



Jukka Lötjönen

Kalibrointiasemien käyttöasteiden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

5.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Jukka Lötjönen
Otsikko:	Kalibrointiasemien käyttöasteiden parantaminen
Sivumäärä:	34 sivua
Aika:	5.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Delivery Capability Senior Manager Reetta Piironen Lehtori Matti Välikylä

Insinööriyössä selvitettiin toimeksiannon antaneen yrityksen kosteus- ja lämpötilalokitietoja keräävien tuotteiden kalibrointiasemien käyttöasteita. Yrityksessä oli huomattu, että kalibrointilaitteiden toimituksissa oli ollut haasteita siitä huolimatta, että käyttöaste-ennusteiden mukaan toimituskyvykkyyttä olisi riittävästi. Tavoitteena oli parantaa toimituskyvykkyyttä kalibrointiasemien käyttöasteita nostamalla.

Työn aikana käytiin läpi käyttöaste- sekä toimitusaikadataa ja niiden pohjalta tehtiin parannusehdotuksia toimituskyvykkyyden parantamiseksi. Työ aloitettiin hakemalla dataa kalibrointiasemista sekä toimitusajoista. Kerättyjä tietoja analysoitiin A3-ongelmanratkaisumenetelmällä. Sen avulla etsittiin juurisyitä toimitushaasteisiin. Juurisyiden löydyttyä tehtiin ehdotukset korjaaville toimenpiteille. Ehdotukset jalostettiin toimiviksi ratkaisuuksi, jotka implementoitiin tuotantoon.

Lokitietoja kerääviä laitteita valmistavaan tuotantosoluun asennettiin etäyhteydet kalibrointiasemien seurantaan sekä ohjaukseen. Niillä saatiin eliminoitua fyysiset tarkastuskäynnit kalibrointiasemilla. Tuotantosoluun kehitettiin täysin uutena sovelluksena kalibrointien suunnittelutyökalu. Sen avulla kalibrointiasemien käynnissä olevat kalibroinnit saatiin visualisoitua yhdelle näytölle. Seuraavien asemille laitettavien laitteiden kalibroinnit pystyttiin suunnittelemaan käynnissä olevien kalibrointien perään. Tämän ominaisuuden avulla luotiin mahdollisuus suunnitella kalibroinnit siten, että ne päättyisivät mahdollisimman paljon työaikojen sisäpuolella.

Tehdyt parannukset lisäävät potentiaalista kalibrointiaikaa yhden kalibrointiaseman verran. Laitteita valmistavien operaattoreiden työ helpottui, koska kaikki asemat ovat ohjattavissa yhdeltä työpisteeltä. Tämän työn seurauksena etäyhteyksiä hyödynnettiin myös muissa tuotantosoluissa.

Avainsanat: kalibrointi, kalibrointiasema, käyttöaste

Abstract

Author: Jukka Lötjönen
Title: Utilization Rate Improvement of Calibration Stations
Number of Pages: 34 pages
Date: 5 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Technology
Supervisors: Reetta Piironen, Delivery Capability Senior Manager
Matti Välikylä, Senior Lecturer

This Bachelor's thesis work investigated the utilization rates of humidity and temperature logger calibration stations by commission of a company. The company had noticed challenges in delivering these logger products, even though predictions indicated good delivery capability. The purpose was to improve delivery capability by increasing utilization rates of the calibration stations.

This thesis work included going through utilization rate and delivery time data. Improvements in delivery capability were made based on the data. Thesis work started with collecting data from the calibration stations and delivery times. Collected data was then analyzed with the A3 problem solving method. A3 problem solving was used to find root causes for challenges in deliveries. After identifying the root causes, corrective actions were proposed. Proposed actions were refined into working solutions and then implemented into the production process.

Remote monitoring and control were installed into the production cell. This eliminated the need to check the calibrations physically at the calibration stations. A new calibration planning tool was developed for the production cell. It helped to visualize all the ongoing calibrations at the calibration stations on a single display. This tool could also be used to plan upcoming calibrations. It allows to plan the next calibrations after the ongoing ones. This feature gives the possibility to plan calibrations so that they end during working hours.

