määrää, sekä kasvattavat resurssien määrää. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
 - Ylimääräinen tekeminen: Ylimääräistä on kaikki sellainen tekeminen, jotka ovat prosessissa tarpeettomia. Esimerkiksi työstäminen, kiillottaminen tai muu ylimääräinen tekeminen. Näistä asiakas ei ole kiinnostunut eikä valmis maksamaan. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
 - Varastointi: Raaka-aineiden, komponenttien, osien sekä tuotteiden ylimääräistä varastointia, jotka eivät tuota prosessissa lisäarvoa. Lean ajattelu pyrkii pitämään varastot pieninä, jolloin kustannukset saadaan pidettyä alhaisina. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
 - Turhat liikkeet: Kaikki turhat liikkeet prosessissa, jotka lisäävät tuotteen läpimeno aikaa. Esimerkiksi turhat vaiheet tai liikkeet koneen prosessissa. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)
 - Virhekustannukset: Syntyvät virheistä, virheellisten tuotteiden tarkastamisesta, lajittelusta, sekä korjaamisesta. Nämä aiheuttavat turhaa tekemistä prosessissa. (Bicheno & Holweg 2016, 18–22.)

2.6 DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä

DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä koostuu viidestä vaiheesta, jotka ovat:

- Define-määrittely.
- Measure-mittaus.
- Analyse-analysointi.
- Improve-parannus.
- Control-ohjaus. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 216–219.)

DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmällä pyritään faktan siasta erilaisten työkalujen avulla, joita on käytössä yli viisikymmentä erilaista löytämään ideoita, joilla parannus toteutetaan. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 216–219.)

DMAIC-menetelmässä käytetään poissulku tekniikkaa, jossa lähdetään ideoi-
maan suurta joukkoa tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa prosessin ulostuloon. Näitä
tekijöitä ideoinnissa voi syntyä 1000 kappaletta. Myöhemmissä vaiheissa tekijöi-
den joukkoa pyritään pienentämään, jolloin päästään käsiksi muutamaan teki-
jään, jotka vaikuttavat eniten prosessin ulostuloon. Tekijät, jotka liittyvät proses-
siin voivat olla komponentteja, prosessivaiheita, ihmisiä, materiaaleja tai työvai-
heita. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 216–219.)

Määrittelyvaiheessa määritellään projektin kohde ja ongelma. Kohde ja ongelma
valitaan parannus tarpeen mukaan. Määrittelyvaiheen keskeisimpiä ulostuloja
ovat:

- projektin asettamisasiakirjan määrittäminen.
- projektiryhmän määrittäminen.
- projektin rajojen määrittäminen.
- projektisuunnitelman määrittäminen.
- aikataulutuksen määrittäminen.
- liiketoiminnan vaikutuksien määrittäminen. (Karjalainen & Karjalainen
2020, 227–243.)

Määrittelyvaiheen keskeisiä työkaluja ovat: Six Sigma mittarit, SIPOC-kaaviot,
taloudelliset tuottolaskelmat sekä pareto analyysit. (Karjalainen & Karjalainen
2020, 227–243.)

Mittausvaiheessa määritellään, mitä mitataan ja millaista mittadataa halutaan
projektista. Näiden lisäksi määritellään, mitä mittausmenetelmiä käytetään. Mit-
tausvaiheesta lopputuloksina saadaan prosessin tämänhetkinen suorituskyky
sekä arvioita parannuskohteista. Työkaluina ovat, 7 laadun työkalua, luotettava
mittausprosessi (MSA), FMEA riskianalyysi tai Gage R&R tutkimus. (Karjalainen
& Karjalainen 2020, 245–280.)

Analyysivaiheessa kerätystä datasta saadaan teorioita sekä ideoita ongelmien
juurisyihin. Lopputuotoksena analyysistä saadaan keskeiset juurisyöt ongelmiin
ja pystytään kehittämään ongelmille ratkaisuja. Analyysivaiheessa on syytä
miettiä vielä ongelmien rajausta tai jakamista useaksi osa ongelmaksi. Juurisyö
rakenteiden löytämiseksi voidaan käyttää joko prosessi- tai datalähestymistä-
paa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 281.)

Parannusvaiheen tavoitteena on löytää ratkaisuja analyysivaiheessa havaittuihin ongelmiin. Parannusvaiheessa määritetään syy-seuraussuhteet, jotta prosessin suoritusarvoa voidaan ennustaa, parantaa sekä optimoida. Parannusvaiheen keskeisimpiä työvaiheita on koesuunnittelun tekeminen, jossa tavoitteena on testata kehitettyjä parannusmenetelmiä oikean lopputuloksen saamiseksi. Koesuunnittelua kutsutaan DoE:ksi (*engl.* Design of Experiments). (Karjalainen & Karjalainen 2020, 294–295.)

Ohjausvaiheessa projekti viimeistellään. Projektiin määritellään ohjausprosessi, jolla varmistetaan, että operatiiviset avainprosessit ovat vakaita sekä stabiileja. Tehdään ohjaussuunnitelma, jonka tarkoituksena on ylläpitää kehitettyjä ratkaisuja sekä auttaa ohjaamaan ja valvomaan prosessia tai tuotevaihtelua kaikilta tasoilta. Parannuskohteen tulokset arvioidaan käyttämällä esimerkiksi XY-matriisia sekä standardisoidaan parannuskohteet. Ohjausprosessin tavoitteena on varmistaa pitkän ajan suorituskyky prosessille. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 312–319.)

2.7 Kokonaistehokkuus (OEE)

Virtaavan tuotannon edellytyksenä on työn, materiaalien, tilan tai toimitusajan tuhlauksen vähentäminen tarpeeksi. OEE (*engl.* Overall Equipment Efficiency) eli tuotantokoneiden kokonaistehokkuus (KNL) on tapa, jolla voidaan kertoa tuotantokoneen tehokkuus nykyhetkellä sekä saada esille kaikki tuhlauksen lajit. (Virtanen 2013, 1.)

Kokonaistehokkuus jaetaan kolmeen osioon, koneen käytettävyyteen, tehokkuuteen sekä laatuun. Näille kolmelle osiolle on määritelty tekijät, joista saadaan arvo jokaiselle osiolle. Käytettävyyden tekijöitä ovat: koneen kuormitus aika sekä seisokit. Tehokkuuden tekijöitä ovat: ihanne kappale aika, -määrä sekä nimellistuotanto. Laadun tekijöitä ovat: tuotantomäärä sekä hylty. (Virtanen 2013, 1.)

Käytettävyyden, tehokkuuden sekä laadun tekijöistä saadaan laskemalla arvot, joita käytetään kokonaistehokkuuden laskemiseen. Kuvassa 1 nähdään myös osatekijöiden laskukaavat.



Kuva 1. Kokonaistehokkuuden osat sekä niiden tekijät (Virtanen 2013, 1.)

Kokonaistehokkuuden saamiseksi täytyy käytettävyys, tehokkuus sekä laatu, kertoa tekijöistä lasketuilla arvoilla. (Kuva 2.)

$$\text{Käytettävyys } K \times \text{Tehokkuus } N \times \text{Laatu } L = K * N * L$$

Kuva 2. Kokonaistehokkuuden laskeminen (Virtanen 2013, 1.)

Esimerkiksi jos tekijöistä saadaan käytettävyyden arvoksi 80 %, tehokkuuden arvoksi 80 % sekä laadun arvoksi 70 %, kertomalla nämä luvut saadaan kokonaistehokkuudeksi $0,80 \times 0,80 \times 0,70 = 0,45$ eli 45 %. Arvo kertoo sen, että kone tuottaa kappaleita 45 % verran suhteessa suunniteltuun tuotantoaikaan. (Virtanen 2013, 2.)

Yli 80 % kokonaistehokkuus on huippuluokkaa ja tähän päästään, jos tuotantolinjalla on tehokkaasti vuorotetut tauot, huollot sekä korjaukset ja asetukset eivät vie kauan aikaa. (Virtanen 2013, 3.)

Kokonaistehokkuuden laskemiseen tarvitaan kerättyä tietoa tietyltä ajalta. Kerättyä tietoa voivat olla työaika, seisokit, tuotettu kappalemäärä tai hylkyyn menneet kappaleet. (Virtanen 2013, 3.)

2.8 Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimuksen tarkoituksena on saada tietoa siitä toimivatko ihmiset tai esimerkiksi koneet juuri sillä tavalla kuin heitä on ohjeistettu tai koneiden tapauksessa, kuinka ne on ohjelmoitu toimimaan. Tieteellisessä havainnoinnissa systemaattisella tarkkailulla saadaan kerättyä tarkkailtavasta kohteesta välitöntä sekä suoraa informaatiota. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Havainnointia voidaan käyttää menetelmänä, kun halutaan saada tietoa kerättyä nopeasti muuttuvista tilanteista tai sellaisista tilanteista, joita on vaikea ennakoida. Havainnointi voidaan jakaa kahteen toimintatapaan, osallistuvaan havainnointiin, jossa havainnoija on osana esimerkiksi prosessia tai ei-osallistuvaan, jossa havainnoija pysyy taka-alalla havainnoijan roolissa. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Havainnointi menetelmänä voi olla myös ongelmallista. Kerätty tieto ei välttämättä ole tarkkaa tai kerättyihin tietoihin voi tulla vääristymiä. Vääristymät voivat johtua siitä, että havainnoija saattaa häiritä tutkittavaa tilannetta tai ihmisten käytös voi muuttua silloin kun havainnoija on läsnä. Myös ongelmana voi olla havainnoijan emotionaalisuus, jolloin havainnoija voi vääristää kerättyjä tietoja itse tiedostamatta sitä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Havainnoinnin tekemisen tueksi on nykyaikana tullut erilaisia tietokoneohjelmia, joilla kerättyä tietoa on helppo analysoida sekä esimerkiksi videokamera voi helpottaa havainnoitujen asioiden muistamista. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

2.9 Lean Six Sigma työkalut

2.9.1 Varianssi sekä Pareto-analyysit

Varianssi analyysillä eli anovalla tarkoitetaan analyysiä, jossa tarkastellaan eroavatko kahden eri mittausjoukon keskiarvot merkittävästi toisistaan. Yksinkertaisin varianssi analyysi on yksisuuntainen varianssi analyysi (*engl.* one-way anova) Yksinkertaisessa varianssi analyysissä tarkastellaan välimatka- tai suhdelukuasteikon muuttujia. Tässä varianssi analyysissä on yksi selitettävä muuttuja sekä mittaustaso on joko luokittelu- tai järjestelyasteikko. (KvantiMOTV 2002.)