These improvements add the potential calibration time by one RHT-calibration station. Operators will have more time to perform other work tasks because of the ability to monitor and control the calibration stations remotely. Due to the result of this thesis work, remote connections were utilized also in other production cells.

Keywords: calibration, calibration station, utilization rate

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Kalibrointi ja Lean teoriassa	2
2.1	Kosteuskalibrointi	2
2.2	Lämpötilakalibrointi	4
2.3	Analogiakalibrointi	5
2.4	Mitä on Lean?	6
2.5	Lean-tuotanto	7
2.6	Arvovirtakartta	9
2.7	Ongelmanratkaisumenetelmät	10
2.7.1	5 Why	10
2.7.2	A3-ongelmanratkaisu	11
3	Kalibrointi	13
3.1	Kalibrointiprosessit	13
3.2	Datan nouto tietokannasta	14
3.3	Datan käsittely ja visualisointi	15
3.4	Lähtötilanne	17
4	Ongelmanratkaisu	20
4.1	Menetetty kalibrointiaika	21
4.2	RHT-kalibrointiasemat	22
4.3	T-kalibrointiasemat	23
5	Parannukset	24
5.1	Etävalvonta sekä ohjaus	24
5.2	RHT-asemien kalibrointisuunnittelu	25
5.3	Vanhojen RHT-asemien vaihto uusiin	29
5.4	Työn vaikutus	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	34

Lyhenteet

- FIFO: *First In First Out*. Esimerkiksi varaston kierron tapa, jossa materiaali käytetään saapumisjärjestyksessä.
- FPY: *First Pass Yield*. Ensisaanto eli suhdeluku, joka kertoo, kuinka monta laitetta läpäisee prosessin hyväksytysti ja kuinka moni ei.
- KPI: *Key Performance Indicator*. Suorituskykymittari, jolla arvioidaan yrityksen suoriutumista.
- OTD: *On Time Delivery*. Ajallaan toimitus. Ajallaan lähtevät toimitukset voivat toimia yhtenä yrityksen suorituskykymittarina.
- RHT: *Relative Humidity and Temperature*. Suhteellinen kosteus ja lämpötila.
- T: *Temperature*. Lämpötila.
- UUT: *Unit Under Test*. Tuote tai tuotteen osa, jota testataan.
- VSM: *Value Stream Mapping*. Arvovirtakartta on yksi Leanin perustekniikoista, jolla arvioidaan sekä kehitetään prosessin tehokkuutta.
- TPS: *Toyota Production System*. Tuotantotapa, joka johtaa juurensa Toyota Motor Companyn tapaan valmistaa tuotteita mahdollisimman tehokkaasti.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoitus oli tutkia ympäristön ja teollisuuden mittalaitteita valmistavan yrityksen kosteus- ja lämpötilalokitieta keräävien tuotteiden kalibrointiasemien käyttöasteita. A3-ongelmaratkaisumenetelmää käyttämällä pyrittiin löytämään ratkaisuja käyttöasteiden nostamiseksi. Tuotantoon implementoitiin etäohjaus kalibrointiasemille, työkalu kalibrointien seuraamiseen sekä suunnitteluun sekä vanhojen kalibrointiasemien vaihtoja uusiin. Jäljelle jääneet ideat dokumentoitiin siten, että ne voidaan toteuttaa myöhemmin.

Toimeksianto tuli yrityksen ehdottamana. Ongelmana oli ollut tuotannon vaihteleva toimitusvarmuus kosteus- ja lämpötilalokitieta keräävien tuotteiden osalta. Kalibrointikapasiteetin ennustetaulukoiden mukaan kalibrointikapasiteettia pitäisi olla riittävästi, mutta myöhästymiset johtuivat usein sen puutteesta. Tavoitteena oli tehostaa kalibrointikapasiteetin käyttöä kuluneen vuoden datan analysoinnin sekä laitteita valmistavien operaattoreiden kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta.