Pareto-periaatteella tarkoitetaan yksinkertaistettuna että 80 % seurauksista johdetaan 20 prosentista syistä. Esimerkiksi kone tuottaa 80 % virheellisiä kappaleita. Kappaleiden virheiden syyt löytyvät tällöin 20 % koneen häiriöistä. (Loihde analytics 2022.)

2.9.2 Riskianalyysi

Riskianalyysillä eli Failure Mode and Effect Analysis analyysillä (FMEA) on tarkoitus löytää prosessista ne kohdat, jotka todennäköisemmin vikaantuvat. FMEA analyysin avulla on tarkoitus ennaltaehkäistä näitä vikaantumisia. FMEA analyysin avulla voidaan myös saada kuva siitä miten laajat vikaantumisien vaikutukset ovat muihin prosessien osiin. FMEA analyysi auttaa löytämään ratkaisut vikaantumisiin, jotta ne voidaan korjata tai poistaa kokonaan. (Kankaanranta 2015.)

FMEA prosessi aloitetaan selvittämällä oireita, jotka aiheuttavat vikatiloja. Oireiden selvittämisen jälkeen siirrytään oireiden aiheuttamien vikatilojen havainnointiin ja lopuksi selvitetään vikatilojen juurisyitä. FMEA analyysissä voidaan käyttää hyväksi taulukkoa, johon merkataan vikatilat sekä niiden oireet. Nämä pisteytetään sen mukaan, miten kriittiseksi vikatiloja voidaan pitää esimerkiksi koneen toiminnan kannalta. (Kankaanranta 2015.)

2.9.3 5W2H-menetelmä

5W2H-menetelmällä pyritään löytämään ongelmiin juurisyitä tai parannus ideoita. Menetelmän ideana on kysyä täsmällisiä kysymyksiä liittyen ongelmiin, jolloin pystytään huomioimaan kaikki näkökulmat ongelman syistä ja lopuksi pääsemään ongelman tai oireiden juurisyihin. Nimi 5W2H tulee sanoista Why, What, Where, Who, When sekä How ja How Much. Menetelmässä vastataan näihin seitsemään kysymykseen ja asiaa tarkastellaan näiden seitsemän näkökulman kautta. Kysymykset kysytään edellä mainitussa järjestyksessä ja jokaisen kysymyksen jälkeen pyritään analysoimaan vastaus ja pääsemään käsiksi ongelman juurisyihin. (Piirainen 2013.)

Tyypillisesti ongelmanratkaisussa hypätään suoraan ideoimaan ratkaisuja ennen kuin on saatu tietoon ongelmien lähtökohtia. 5W2H – menetelmällä päästään käsiksi ongelman lähteisiin huomioimalla kaikki näkökulmat ongelmasta, jolloin mitään oiretta ei jää huomioimatta. Menetelmällä saadaan selkeä kuva ongelmasta ja syitä voidaan helposti rajata. (Piirainen 2013.)

2.9.4 Kysely

Kyselytutkimus menetelmänä on helppo sekä tehokas tapa kerätä laajasti tietoa suoraan käyttäjiltä tutkittavasta aiheesta. Kyselytutkimus voidaan toteuttaa kirjallisena, puhelimesta tai kasvokkain. Kirjallisessa toteutuksessa tutkimuksen tekijä laatii joko paperille tai verkkoon kyselyn johon käyttäjät itse vastaavat. Puhelussa tai kasvokkain käytävässä kyselyssä tutkimuksen tekijä kysyy kysymykset ja kirjaa itse vastaukset. (Oppariapu 2022.)

Kyselytutkimusta tehtäessä on tutkimuksen tekijän otettava selvää tutkimusta koskevasta aiheesta, jotta tutkija osaa kohdentaa kysymykset oikeisiin asioihin ja jotta kysymykset olisivat riittävän laajoja. Kysymykset on laadittava siten, että käyttäjää ei johdatella kysymyksillä sekä kysymysten tulee olla tarpeeksi kohdennettuja, jotta kyselystä olisi hyötyä tutkimukselle. (Oppariapu 2022.)

Kyselytutkimukseen virheitä tuovat seikat ovat kyselyllä saadun tiedon pinnallisuus, myöskin vastaajat voivat olla epätarkkoja kyselyä täytettäessä tai

vastaajat voivat kyllästyä kyselyyn. Tästä voi johtua kyselyllä kerättyjen tietojen epätarkkuus sekä paikkaansa pitämättömyys. (Oppariapu 2022.)

2.9.5 Mittaaminen

Mittaamisen tavoitteena on saada tietoa prosessien tehokkuudesta, laadusta sekä hukkien esiintymisistä. Mittaamisella on kolme selkeää tavoitetta, jotka ovat:

- selkeiden tavoitteiden asettaminen.
- ongelmien ja poikkeamien havainnointi.
- kehitystoimenpiteiden seuranta. (Kouri 2010, 28–29.)

Ongelmien ja poikkeamien nopea havainnointi on tärkeää, jotta ongelmiin voitaisiin puuttua mahdollisimman nopeasti varhaisessa vaiheessa. Kehitystoimenpiteiden seurannalla varmistetaan toimenpiteiden oikeellisuus. Kokonaisvaltaisesti mittaamisen tavoitteena on parantaa ymmärrystä prosessin toiminnasta. Tehokkaassa mittauksessa mittarit ovat yksinkertaisia selkeitä sekä mittareina on käytössä muutama mittausmenetelmä. Tämä mahdollistaa tehokkaan ja selkeän kuvan saamisen mitattavasta prosessista. Tärkeimpiä mittauskohteita ovat tuottavuus, laatu, läpäisy aika, keskeneräinen tuotanto sekä hukat. (Kouri 2010, 28–29.)

Mittareita pyritään päivittämään tiheästi, jotta saadaan selkeä kuva prosessista sekä päästäisiin käsiksi nopeasti havaittuihin ongelmiin. Esimerkiksi tuotantomääriä voidaan päivittää taululle useasti päivässä ja jos tuotantomääristä jäädään jälkeen päästään nopeasti selvittämään mistä ongelma johtuu. (Kouri 2010, 28–29.)

3 Opinnäytetyön tekemisen kuvaus

3.1 Opinnäytetyössä käytettävät menetelmät

Tässä opinnäytetyössä käytettiin toiminnallisen opinnäytetyön menetelmiä sekä työskentelytapoja. Työn tietoperustan lähteinä on käytetty kirjallisuutta sekä verkkosivuja, jotka käsittelevät Lean Six Sigma toimintatapoja sekä -menetelmiä.

Työskentelyvaiheen aloittamiseksi tutustuttiin aihetta käsittelevään kirjallisuuteen, jolloin saatiin käsitys siitä millainen teoreettinen pohja aiheella, on ja ymmärrys siitä mitä ollaan tekemässä. Työn kohteesta eli hiomakoneesta täytyi saada kattavat tiedot koneen nykytilasta, jolloin saatiin käsitys siitä mihin asioihin on keskityttävät tavoitteisiin pääsemiseksi. Hiomakoneelta kerättiin tietoja seuraamalla, havaintoja ylös kirjaamalla sekä käyttämällä mittaustyönkaluja, joita Abloylla on käytössä. Näillä tietojen keräysmenetelmillä suoritettiin nykytilankartoitus. Mittaustietojen analysoinnissa käytettiin apuna minitab-ohjelmistoa.

Tavoitteisiin pääsemiseksi hiomakonetta seurattiin käymällä paikan päällä seuraamassa koneen käyttöä. Seurantakäynneillä kerättiin tietoja ongelmien löytämiseksi. Tietoa kerättiin pääsääntöisesti käyttämällä erilaisia seurantalomakkeita, haastatteleamalla koneen operaattoreita, havainnoimalla linjan toimintatapoja ja koneen toimintaa sekä käyttämällä Abloyn omia seuranta järjestelmiä. Havainnoista kirjattiin muistiinpanoja seurantakäyntien yhteydessä ja seurantakäyntejä suoritettiin vähintään kerran viikossa. Opinnäytetyön tietojen keräysmenetelminä käytettiin pääsääntöisesti Lean Six Sigman mukaisia menetelmiä ja analysoinnit suoritettiin Lean Six Sigma työkaluja hyväksikäyttäen.

3.2 Nykytilan kartoitus

Nykytilakartoituksen tarkoituksena oli selvittää hiomakoneen lähtötilanne ja erottaa asioiden painopisteet, mihin asiaan keskityttiin enemmän ja mikä ei ole opinnäytetyön kannalta oleellista. Painopiste kohdiksi valittiin hiontaprosessissa ne kohdat, jotka ovat hiomakoneen tuottavuuden kannalta kriittisimmät eli tässä

tapauksessa ne kohdat, joihin kuuluu tuotantoajasta eniten aikaa. Lähtötilanteen kuvan saamiseksi täytyi koneesta kerätä mittaustietoja, kuten tuotantomääriä, häiriöitä sekä seisokkeja. Mittaustiedot kerättiin nykytilakartoitukseen yrityksen omasta järjestelmästä. Näistä mittaustuloksista saatiin selvitettyä kokonaistehokkuus luku. Kokonaistehokkuus lukua analysoimalla saatiin hyvä kuva siitä, mihin asioihin tulisi hiomakoneella keskittyä, sekä pystyttiin aloittamaan syventyminen kokonaistehokkuus luvussa havaittuihin epäkohtiin.

3.2.1 Tutustuminen hiontaan

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin tutustamalla aluksi hiontaprosessiin sekä toimintatapoihin, joita hionnan operaattoreilla on. Hionnasta tehtiin muistiinpanoja sekä havainnoitiin mitä hionnassa tapahtuu. Hiontaprosessista laadittiin prosessikuvaus tutustumisen aikana. Tämä oli tärkeä osa opinnäytetyötä, koska tutustumisella saatiin selkeä kuva hiontaprosessista sekä ymmärrys mitä hionnassa tapahtuu ja miksi näin tapahtuu.

3.2.2 Prosessikuvaus

Hiomakone koostuu kolmesta osiosta, itse hionnasta, mittauspisteestä sekä pesukoneesta. Operaattori asettaa hiomattomat kappaleet kuljettimelle, josta kappaleet kulkevat aluksi kuljetinta pitkin manipulaattorin hakupaikalle. Hakupaikalle siirtyy kerrallaan kolme hiomatonta kappaletta.