Työ onnistui tavoitteissaan. Yrityksen toimitusvarmuus sekä toimituskyky parantivat näiden laitteiden osalta. Käyttöasteiden noustua yritys pystyy nyt vastaamaan paremmin tuleviin kasvuennusteisiin. Parannusehdotukset laadittiin siten, että ne ovat hyödynnettävissä myös muiden yrityksen tuotteiden kohdalla. Tavoitteena oli tehostaa kosteus- ja lämpötilalokitieta keräävien tuotteiden kalibrointiasemien käyttöasteita toimituskyvyn parantamiseksi sekä tulevan kasvun tueksi. Lopputuloksena parannuksilla saavutettiin yhden kalibrointiaseman verran lisää potentiaalista kalibrointiaikaa.

2 Kalibrointi ja Lean teoriassa

2.1 Kosteuskalibrointi

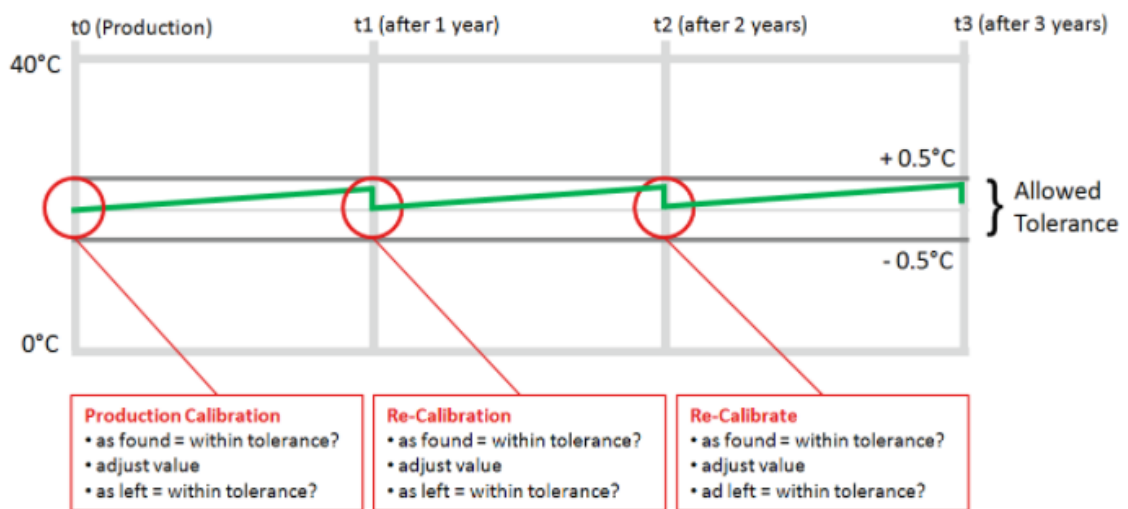
Kosteuskalibrointi on prosessi, jossa mitataan testattavaa instrumenttia tai laitetta ja verrataan sen tuloksia referenssilaitteeseen. Referenssilaitteen tiedetään varmuudella näyttävän oikeita lukemia. Arvoja vertaamalla pystytään tunnistamaan poikkeamia ja systemaattisia virheitä sekä tekemään korjauksia. Referenssilaitteen tulisi olla noin kymmenen kertaa tarkempi kuin kalibroitavan laitteen, jotta sen toleranssit vaikuttaisivat mahdollisimman vähän mitattavan laitteen hyväksyttävään kalibrointiin. Yleensä kalibrointi tapahtuu toistamalla vertausprosessia, jossa käydään läpi haluttu määrä kalibrointipisteitä mittausalueella. Kalibrointi on prosessi, jossa laitteen valmistaja vertaa laitteen näyttämiä lukemia referenssilaitteen osoittamiin lukemiin.

Kosteuskalibrointi suoritetaan luomalla stabiili kosteuden taso näytekaasuun. Kaasua mitataan sekä referenssilaitteella että itse kalibroitavalla laitteella. Kosteuskalibrointisysteemi sisältää yleensä kuivan ilman lähteen, kosteusgeneraattorin halutun kosteuden luomiseksi ja referenssilaitteen, joka on tarkempi kuin kalibroitava laite. Systeemiin kuuluu myös kaasunjakeluputkistolla varustettu kammio, joka ylläpitää sisällään halutun olosuhteen kalibroitaville laitteille. Ulkonäöltään ne muistuttavat esimerkiksi jääkaappia. Suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kalibrointi sisältää lämpötilan säätömahdollisuuden, jotta pystytään määrittämään kosteus eri lämpötiloissa.

Kosteuden mittaaminen on hyvin kriittinen osa monissa eri toimialojen prosesseissa. Sen takia on tärkeää, että mittalaitteet lukevat oikein ympärillä olevaa olosuhdetta. Kosteusmittalaitteiden valmistajat antavatkin todisteen suorittamastaan kosteuskalibroinnista sertifikaatin muodossa. Sertifikaatista selviää vähintään referenssilaitteen mittaustulokset, kalibroidun laitteen tulokset sekä korjaukset eri mittauspisteissä.

Takeita laitteen mittaussuorituskyvyn pysymisestä hyvänä läpi käyttöikänsä ei ole. Laitteet altistuvat erilaisille olosuhteille, jotka saattavat vaikuttaa

mittaamiskyvyn tarkkuuteen. Ajan myötä laitteen mekaaniset sekä elektroniset osat ikääntyvät, mikä voi aiheuttaa muutoksia mittauskyvyssä. Tätä muutosta on kuvattu englannin kielen sanalla ”drift” eli arvojen ajelehtiminen. Kuva 1 demonstroi, kuinka kosteuskalibroidun laitteen mittausarvo ajelehtii laitteen ikäännyessä. Näiden asioiden myötä on mahdotonta sanoa, onko mittauskyky pysynyt samana vuosien varrella. Kosteutta mittaavat laitteet on hyvä uudelleenkalibroida valmistajan tai viranomaisten suosittelemin aikaväleihin. Uudelleenkalibrointi on ainoa keino varmistaa laitteen mittaustarkkuus. [1.]



Kuva 1. Esimerkki kosteuskalibroidun laitteen anturin mittausarvon ajelehtimisestä sekä uudelleenkalibroinnin vaikutuksesta. [2]

Kriittisille kosteusmittalaitteille tulisi suorittaa uudelleenkalibrointi tietyin aikaväleihin. Monet asiakkaat käyttävät akkreditoituja kalibrointilaboratorioita laitteitensa uudelleenkalibrointiin. Akkreditoitujen kalibroinnin lupa kertoo asiakkaalle, että kyseinen toimija on osoittanut omaavansa toimintajärjestelmän, joka täyttää standardin ISO 9001 mukaiset vaatimukset. ISO 9001 -standardi on kansainvälinen standardi, joka määrittää vaatimukset laatujohtamisjärjestelmälle. Yritykset ja organisaatiot voivat todistaa sillä kykynsä toimittaa tuotteita tai palveluita, jotka täyttävät asiakas ja sääntelyä koskevat vaatimukset. [3.] Akkreditoitujen kalibroinnin tarkoituksena on siirtää jäljitettävyystietoja siten, että mittaukset tai käytetyn mittanormaanin yhteys on ilmoitettu kansalliseen tai kansainvälisiin referensseihin katkeamattoman vertailuketjun avulla. [4.]