Manipulaattori käy hakemassa kolme hiomatonta kappaletta hakupaikalta ja siirtää nämä hiontapaikalle. Hiontapaikalle siirron jälkeen hiomakone aloittaa hiontaprosessin. Hiontaprosessin jälkeen manipulaattori käy hakemassa hiotut kappaleet ja vie samalla hiontapaikalle uudet hiomattomat kappaleet. Manipulaattori jättää kappaleet mittauspisteelle, jossa kappaleet mitataan. Mittauksen jälkeen kone hylkää toleranssirajan ylittäneet kappaleet tai päästää eteenpäin toleranssirajalla olevat kappaleet. Viimeisenä vaiheena kappaleet menevät pesukoneen läpi, jossa ne puhdistetaan epäpuhtauksista.

3.2.3 Hiomakoneen kokonaistehokkuus (OEE)

Hiomakoneen kokonaistehokkuuden laskemiseksi kerättiin tuotantoajasta tarvittavat tiedot Abloyn omasta seurantajärjestelmästä. Seurantajärjestelmästä kerättiin tiedot halutulta ajanjaksolta koneen seisokeista sekä häiriöistä, myöskin tuotantomäärät sekä kappaleiden hylkäykset kerättiin kokonaistehokkuuden laskemiseksi. Tietoja kerättiin neljän päivän ajalta.

Kokonaistehokkuuden luvun saamiseksi laskettiin aluksi koneen käytettävyys, tehokkuus sekä laatuarvot. Tiedot laskuihin saatiin kerätyistä tiedoista.

$$\text{Käytettävyys} = \frac{(\text{Kuormitusaika} - \text{Seisokit})}{\text{Kuormitusaika}} = 0,59$$

missä kuormitusaika = työvuoron kesto miinustettuna tauot

seisokit = pienet konerikot tai pysähdyksissä oleva kone

$$\text{Tehokkuus} = \frac{\text{Ihanne kpl} - \text{aika} * \text{kpl määrä}}{\text{Nimellistuotanto}} = 0,56$$

missä Ihanne kpl-aika = kappaleen jaksoaika

kpl määrä = työvuorossa tuotettujen kappaleiden määrä

nimellistuotanto = kuormitusajasta miinustetaan seisokit

$$\text{Laatu} = \frac{(\text{Tuotantomäärä} - \text{Hyllyt})}{\text{Tuotantomäärä}} = 0,98$$

missä tuotantomäärä = työvuorossa tuotettujen kappaleiden määrä

hyllyt = vialliset tuotteet

Seuraavaksi kerrottiin kokonaistehokkuuden tekijöiden luvut. Vastaukseksi saatiin kokonaistehokkuusluku prosentteina.

$$\text{Kokonaistehokkuus} = 59 \% \times 56 \% \times 98 \% = 32 \%$$

Vastaukseksi saatiin hiomakoneen kokonaistehokkuudeksi 32 %, joka on varsin huono luku tälle koneelle.

3.2.4 Hiomakoneen nykytila

Hiomakoneesta kerättiin mittaustietoja neljän päivän ajalta, 10.2, 14–16.2. Mittaustietoina kerättiin Abloyn omasta seuranta ohjelmasta koneelta häiriöitä, seisokkeja sekä tuotantomääriä. Näistä mittaustiedoista saatiin laskettua hiomakoneen kokonaistehokkuus, jonka avulla saatiin käsitys koneen nykytilasta, sekä voitiin aloittaa ongelmien rajaaminen. Kokonaistehokkuus luku antoi myös käsityksen mihin pääpainopisteisiin koneessa täytyisi keskittyä ja mistä tuottavuuden ongelmia pystyttiin lähteä ratkomaan. Myös tutustuminen hiontaan antoi selkeän kuvan hiomakoneen nykytilasta. Tutustumisessa saatiin kuva mitä koneella tapahtuu ja millaisia ongelmia koneessa mahdollisesti esiintyy.

Hiomakoneen kokonaistehokkuus luku on 32 %, tämä luku on varsin huono koska virtaavan sekä pienihäiriöisen tuotantoprosessin kokonaistehokkuus on lähelle 80 %. Käytettävyyden lukuarvo on 59 % sekä tehokkuuden 56 %, lähtökohdaksi näistä tiedoista saatiin hiomakoneen pääpainopisteiksi tehokkuus sekä käytettävyys.

Yhteenvedona nykytilan kartoituksesta selviää, että hiomakoneen tehokkuus sekä tuotantomäärät eivät vastaa tavoiteltuja arvoja. Kokonaistehokkuuden osalta tavoitteesta jäädään 48 %, tavoitteen ollessa 80 %.

3.3 Mittausmenetelmät

Hiomakoneesta kerättiin eri mittausmenetelmillä tietoja hiomakoneen ongelmien selvittämiseksi sekä tuottavuuden parantamiseksi. Mittausmenetelminä käytettiin häiriöidenseuranta lomaketta, kyselyä operaattoreilta, havainnointia

hiomakoneen toiminnasta, kokonaistehokkuusluvun seurantataulukkoa sekä nykyisiä tasoitustyöstö- ja jaksoaikoja. Tietojen keräämisessä käytettiin myös Abloyn omia seurantajärjestelmiä.

Häiriöseuranta lomakkeeseen kerättiin hiomakoneen häiriöt, niiden kestot, sekä missä häiriöt ovat esiintyneet. Häiriöseuranta suoritettiin tietyltä ajanjaksolta. Häiriöseurannan ajatuksena oli löytää aikaa vievimmat ongelmat koneesta.

Kyselyllä selvitettiin häiriöseurannan jälkeen itse koneen operaattoreilta, missä hiomakoneen osassa on eniten ongelmia. Kyselyllä oli tarkoituksena saada laajempi kuva häiriöseurannassa ilmenneisiin ongelmakohtiin. Kysely suoritettiin haastattelemalla operaattoreita.

Kokonaistehokkuusluvun seurantataulukkoon kirjattiin tuotettujen kappaleiden määrät sekä seisokkajat, ja niistä saatiin tarvittavat tiedot hiomakoneen kokonaistehokkuusluvun laskemiseksi, tällä kartoitettiin koneen nykytilaa. Seurannasta selvisi pääpainopisteet, joihin hiomakoneella ryhdyttiin keskittymään. Tiedot Kokonaistehokkuusluvun seurantaan otettiin Abloyn omasta hiomakoneen seurantajärjestelmästä. Tuotantomäärät saatiin Abloyn henkilökunnalta.

Koneen toimittajalta saatiin tietoa siitä, mitkä ovat koneen tasoitustyöstönsuosittusajat, tällä päästiin käsiksi siihen, miten tasoitustyöstönaikoja voitiin muuttaa ja nähtiin vievätkö ne liikaa tuotantoaika.

Abloyn omista seurantajärjestelmistä saatiin tarkempaa tietoa koneen käynnissä oloajasta, häiriöistä sekä seisokeista, näillä saatiin selvitettyä mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu. Tätä käytettiin häiriöseurannan tukena häiriöseurannan mahdollisen epäluotettavuuden minimoimiseksi. Seurantajärjestelmästä kerätyistä tiedoista laskettiin hiomakoneen kokonaistehokkuusluku.

3.4 Mittaustuloksien analysointi

Mittaustietojen keräyksen jälkeen kerätyt tiedot koottiin yhteen ja tiedoille suoritettiin analyysjä ongelmien selvittämiseksi. Analysoinnilla pyrittiin vastaamaan kysymykseen siitä, mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu, sekä suorittamaan

kehitysideoita analysoitujen tietojen perusteella. Suurin osa kerätyistä tiedoista käsiteltiin minitab-ohjelmalla.

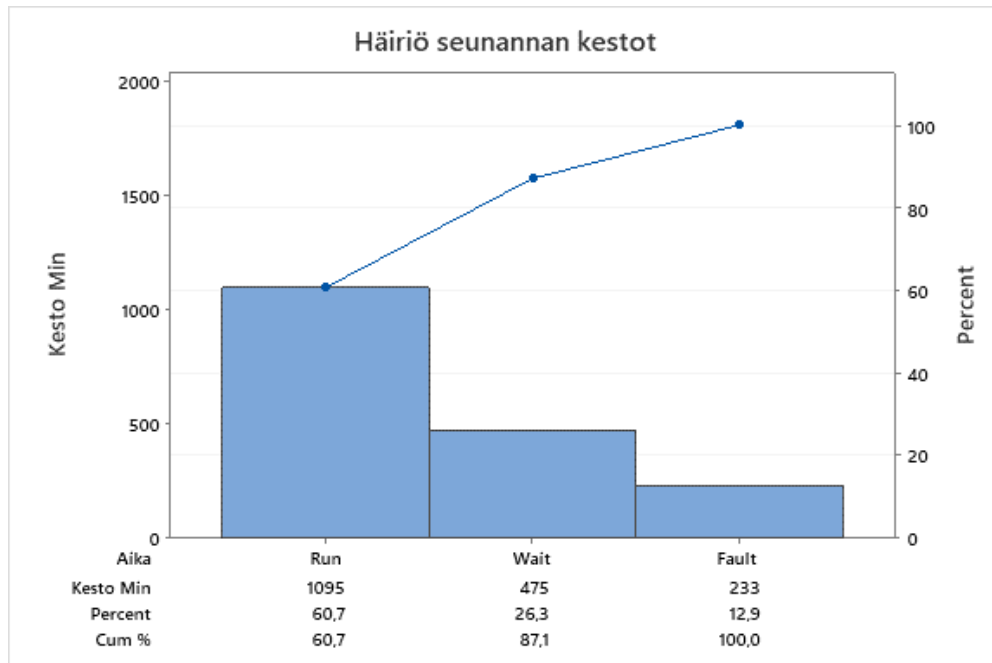
3.4.1 Kokonaistehokkuusluku

Nykytila kartoituksesta selvisi, että hiomakoneen tuottavuuden kehittämisen pääpainopisteeksi täytyi ottaa käytettävyys sekä tehokkuus. Käytettävyyden osatekijä ottaa huomioon konerikot, jotka ovat kestoltaan alle 10 minuuttia. Tehokkuuden osatekijä ottaa taas huomioon lyhyet seisokit sekä nopeushäviöt. (Virtanen 2013, 1.)