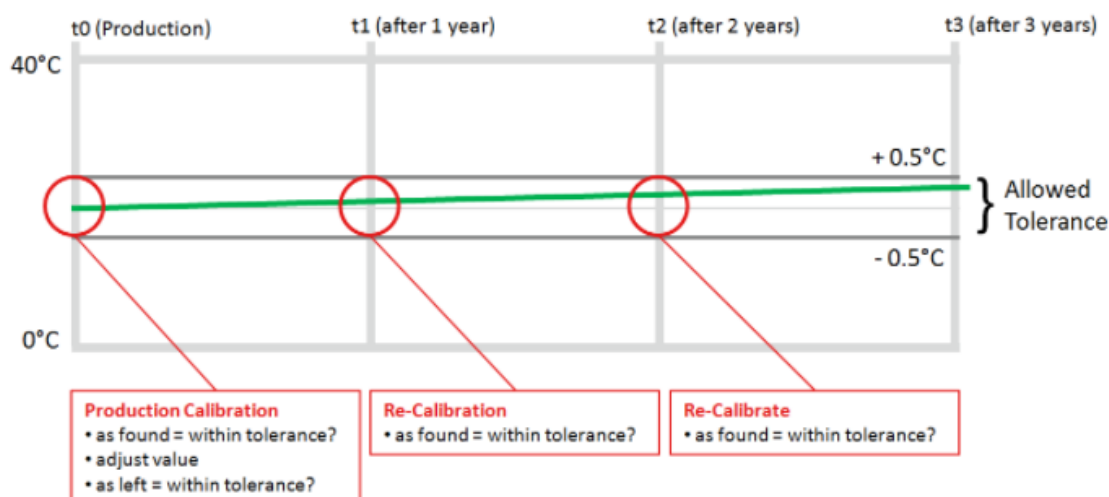
2.2 Lämpötilakalibrointi

Lämpötilakalibrointi on melko samanlainen prosessi kuin kosteuskalibrointi. Se on luotettava, toistettavissa oleva ja dokumentoitu vertailu kalibroinnissa olevan laitteen sekä siihen verrattavan referenssilaitteen välillä. Referenssilaitte on korkean tarkkuuden instrumentti, jonka tarkkuus tarkastetaan tietyin aikavälein. Lämpötilakalibrointi suoritetaan aina yhdellä tai useammalla ennalta määritetyllä mittauspisteellä.

Kalibrointi suoritetaan laitteella tai koneella, joka pystyy ylläpitämään tiettyä lämpötilaa halutun ajan sekä halutulla tarkkuudella. Lämpötilakalibroinnissa käytetään usein lämpötilahaudetta. Hauteet voivat olla joko kuivia, joissa lämpötilaa vaihdetaan kiinteän aineen välityksellä tai nestemäisiä, joissa lämpötila siirtyy nestemäisessä muodossa olevan aineen välityksellä. Kalibroittavan laitteen sekä referenssilaitteen arvoja vertaillaan joko kalibroinnin aikana tai lopuksi. Jos arvot ovat spesifikaatioiden sisällä, laite läpäisee kalibroinnin hyväksytysti ja tuloksista voidaan muodostaa dokumentti kalibrointisertifikaatin muodossa.

Kalibroituja lämpötilamittalaitteita käytetään esimerkiksi elintarvikkeiden ja lääketeollisuuden varastointi- ja kuljetustarpeissa. On tärkeää, että näillä toimialoilla toimivat yritykset pystyvät osoittamaan viranomaisille esimerkiksi kylmäketjun katkeamattomuuden elintarvikkeiden kuljetuksen aikana. Yritykseltä voidaan vaatia lämpötilatietoa tietyltä päivältä, ajankohdalta, laitteelta sekä kuljetukselta. Mittalaitteen käyttäjää voidaan pyytää todistamaan mittalaitteen pätevyys. Se voidaan todistaa kalibrointisertifikaatilla.

Kriittiset lämpötilan mittalaitteet tulisi uudelleenkalibroida noin vuoden välein. Sillä varmistetaan, ettei laitteen materiaalien sekä elektroniikan vanheneminen ole aiheuttanut mittaustarkkuuden ajalehtimistä. Vanhenemiseen vaikuttavat huomattavasti laitteen käyttöympäristö sekä sen mittapään suojaus. Lämpötila-anturien mittauservojen ajalehtimisen riski on kuitenkin hyvin pieni. Eri tiloissa sekä laitteissa arvojen tarkkuudet pysyvät hyvinä vuosia. Kuva 2 näyttää esimerkin, miten lämpötila-anturin mittauservo voi ajalehtia ajan kuluessa.



Kuva 2. Esimerkki miten lämpötila-anturin mittausrvo voi ajelehtia ajan kuluessa. [2]

Osa viranomaisista vaatii vuosittain kalibroitujen laitteiden käyttämistä, kun taas toisille riittää harvemmat aikavälit. Ei ole olemassa yhtä oikeaa aikaväliä. Viranomaiset arvostavat kuitenkin riskiin perustuvaa tiheyttä. [2.]