Näistä syistä kokonaistehokkuuden osatekijöistä valittiin painopisteeksi tarkemman tarkastelun kohteeksi: käytettävyys sekä tehokkuus. Myöskin Abloyn omasta ohjelmasta kerätyistä tiedoista saatiin selville, että hiomakoneen keskimääräinen seisokkiaika seurantajakson aikana on 177 minuuttia. Tämä tieto tukee pääpainopisteen valitsemista, koska Abloyn omasta ohjelmasta kerätyistä tiedoista selviää, että suurimmat ongelmat hiomakoneella ovat seisokit. Näistä osatekijöistä selvitettiin häiriöseurannan sekä kyselyn avulla, mitkä ovat koneen suurimmat ongelmakohdat, sekä missä esiintyi nopeushävikkejä.

3.4.2 Abloyn oma seurantajärjestelmä

Abloyn omasta seurantajärjestelmästä kerättiin mittaustietoja hiomakoneen häiriöistä, seisokeista sekä käynnissäoloajasta työvuoron aikana. Mittaustiedot näkyvät järjestelmässä koneen käynnissä oloaikana, odotusaikana sekä häiriöaikana. Järjestelmästä saatiin selkeä kuva siitä, kuinka paljon hiomakone on ollut käynnissä työvuoron aikana ja kuinka paljon häiriöitä sekä seisokkeja työvuoron aikana on esiintynyt. Mittaustiedot kerättiin samalta neljän päivän ajanjaksolta kuin nykytilakartoituksessa. Seurantaohjelmasta kerätyistä tiedoista tehtiin Pareto-analyysi, jossa tarkasteltiin, miten hiomakoneen työaika jakautuu kolmen eri tekijän välille. Tekijät ovat run eli käynnissä oloaika, wait eli koneen odotusaika sekä fault eli häiriössä oloaika (Kuva 3).



Kuva 2. Pareto-analyysi hiomakoneella käytetystä ajasta

Neljän päivän mittausajanjaksoilla hiomakone oli käynnissä 1095 minuuttia, odotustilassa 475 minuuttia sekä häiriöissä 233 minuuttia. Pareto-analyysistä pystyttiin huomaamaan hiomakoneen odotusajan olevan mittausjakson aikana noin puolet käynnissä oloajasta. Hiomakoneen odotusaika syntyi koneen pysäytyksistä työvuoron aikana. Seuraamalla hiomakoneen toimintaa, sekä kyselemällä asiasta operaattoreilta, selvitettiin mistä syistä hiomakonetta sammutetaan työvuoron aikana. Syitä pysäytyksille olivat:

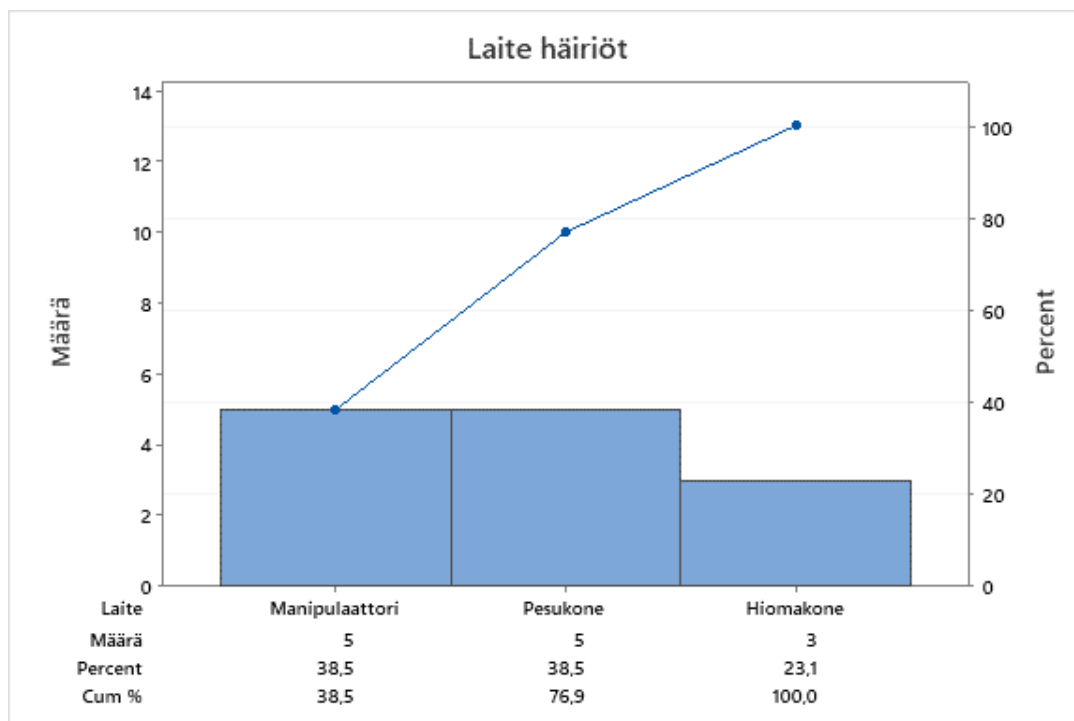
- häiriöiden poistaminen
- säätöjen tekeminen
- tauot.

Hiontayksikön hiontakivien tasoitustyöstöt ja koneen lämmitysajo kuuluvat myöskin odotusaikaan. Pareto-analyysin perusteella pystyttiin todentamaan, että hiomakoneen työajasta kului koneen odotusaikaan eli koneen pysäyttämiseen vuorokohtaisesti noin 40 % työajasta.

3.4.3 Häiriöseuranta

Hiomakoneelle toteutettiin häiriöidenseuranta, ajanjaksolta 10.2, 14.–16.2. Seuranta ajanjaksolta kerättiin häiriöseuranta lomakkeeseen tietoja koneen häiriöistä, häiriöiden kestoista sekä missä häiriöt sijaitsivat. Häiriöseurantalomakkeena käytettiin liitteenä 1. olevaa häiriöseurantalomaketta. Seurantajakson aikana kerätyille tiedoille suoritettiin Pareto-analyysit hiomakoneenhäiriöiden määristä sekä häiriöiden kestoajoista. Analyysit suoritettiin minitab-ohjelmistolla

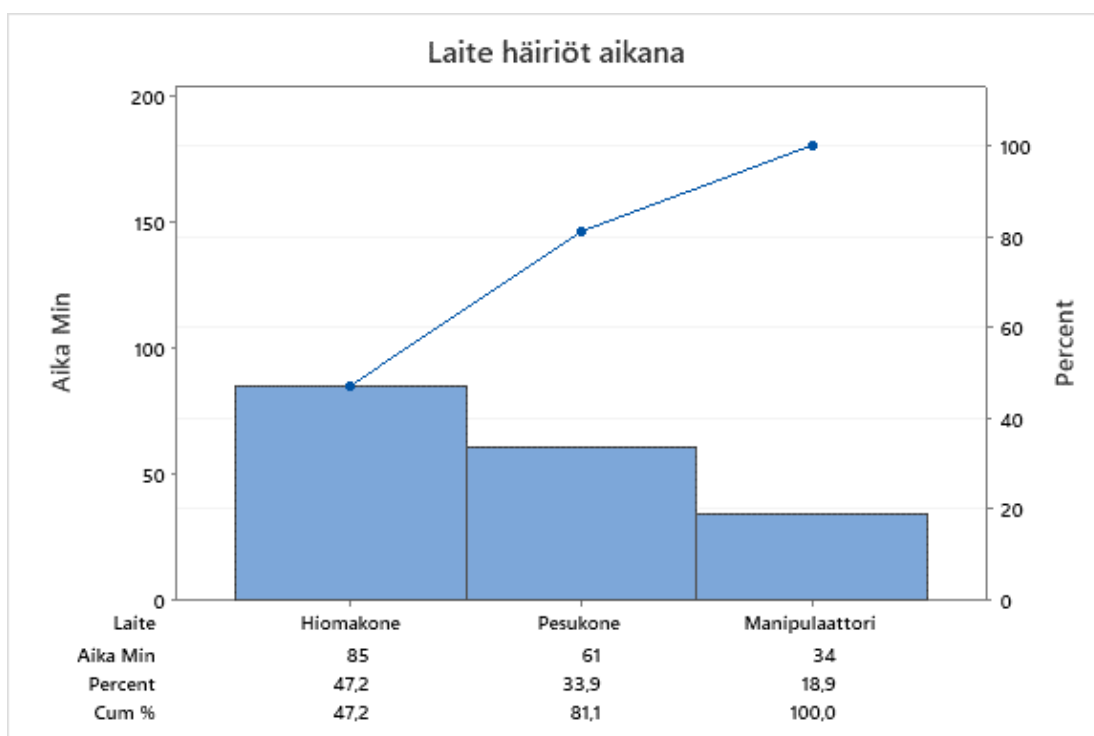
Hiomakoneen häiriöiden määrrien Pareto-analyysissä selvitettiin missä kohtaa konetta on suurimmat ongelmakohdat sekä kuinka paljon häiriöitä esiintyi seuranta-ajanjakson aikana hiomakoneen eri kohtiin. Kuvan 4 Pareto-analyysistä huomattiin, että seurantajakson aikana manipulaattorissa sekä pesukoneessa on suurin määrä häiriöitä. Noin 80 % kaikista tämän ajanjakson aikana kerätyistä häiriöistä esiintyi joko pesukoneessa tai manipulaattorissa.



Kuva 3. Pareto-analyysi hiomakoneen häiriöiden määristä.

Kuvan 5 Pareto-analyysissä otettiin käsittelyyn hiomakoneen häiriöiden kestoajat. Pareto-analyysistä huomattiin, että ajallisesti hiomakoneen häiriöt veivät eniten aikaa, mutta häiriöiden määrä Pareto-analyysin perusteella koneen häiriöitä esiintyi vähiten. Hiomakoneen häiriöt todettiin myös harvoin esiintyviksi,

havainnoimalla sekä kyselemällä operaattoreilta. Tarkasteltaessa pesukoneen sekä manipulaattorinhäiriöitä pystyttiin toteamaan, että pesukoneenhäiriöt veivät määrällisesti sekä ajallisesti eniten aikaa tuotannosta. Seurantajaksoilla pesukoneenhäiriöitä esiintyi 61 minuuttia.



Kuva 4. Hiomakoneen häiriöiden kestojen Pareto-analyysi.

Hiomakonetta havainnoimalla todettiin, että suurin osa hiomakoneenhäiriöistä johtui pesukoneesta ja, että pesukoneenhäiriöiden esiintyvyys oli melko suurta. Manipulaattorinhäiriöiden kesto oli alhainen, 34 minuuttia seurantajakson aikana. Manipulaattorinhäiriöiden todettiin vähentyneen seuranta-ajanjakson jälkeen, eikä se näin ollen vaikuttanut merkittävästi hiomakoneen tuottavuuteen. Pareto-analyysien perusteella päähuomio kohdistui pesukoneenhäiriöiden selvittämiseen, sekä häiriöiden juurisyiden etsimiseen.

3.4.4 Kysely

Häiriöseurannan Pareto-analyysien perusteella suoritettiin koneenoperaattoreille kysely, jossa operaattoreille esitettiin tarkentavia kysymyksiä koneenhäiriöistä sekä ongelmista. Kyselyllä pyrittiin pääsemään tarkemmin käsiksi siihen, mistä häiriöt johtuvat. Kyselyssä esitettiin operaattoreille neljä tarkentavaa

kysymystä ja kysely toteutettiin haastattelumuotoisesti. Kysely toteutettiin kahdelle operaattorille. (Liite 2)

Ensimmäisessä kysymyksessä selvitettiin, minkälaisia häiriöitä hiomakoneella esiintyy. Kysymyksestä selvisi, että koneen ongelmallisin paikka on pesukone, koska tietyn tyypisillä kappaleilla, kappaleet nousevat pystyyn sekä tämän johdosta aiheuttavat tukoksen pesukoneeseen.

Toisessa kysymyksessä selvitettiin, mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu. Tässäkin kysymyksessä esille nousi pesukoneenongelmat. Pesukoneen tukkiutuessa kone jouduttiin usein sammuttamaan tukoksen poistamiseksi. Tukkiutumisia tapahtui useita kertoja työvuoron aikana.

Kolmannessa kysymyksessä pyrittiin selvittämään, onko hiomakoneenlaadussa jotain ongelmia. Tämän kysymyksen kohdalla selvisi, että koneen laadussa ei ollut moitittavaa ja ongelmia laadun heittäessä ei ollut.

Viimeisenä kysymyksenä esitettiin, kuinka hiomakonetta voitaisiin kehittää. Tässäkin kysymyksessä nousi esille pesukoneenongelmat sekä pesukoneen ongelmien poistaminen ja ratkaisujen etsiminen, jotta pesukoneen ongelmia saataisiin vähennettyä tai poistettua.

3.4.5 Juurisyyanalyysi

Häiriöseurannan sekä kyselyn perusteella tarkastelun kohteeksi otettiin pesukone ja sen ongelmat. Pesukoneelle suoritettiin analyyseissä havaittujen ongelmien perusteella 5W2H-juurisyyanalyysi. (Liite 3) 5W2H-analyyseissä pyrittiin syventymään pesukoneen ongelmiin kysymysten avulla ja löytämään juurisyyongelma.

Aluksi kartoitettiin keitä pesukoneen ongelmat koskevat, mikä ongelma pesukoneessa oli sekä, missä ongelmat sijaitsevat. Ensisijaisesti ongelmat koskettivat koneen operaattoreita. Jatkuva tukoksien selvittäminen kuormitti operaattoreiden toimintaa ja näin ollen se voi näkyä kappaleiden laadussa. Ongelmana pesukoneessa oli sen tukkiutuminen. Kappaleet jumiutuivat pesukoneen ulostulolle,

sekä kuljetin hihnan alle, jolloin hiomakone jouduttiin mahdollisesti pysäyttämään kokonaan jumiutuneiden kappaleiden poistamiseksi.

Seuraavaksi selvitettiin, mikä ongelman aiheutti sekä, kuinka usein ongelmaa esiintyi. Ongelmaa lähdettiin selvittämään seuraamalla sekä kyselemällä operaattoreilta mahdollisia ongelmansyitä. Seurannan sekä havainnoinnin avulla saatiin selville, että syy tukkeutumiselle on kappaleiden pystyyn nouseminen pesukoneen alkupuolella. Kappaleet liukuvat pesukoneen kuljettimelle pientä liukua pitkin ja juuri ennen kuljettimelle menemistä kappaleet nousevat pystyyn. Kappaleet kulkevat pesukoneen kuljettimella pystyasennossa ja ulostulolle saapuessaan kappaleet eivät pääse loppupuolen kuljettimelle, josta seuraa tukos pesukoneen ulostuloon. Ongelma esiintyy työvuoronaikana useasti. Ongelmalla ei ole säännöllisyyttä vaan tukokset tapahtuivat ennalta-arvaamattomasti. Tukokset söivät koneen tuotantoaika tuntuvasti.

3.4.6 Jaksoaika

Hiomakoneen optimi jaksoaika analysoitiin tekemällä tuottavuudenlaskelmia toimittajan suosittelman jaksoajan sekä nykyisen jaksoajan välisestä eroista. Laskelmissa käytettävät tiedot saatiin hiomakoneen toimittajalta sekä hiomakoneen ohjelmantiedoista. Laskelmat aloitettiin aluksi selvittämällä, kuinka paljon yksi tasoitustyöstönväli kestää ajallisesti.

Jaksoaika * työkierrot = tasoitustyöstövälinkesto

Sen jälkeen selvitettiin kuinka monta, tasoitustyöstönväliä hiomakoneella on per työvuoro.

Työpäivän kesto Min / tasoitustyöstövälinkesto = Työkierrovälit per päivä

Näiden arvojen selvittämisen jälkeen voitiin laskea tuotantomäärä per työvuoro.

kpl määrä per tasoitustyöstönväli * Työkierrovälit per päivä = vuoron kappalemäärä

Viimeiseksi laskettiin vuorokohtainen kappalemäärä 80 % kokonaistehokkuuden mukaan.

$0.8 \cdot \text{vuoron kpl määrä} = \text{työvuoron todellinen kappalemäärä}$

Laskelmissa otettiin huomioon tasoitustyöstön aiheuttama ajanlisäys tasoitustyöstön työkiertoon. Ajanlisäys lisättiin tasoitustyöstön välinkestoön. Laskelmat toteutettiin toimittajan suosittelmalle sekä nykyisille jaksoajoille.

Jaksoajan tuottavuuden laskuista huomattiin, että tuotantomäärät jäivät nykyisellä jaksoajalla 22 % toimittajan suosittelman jaksoajan tuotantomäärästä. Nykyinen jaksoaika jää toimittajan jaksoajasta 25 %.

3.4.7 Tasoitustyöstöstä kerätyt mittaustiedot

Tasoitustyöstöstä kerättiin tietoa hiomakoneen toimittajalta suositelluista tasoitustyöstön välin työkiertomääristä, sekä suoritettiin tuottavuuden laskelmien yhteydessä kahdelle eri tasoitustyöstön työkiertovälille laskelmat. Laskelmissa päästiin käsiksi tuotantomäärien eroihin. Laskelmat on suoritettu kohdassa 3.4.6, samalla jaksoaikojen tuottavuuden laskelmien kanssa. Hiomakoneenseurannalla sekä operaattoreita haastatteleamalla kerättiin tietoa tasoitustyöstön ajankäytöstä hiomakoneella.

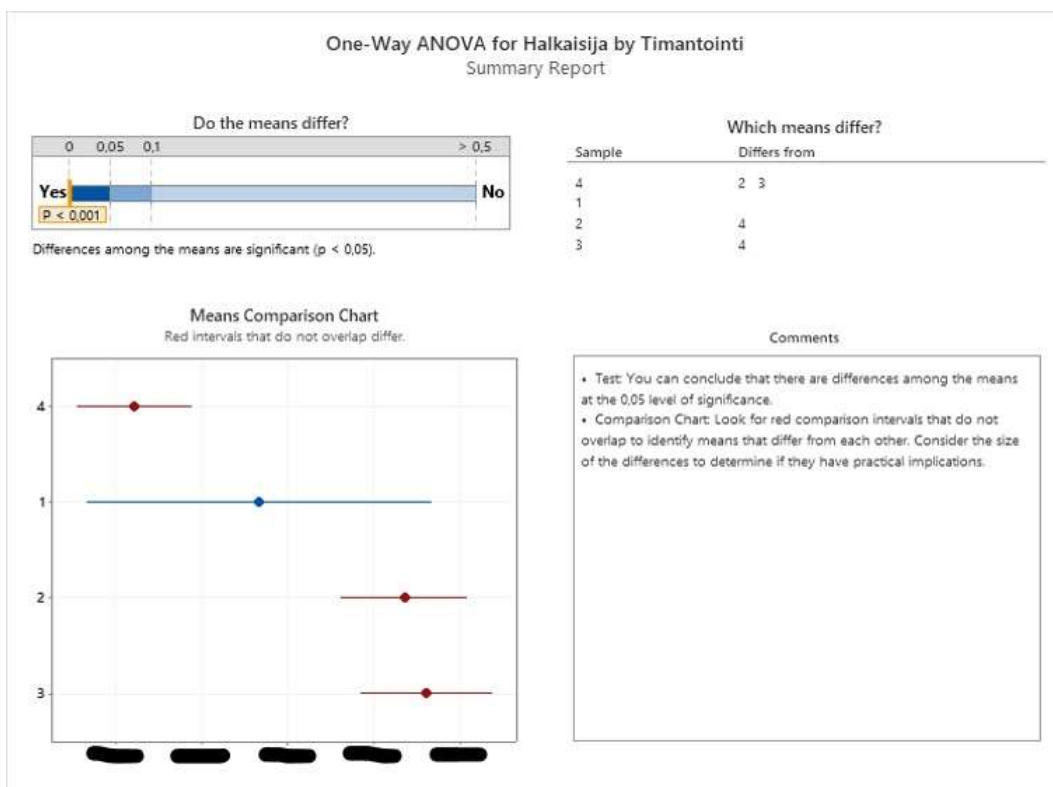
Tuottavuuden laskelmissa selvitettiin samalla, kuinka paljon kappalemäärä nousisi vuorokohtaisesti, jos tasoitustyöstön välin työkierto määrä nostaisi. Tasoitustyöstön välin työkiertojen määrää nostettiin nykyisestä määrästä 60 %, viiden työkierron välein. Tällä nostolla laskelmien mukaan saataisiin vuorokohtaisesti tuotettua 7 % enemmän kappaleita.

Hiomakoneelta kerättiin kappaleita mittauksia varten, joista selvitettiin mittauksissa sitä, muuttuuko kappaleiden laatu työkiertomäärien nostamisella. Koneen toimittajan suosittelmalla tasoitustyöstön välin työkiertomäärän arvoa käytettiin mittauksissa vertailuarvona. Anova-analyysissä suositeltu arvo näkyi numerona yksi. Tasoitustyöstön välin työkiertomäärä nostettiin laskennassa määrättyllä tavalla nykyisestä määrästä 60 %, viiden työkierron välein, jolloin yksi tasoitustyöstön väli on mittausjoukko. Mittausjoukkoja kertyi näin ollen neljä

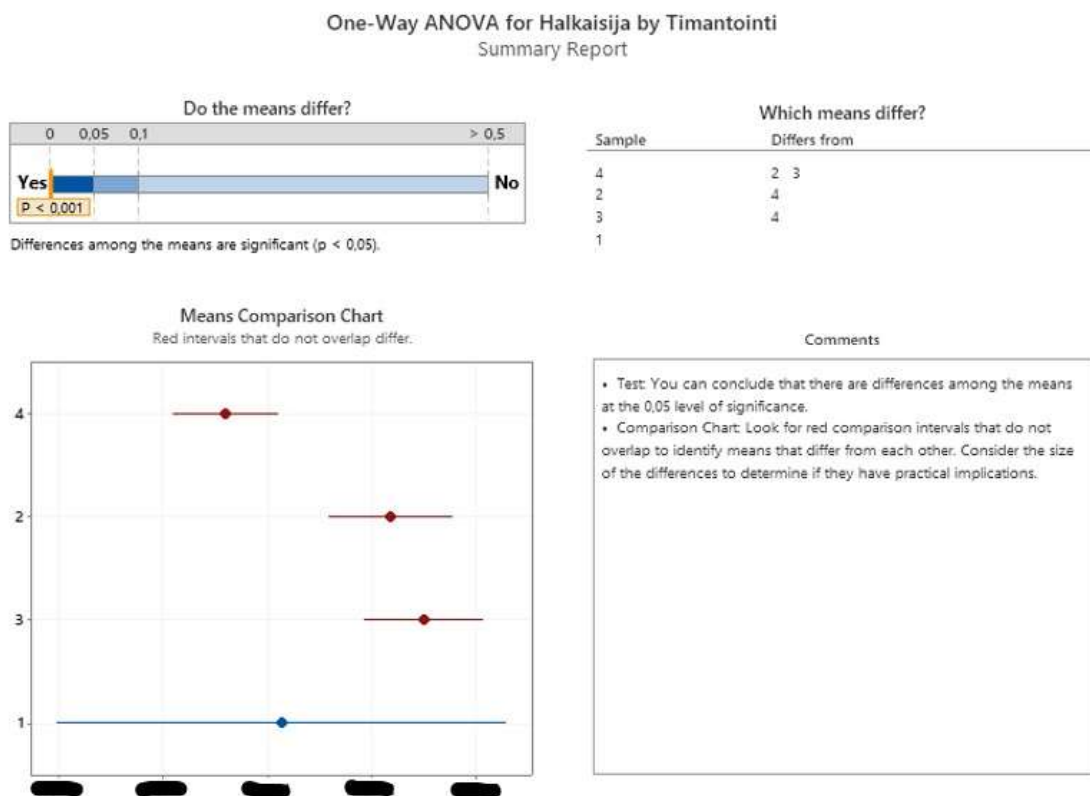
kappaletta ja mittausjoukot näkyvät Anova-analyysissä numeroina 1-4. Mittauksessa kerättiin neljältä eri tasoitustyöstönväliltä 12 viimeistä kappaletta. Kappaleiden mittaukset suoritettiin Abloyn toimitiloissa koordinaattimittakoneella. Kappaleidenmittauksista kerätyistä tiedoista tehtiin Anova -analyysit minitab-ohjelmalla.

Anova-analyysien tarkoituksena oli löytää eroavaisuuksia mittauksien välillä kappaleiden halkaisijoissa, sekä tarkasteltiin, pysyykö mitattujen kappaleiden halkaisijoiden keskiarvot toleranssialueella. Mitattujen kappaleiden keskiarvohalkaisijat on tummennettu salauksen vuoksi. Mittaustulokset otettiin kahdesta kohdasta mitattavasta kappaleesta.

Anova-analyysin perusteella ensimmäisessä sekä toisessa mittauskohdassa (Kuvat 6 ja 7) mittausjoukkojen välillä oli eroavaisuutta. Keskiarvoissa mittauksen p-arvo oli pienempi kuin yleinen raja-arvo 0.05, näin ollen voitiin ryhmäkeskiarvojen samansuuruisuuden nollahypoteesi hylätä.



Kuva 5. Ensimmäisen mittauskohdan Anova-analyysi.



Kuva 6. Toisen mittauskohdan Anova-analyysi.

Anova-analyysin lähtöoletuksena on nollahypoteesi eli mitattavien kappaleiden luokkien keskiarvot ovat yhtä suuret, jos luokkakeskisarvoissa on eroavaisuuksia, voidaan nollahypoteesi hylätä. (KvantiMOTV 2002.)

Mittausjoukkojen eroavaisuudet johtuvat mittattujen kappaleiden vähyydestä mittausjoukkojen sisällä. Mittattujen kappaleita mittausjoukossa täytyisi olla vähintään 15 kappaletta, jotta analyysin keskiarvojen eroavaisuuksiin voitaisiin täysin luottaa. Kuitenkin tarkasteltaessa pysyvätkö mittausjoukot toleranssialueella voitiin huomata analyysin perusteella, että mittauskappaleet pysyivät toleranssialueen sisällä ja näin ollen olisi mahdollista nostaa tasoitustyöstön välien työkiertojen määrää.

Seurannalla sekä haastattelemalla operaattoreita selvisi, että hiomakoneella tehdään jokaisen vuoron alussa päähionta- sekä vastahiontakiven tasoitustyöstöt sekä pidempien pysähdyksien jälkeen lämmitysajo. Ajallisesti lämmitysajo kestää 30 minuuttia sekä vastahiontakiven tasoitustyöstö 20 minuuttia. Jokaisen vuoron alussa, ellei ole ollut pidempää seisokkia työvuorosta kuluu näin ollen 20 minuuttia tasoitustyöstöön tai noin tunnin verran lämmitysajoon sekä

tasoitustyöstöön. Tasoitustyöstöt ovat pakollisia kappaleiden laadun varmistamiseksi, joten tasoitustyöstön sijoittaminen jokaisen vuoron alkuun ei ollut optimaalisinta. Operaattoreita haastatteleamalla selvisi, että ruokataukojen ajaksi hiomakone pysäytetään.

4 Tulokset

4.1 Kokonaistehokkuusluku

Opinnäytetyön työskentelyvaihe aloitettiin nykytilakartoituksella. Nykytilakartoituksessa laskettiin hiomakoneen kokonaistehokkuusluku, Kokonaistehokkuusluvuksi saatiin 32 %, joka on varsin huono prosessille, jossa tavoitellaan hyvää virtausta. Kokonaistehokkuuden osatekijöidenlukujen tarkastelussa havaittiin käytettävyyden sekä tehokkuudenlukujen olevan myös alhaisia. Käytettävyydenluvuksi saatiin 59 % ja tehokkuudenluvuksi 56 %. Laadunluvuksi saatiin 98 %, joten se voitiin jättää tarkastelusta pois. Kokonaistehokkuuden osalta tavoitteesta jäädään 48 %, tavoitteen ollessa 80 %. Osatekijöistä valittiin painopiste-kohteiksi sekä tarkempaa tarkastelua varten käytettävyys sekä tehokkuus.

4.2 Havaitut ongelmakohdat

Hiomakoneen tuotantoajasta sekä häiriöistä kerättiin mittaustietoja neljän päivän ajalta sekä suoritettiin Pareto-analyysit. Pareto-analyyseissä saatiin selville mihin tuotantoaika kuluu sekä, missä kohdin hiomakonetta on eniten ongelmia. Anova-analyysit suoritettiin tasoitustyöstön mittaustiedoille. Anova-analyyseillä saatiin selville, miten tasoitustyöstöt vaikuttavat kappaleiden laatuun sekä kuinka paljon nämä työstöt vaikuttavat tuotantoaikaan. Analyysien jälkeen havaitut ongelmakohdat jaettiin käytettävyyden sekä tehokkuuden ongelmiin

4.2.1 Käytettävyys

Heikko käytettävyys oli hiomakoneen virtauksen kannalta ongelmallinen, koska tuotantoaika kului liian paljon häiriö seuranta analyysien perusteella pieniin seisokkeihin sekä häiriöihin. Hiomakoneen käytettävyyden kannalta ongelmallisin kohta paikannettiin Pareto-analyysien perusteella häiriöihin ja tarkemmin pesukoneen häiriöihin. Hiomakoneen operaattoreille tekemä kysely sekä havainnointi hiomakoneella tukivat tätä havaintoa.

Pesukoneen ongelmista suoritettiin 5W2H-analyysi, jonka perusteella löydettiin juurisyyt pesukoneen häiriöille. Pesukoneen ongelmat johtuivat kappaleen pystyyn nousemisesta pesukoneen alkupäässä. Kappale liikuu pesukoneeseen tullessa liukua pitkin pesukoneen kuljettimelle. Pesukone on alempana nähden mittaukselta tulevaa kuljetinta. Liu'un sekä kuljettimen kohtaamispaikassa kappale voi suurella todennäköisyydellä nousta pystyyn. Kappale näin ollen kulkee pesukoneen läpi pystyasennossa ja aiheuttaa jumiutumisen pesukoneen ulostuloon. Nykyisin loppupään kuljetin on alempana pesukoneeseen nähden, tämä aiheuttaa sen, että pystyasennossa kappaleet eivät pääse liukumaan alempana olevalle kuljettimelle.

Toinen käytettävyyden kannalta ongelmallinen kohta hiomakoneen käytettävyydelle oli odotusaika eli hiomakone pysäytettiin työvuoron aikana. Odotusaikaa kertyi hiomakoneella työvuoro kohtaisesti analyysien perusteella melkein 40 % käytettävissä olevasta työajasta näin ollen odotusaikaan kului merkittävästi vuoro kohtaista tuotantoaika. Hiomakoneen pysäyttämisen syiksi löydettiin havainnoimalla sekä haastatteleamalla operaattoreita häiriöiden poistot, säätöjen tekeminen sekä taukojen ajaksi koneen pysäyttäminen.

4.2.2 Tehokkuus

Toisena Ongelmakohtana hiomakoneen kokonaistehokkuus luvun analyysissä havaittiin tehokkuudenluvun olevan alhainen. Tehokkuusluvun ollessa alhainen, koneen ongelmat liittyivät nopeushäviöihin ja näin ollen aiheuttivat koneen tuotantomäärien laskun.

Tuottavuudenlaskelmissa havaittiin jaksoajan olevan 25 % hitaampi verrattuna konetoimittajan suositteluun jaksoaikaan. Tämä aiheuttaa 22 % tuottavuudenlaskun vuorokohtaisissa kappalemäärissä. Operaattoreiden haastattelulla selvisi, että pidempi jaksoaika johtuu manipulaattorin kappaleen viennin hionta- paikkaan viemisen liikkeen hidastuksesta. Vientiliikettä oli hidastettu koska, nopeamman vientiliikkeen johdosta hiontayksikön rikkoutumisriski kasvoi suureksi, tämän johdosta toimenpide-ehdotusta ei voitu laatia jaksoajasta.

Vastahiontakiven tasoitustyöstössä havaittiin myöskin tuottavuuden laskua, koska tasoitustyöstöihin käytettävää aikaa ei ollut optimoitu, vaan vastahiontakiven tasoitustyöstö söi tuotantoaika vuorojen alusta 20–50 minuuttia riippuen lämmitysajan tarpeesta.

Tasoitustyöstönvälien Anova-analyysien perusteella tasoitustyöstöt eivät ole optimoitu tuottavuuden kannalta. Tuottavuudenlaskelmista selvisi, että nykyisellä tasoitustyöstön välillä tuottavuudenlaskua tulisi noin 7 %. Päähiontakiveä hiottiin tarpeettoman usein työvuoron aikana, tämä aiheutti tuotantoajan hukkaamisen tarpeettomaan tasoitustyöstöön. Tasoitustyöstön välin nostamisella pystyttäisiin optimoimaan tuotantoaika sekä nostamaan tuottavuutta.

4.3 Riskianalyysi

Havaituista ongelmakohtista tehtiin FMEA-riskianalyysi. FMEA-pisteytyksen perusteella valittiin kolme ongelmakohtaa toimenpide-ehdotusten laadintaa varten sekä priorisoitiin toimenpide-ehdotukset. Riskianalyysissä korkeimmat pisteet saivat pesukoneen ongelmat, 252 pistettä. Odotusaika sai toiseksi eniten pisteitä 240 pistettä. Kolmanneksi eniten sai pisteitä tasoitus työstöt 64 pistettä. Pisteytyksen perusteella valittiin toimenpide-ehdotusten laadintaan, pesukone ongelmat, odotusajan optimointi sekä tasoitus työstön optimointi. Pisteytyksien perusteella priorisoitiin toimenpide-ehdotukset tärkeysjärjestykseen. Toimenpide-ehdotusten priorisoinnit ovat ykkösestä kolmeen, niin että ensimmäinen toimenpide-ehdotus täytyisi toteuttaa mahdollisimman pian ja kolmas voidaan toteuttaa myöhemmässä ajanjaksossa.

5 Toimenpide-ehdotusten laadinta

Toimenpide-ehdotukset havaittuihin ongelmakohtiin laadittiin tehtyjen analyysien sekä riskianalyysin perusteella. Toimenpide-ehdotuksia laadittaessa kuunneltiin myös operaattoreiden mielipiteitä ongelmien ratkaisuksi.

1. Toimenpide-ehdotus, pesukoneen ongelmat. Toimenpide-ehdotukseksi pesukoneen ongelmiin ehdotettiin loppupään kuljettimen nostamista samalle korkeudelle pesukoneen kanssa. Alkupuolen kappaleiden pystyyn nousemisen ratkaisuksi esitettiin ohjaimen tekemistä alkupäähän. Ohjain sijoitetaan katoksi alkupään liu'un yläpuolelle, jolloin katto ottaisi kappaleiden nousemisen vastaan niiden tullessa pesukoneen kuljettimelle.
2. Toimenpide-ehdotus, Hiomakoneen odotusajan optimointi. Ensisijaisesti täytyisi koneen olla käytössä taukojen aikana. Taukojen ajaksi täytyisi hionnassa tehdä vastahiontakiven tasoitus työstön tai vastaavasti pyrkiä hiomakonetta ajamaan taukojen aikana. Hiomakoneella on työvuorossa pääsääntöisesti kaksi henkilöä, joten tauot täytyisi pyrkiä vuorottamaan siten, että toinen operaattoreista on kerrallaan tauolla. Toissijaisena täytyisi kartoittaa laajemmin hiomakoneen odotusajan syitä sekä kartoittaa onko operattoreiden työskentelytavoissa parannus kohteita. Kartoituksen kohteeksi täytyisi ottaa hiomakoneelle tehtävät säädöt.
3. Toimenpide-ehdotus, Hiontakivien tasoitus työstön optimointi. Päähiontakiven tasoitus työstöjen optimoimiseksi ehdotettiin tasoitus työstön välien työmäärien nostamista nykyisestä arvosta 60 %. Vastahiontakiven tasoitus työstön optimoimiseksi ehdotettiin tasoitus työstön siirtoa työvuorojen aluista pidemmän tauon ajaksi, aina silloin kun ei ole tarvetta hiomakoneen lämmitysajolle. Jos lämmitysajoa tarvitaan, pyrittäisiin tauoilla jättämään kone käyntiin.

6 Suunnitelma toimenpide-ehdotuksien toteutuksesta

Suunnitelmissa toimenpide-ehdotusten toteuttamisessa käytiin läpi toteutukseen vaadittavat toimenpiteet sekä otettiin kantaa, miten toimenpide ehdotuksia täytyisi parantaa, jotta tuottavuuden kehityksen tuloksista saataisiin tehokkaampia. Suunnitelmiin otettiin huomioon operaattoreiden mielipiteitä. Suunnitelmien mukaiset toteutukset priorisoitiin tärkeysjärjestykseen ykkösestä kolmoseen. Ensimmäinen suunnitelma täytyisi toteuttaa mahdollisimman pian, kolmas taas voidaan toteuttaa myöhemmässä ajankohdassa. Toimenpide-ehdotukset täytyisi toteuttaa laaditussa priorisointi järjestyksessä, jotta välttyään ongelmilta.

Ensimmäisenä priorisointi järjestyksessä oli toteutuksen suunnitelmissa pesukoneen ongelmien toimenpide-ehdotus. Toimenpide-ehdotuksen toteutus suoritettaisiin yhteistyössä kunnossapidon kanssa. Toteutus aloitettaisiin konsultoimalla kunnossapitoa pesukoneen ongelmassa. Ensimmäiseksi aloitettaisiin loppupään kuljettimen nostamisella pesukoneen kanssa samaan korkeuteen. Seuraavaksi tehdään pesukoneen alkupään liu'un yläpuolelle katto, joka estää kappaleiden pystyyn nousemisen. Kunnossapito suorittaa tarpeelliset mittaukset nostoa sekä katon valmistusta varten, kunnossapito suunnittelee toimenpiteiden tarkemman toteutuksen. Toteutuksen jälkeen täytyisi tehdä seuranta-ajanjakso, jossa kerätään pesukoneen häiriöitä esimerkiksi seurantalomakkeelle, tällä nähtäisiin, onko päästy haluttuun vaikutukseen.

Toisena priorisointi järjestyksessä suunnitelman laadinnassa oli hiomakoneen odotusajan optimointi. Odotusajan optimoimiseksi aloitettaisiin hiomakoneen ajaminen kaikkien taukojen aikana. Silloin jos lämmitysajoa ei tarvitse suorittaa suoritettaisiin pitkän tauon aikana vastahiontakiven tasoitustyöstö. Samalla pyritäisiin aloittamaan operaattoreiden tauottaminen eli taukojen aikana yksi henkilö ajaisi hiomakonetta toisen ollessa tauolla. Tällöin välttyttäisiin turhilta koneen pysäytyksiltä. Toteutuksen käytäntöönpanon jälkeen täytyisi seurata yrityksen omasta seurantaohjelmasta onko haluttuja vaikutuksia saavutettu näillä toimenpiteillä. Jatkokehityksenä toiseen toimenpide-ehdotukseen täytyisi kartoittaa laajemmin odotusajan syitä. Syitä lähdettäisiin kartoittamaan laajemmin seurantalomakkeilla sekä käytäisiin operaattoreiden kanssa läpi tarkemmin esimerkiksi vuoro kohtaisesti, mistä odotusaika on koostunut tietyssä vuorossa. Näin

saataisiin odotusaikaa kehitettyä tehokkaammin. Hiomakoneensäädöille tehtäisiin kartoitusta, jossa kartoitettaisiin, mitä säätöjä hiomakoneelle tehdään työvuoron aikana ja kuinka näitä säätöjä voitaisiin kehittää.

Kolmantena priorisointi järjestyksessä suunnitelman laadinnassa oli hiontakivien tasoitustyöstöoptimointi. Kolmas toimenpide-ehdotus aloitettaisiin toteuttamaan nostamalla päähiontakivien tasoitustyöstön työkiertomäärää nykyisestä määrästä 60 %. Vastahiontakivien tasoitustyöstöoptimointi suoritettaisiin odotusajan optimoinnin toteutuksessa. Toteutuksen jälkeen seurattaisiin operaattoreiden toimesta kappaleiden laatua sekä toteutettaisiin mittausjärjestely kappaleiden laadun varmistamiseksi. Mittausjärjestely toteutettaisiin samalla tavalla kuin tasoitustyöstön työkiertojen määrän mittaustietojen keräyksessä. Jatkokehityksenä toimenpide-ehdotukselle voitaisiin testata, mittausjärjestelyn avulla pysyvätkö kappaleiden halkaisijat toleranssialueella, kun tasoitustyöstön työkiertojen määrää nostetaan isommaksi 60 % noston jälkeen.

Kaikkien kolmen toimenpide-ehdotuksen toteutuksien jälkeen täytyisi seurata, kuinka paljon vuorokohtaiset kappalemäärät muuttuvat sekä muuttuko hiomakoneen kokonaistehokkuusluku sekä sen osatekijöiden luvut. Tällä pystyttäisiin kartoittamaan, miten tehokkaita toimenpide-ehdotukset olivat, sekä pystyttiinkö toimenpide-ehdotuksilla kehittämään hiomakoneen tuottavuutta.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää keinoja, joilla hiomakoneen tuottavuutta saataisiin parannettua. Tavoitteisiin kuului löytää epäkohtia lähtökohdan ongelmiin sekä selvittää, mihin hiomakoneen tuotantoaika kuluu. Tavoitteena opinnäytetyöllä oli lisäksi laatia havaituista epäkohdista toimenpide-ehdotukset ja laatia suunnitelmat toimenpide-ehdotusten toteuttamiseksi. Mittaustietojen analyysien perusteella löydettiin hiomakoneessa esiintyvät suurimmat ongelmat, laadittiin kolme toimenpide-ehdotusta havaituista ongelmista sekä näille suunniteltiin toteutukset ja ne priorisoitiin.

Kehitettäviä kohteita tässä työssä olisi laajempi mittaustietojen kerääminen. Mittaustietoja olisi pitänyt kerätä laajemmalla ajanjaksolla, jolloin mittaustulokset olisivat luotettavampia. Kuitenkin nykyisistä mittaustiedoista saatiin tehtyä laajasti sekä luotettavasti analyysit. Näiltä osin alussa asetettuihin tavoitteisiin päästiin ja opinnäytetyöstä tuli onnistunut kokonaisuus hiomakoneen tuottavuuden kehityksestä.

Haasteita opinnäytetyössä tuottivat mittaustietojenkeräys sekä mittaustietojen vähyyks. Mittaustietojen keräyksessä kului turhaa aikaa alussa väärin asioihin keskittyessä. Mittaustietoja kerättiin pieneltä ajanjaksolta ja tämä aiheutti hankaluuksia analyysien tekemisessä. Kuitenkin näistäkin haasteista päästiin yli ja pystyttiin tuottamaan luotettavia analyyskejä. Haasteet opettivat paljon tuotannonkehityksen projektin tekemisestä.

Opinnäytetyöntöyö kokonaisuudessaan tehtiin huomioiden tutkimustieteellisen neuvottelukunnan (TENK) laatimaa ohjeistusta hyvästä tieteellisestä käytännöstä. Opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelminä tietojen keräämisessä havainnointia, seuraamista sekä kyselyä, jotka ovat suunnattu hiomakoneen operaattoreille. Näissä tutkimusmenetelmissä otettiin huomioon eettisyyden kannalta TENKin ohjeistus ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettisistä periaatteista suomessa.

Opinnäytetyön tietoperustan lähdeaineistona käytettiin pääsääntöisesti Lean Six Sigmaa käsittelevää kirjallisuus aineistoa. Lähdeaineistoksi valittu kirjallisuus on tunnetuilta aihetta käsitteleviltä kirjoittajilta, joten kirjallisuus aineistoja voidaan pitää opinnäytetyön lähdeaineistona luotettavana. Lähdeaineistona käytettiin isoja ja aihetta käsitteleviä verkkosivustoja kuten esimerkiksi Quality knowhow Oy verkkosivustoa. Isojen ja tunnettujen aihetta käsittelevien verkkosivustojen käyttöä lähdeaineistona voitiinkin pitää varsin luotettavan.

Opinnäytetyössä kerättiin monilla eri tietojen keräysmenetelmällä mittaustietoja hiomakoneen prosessista. Käytettyjä tietojen keräysmenetelmiä voitiin pitää luotettavina koska käytetyistä menetelmistä löytyy paljon tietoa ja luotettavia tuloksia niiden käytöstä. Mittaustuloksia voitiin pääosin pitää varsin luotettavina koska mittaustuloksien analyysien luotettavuus on tarkistettu esimerkiksi

seuraamalla hiontaprosessia tai haastatteluissa asiaa kysyttiin usealta operaatoreilta.

Oman oppimisen kannalta opinnäytetyö kehitti valtavasti osaamista tuotannon kehitysprojektista. Opinnäytetyön tekeminen kartoitti osaamista Lean Six Sigma menetelmästä sekä monista tuotannonkehityksen työkaluista. Opinnäytetyö antoi hyvän käsityksen siitä, miten teoreettinen tietopohja sijoittuu yrityksen toimintatapoihin tuotannonkehitysprojektissa sekä mitä tuotannonkehitys projektissa kentällä tapahtuu. Tulevaisuudessa opinnäytetyön tekeminen antaa hyvän pohjan tuotannonkehitys työlle sekä työskentelemisen tuotannonkehitysprojekteissa.

Tässä opinnäytetyössä esitetyillä toimenpide-ehdotuksilla tulisi hiomakoneen tuottavuuden parantua nykyisestä, kuitenkin koneella on vielä jatko kehitysmahdollisuuksia, joita ei tässä opinnäytetyössä käsitelty. Näiden kehityskohteiden etsiminen sekä kehitys parantaisi hiomakoneen tuottavuutta lähelle toimittajan antamia arvoja.

Hiomakoneen tuottavuuden kehityksessä tulevaisuudessa voitaisiin keskittyä enemmän kokonaiskuvan luomiseen hiomakoneen ongelmista. Hiomakoneelta voitaisiin kartoittaa, mitkä muut asiat opinnäytetyössä käsiteltyjen asioiden lisäksi vaikuttavat koneen tuottavuuteen. Esimerkiksi, miten tuotevaihdot tai muut koneet vaikuttavat hiomakoneen tuottavuuteen. Myöskin nykyiset toimenpide-ehdotukset tulisi testata käytännössä ennen kuin aloitettaisiin laajempaa kehitystyötä hiomakoneen tuottavuuden kehittämiseksi. Tämä opinnäytetyö antaa hyvän alun Abloy Oy:lle hiomakoneen tuottavuuden jatkokehityksen kannalta.

Lähteet

- Abloy Oy. 2022a. Abloyn tarina. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy/history> 22.2.2022.
- Abloy Oy. 2022b. Tehdas. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy/factory> 22.2.2022.
- Abloy Oy. 2022c. Abloy yrityksenä. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy> 22.2.2022.
- Anita Saaranen-Kauppinen & Anna Puusniekka. 2006. KvaliMOTV - 6.4 Havainnointi https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_4.html 9.2.2022.
- Assa Abloy. 2022. Sustainability is everyone's responsibility. <https://www.as-saabloy.com/group/en/sustainability> 22.2.2022.
- Brax. Saara A. 204/2007. Palvelut ja tuottavuus teknologiakatsaus. http://www.kulmat.fi/images/tiedostot/Artikkelit/palvelut_ja_tuottavuus.pdf 17.2.2022.
- Bicheno J. Holweg M. 2016. The lean toolbox. A handbook for lean transformation. Englanti: PICSIE books.
- Kankaanranta J. 2015. Kuinka FMEA:ta sovelletaan palveluissa? <http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/fmea-palveluissa/> 22.2.2022.
- Karjalainen E & Karjalainen T. 2020. Lean Six Sigma 2.0 ja Laatuteknologia. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Kouri I. 2010. Lean: taskukirja. Helsinki: Teknologainfo Teknova.
- KvantiMOTV. 2002. Varianssianalyysi. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/varienssi/anova.html> 22.4.2022.
- Loihde analytics. 2022. PARETO – VISUAALISEN ANALYTIIKAN TYÖKALUT, OSA 2 <https://www.loihdeanalytics.com/blogi/tiedon-visualisointi/pareto> 15.4.2022.
- Oppariapu. 2022. Kysely. <https://oppiapu.wordpress.com/kyselyt/> 22.2.2022.
- Piirainen A. 2013. 5W2H -menetelmä ongelman rajaamisessa ja ratkaisemisessa <http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/5w2h-menetelmae-ongelman-rajaamisessa-ja-ratkaisemisessa/> 22.2.2022.
- Tuominen K. 2021. Lean - kohti täydellisyyttä: itsearviointin oppi- ja työkirja: mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista? Oy Benchmarking Ltd.
- Sixsigma.fi. 2022. Yleistä Lean Six Sigmasta, <https://sixsigma.fi/leansixsigmasta/17.2.2022> 23.2.2022.
- Virtanen H. 2013. Prosessitaito.fi Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency) http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf 8.2.2022.

Kokonaistehokkuus luvun seurantataulukko

| Päivä | Työaika, min | Tauot Min | Seisokit Min | Työaika, netto, Min | Tuotettu Kpl | Hyltyt Kpl |
|-------|--------------|-----------|--------------|------------------------|--------------|------------|
| 10.2 | | | | | | |
| 14.2 | | | | | | |
| 15.2 | | | | | | |
| 16.2 | | | | | | |
| YHT | | | | | | |

Häiriöseurantalomake

| Päivämäärä | Häiriö paikka | Häiriön kesto (h/min) | Häiriö |
|------------|---------------|--------------------------|--------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Kyselylomakkeen toinen sivu

3. Onko työn laadussa kehitettävää?

4. Mitä kehityskohteita hiontakoneella on? Esimerkiksi voiko jotain paikkaa kehittää, jolloin työteko olisi sujuvampaa?

5W2H -analyysi lomake ja tulokset

Hiontakoneen pesukoneen ongelmien 5W2H analyysi

| | |
|-----------|--|
| Who? | Pesukoneen ongelmat koskettavat koneen operaattoreita sekä koneen tuottavuutta. |
| What? | Ongelmana on pesukoneen tukkiutuminen. Kappaleet tukkeuttavat pesukoneen ulostulon, jolloin joudutaan mahdollisesti kone pysäyttämään kokonaan sekä poistamaan tukkeutuneet kappaleet. Operaattorit joutuvat seuraamaan pesukonetta tukkeutumisien varalta. |
| When? | Ongelma oli tiedossa ja havaittu jo ennen opinnäytetyön aloitusta. |
| Where? | Ongelma esiintyy pesukoneen kuljettimella, tarkemmin tukokset syntyvät pesukoneen ulostulo aukolle. |
| Why? | Ongelmaa on lähdetty selvittämään seuraamalla sekä kyselemällä operaattoreilta mahdollisia ongelman syitä. On saatu selville seurannan avulla, että syy tukkeutumiselle on kappaleiden pystyyn nouseminen pesukoneen alkupuolella. Kappaleet liukuvat pesukoneen kuljettimelle pientä mäkeä pitkin ja juuri ennen kuljettimelle menemistä kappaleet nousevat pystyyn. Kappaleet kulkevat pesukoneen kuljettimella pystyasennossa ja ulostulolle saapuessaan eivät kappaleet pääse loppupuolen kuljettimelle, josta seuraa tukos pesukoneen ulostuloon. |
| How? | Ongelma tuli esille seuraamalla sekä ongelma esiintyy tietyllä kappaleetyypillä. mitään tarkempaa ennakoivaa tapahtumaa tukkiutumiselle ei ole. |
| How many? | Ongelma esiintyy työvuoron aikana useasti. Ongelmalla ei ole säännöllisyyttä vaan tukokset tapahtuvat ennalta arvaamattomasti. Tukokset syövät koneen tuotantoaika tuntuvasti. |