2.3 Analogiakalibrointi

Analogiakalibrointi tai toisin sanoen sähkösuureiden kalibrointi on sähkösuureita mittaavan laitteen suorituskyvyn varmistamista. Pääasialliset suureet ovat jännite, virta, resistanssi, induktanssi, kapasitanssi sekä taajuus. Sähkösuureiden kalibroinnissa käytetään tarkkuuslaitteita, jotka arvioivat kalibroitavan laitteen suorituskykyä. Tarkkuuslaitteiden suorituskyky tunnetaan läpikotaisesti, mikä mahdollistaa vertauksen kalibroitavan laitteen suorituskykyyn. Tarkkuuslaitteiden olisi hyvä olla noin neljä kertaa suorituskykyisempiä kuin kalibroitavan laitteen. [5.]

Sähkösuureiden kalibrointi suoritetaan luomalla sähköinen signaali kalibroitalle laitteelle. Laitteen mittaamaa arvoa verrataan tunnettuun referenssiin eli tarkkuuslaitteeseen. Arvojen ero arvioidaan ja tarvittaessa kalibroitavaa laitetta säädetään, kunnes saadut arvot täsmäävät tarvittavan tarkasti referenssin kanssa.

Sähkösuureita mittaavia laitteita koskee myös uudelleenkalibroinnit. Niiden elektroniikka ja materiaalit vanhenevat kuten muissakin mittalaitteissa. [6.]

2.4 Mitä on Lean?

Vuonna 1988 Massachusetts Institute of Technology -korkeakoulussa työskenteli pieni ryhmä tutkijoita, jotka tutkivat kansainvälistä autoteollisuutta. He huomasivat ainutlaatuisia toimintatapoja Toyota Motor Companylla. Tutkimusryhmä katsoi tärkeimpiä suorituskykymittareita ja vertasivat niitä muihin massatuotannon yrityksiin. He tekivät Toyota Motor Companysta seuraavanlaisia huomioita:

- Yrityksessä tarvittiin vähemmän ponnisteluja tuotteiden suunnittelussa, valmistuksessa sekä huoltamisessa.
- He tarvitsivat vähemmän investointeja saavuttaakseen tietyn tuotantokapasiteetin.
- Tuotteissa oli vähemmän virheitä.
- Yritys käytti vähemmän tavarantoimittajia.
- He suoriutuivat avainprosesseista lyhyemmässä ajassa ja pienemmällä vaivalla.
- Eri työvaiheisiin liittyvää varastointia tarvittiin vähemmän.
- Yrityksessä tapahtui vähemmän työtapaturmia.

Näiden tulosten perusteella tutkimusryhmä tuli lopputulemaan, että kyseessä on yritys, joka suoriutuu kaikesta vähemmällä kuin muut. Tästä tulee nimitys ”Lean”. Tämän myötä termi Lean yhdistettiin yrityksiin, jotka suoriutuivat enemmästä vähemmällä. Lean-organisaatiot käyttävät vähemmän ponnisteluja työn suorittamiseen, vähemmän materiaaleja tuotteidensa tai palveluidensa tekemiseen, vähemmän aikaa niiden kehittämiseen sekä vähemmän energiaa ja tilaa

tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen. Lean-toimintatapaa käyttävät yritykset ovat paremmin orientoituneita täyttämään asiakkaiden vaatimukset sekä kehittämään korkealaatuisempia tuotteita ja palveluita mahdollisimman kustannustehokkaasti. Kyseisen tuotantotavan käyttö oli siten sitoumus käyttää periaatteita ja toimintatapoja, joilla organisaatio saatiin menestyväksi ja hyväkuntoiseksi sekä saatiin pidettyä se sellaisena.

Nykyään Lean on kehittynyt filosofiaksi, jota voi käyttää sekä elämässä että työpaikalla. Lean on matka ilman ennalta määrättyä polkua taikka määränpäättä. Se on keino päästä eteenpäin, mikä takaa samalla jatkuvan parantamisen mahdollisuuden. Vaikka nimi viittaaakin karsimiseen ja vähemmällä pärjäämiseen, ei kyseessä ole kuitenkaan dieetti vaan kurinalainen elämäntapa.

Lean-termi yhdistettiin alun perin valmistus -ja tuotantoprosesseihin, mutta oikeastaan sitä voidaan hyödyntää yrityksen jokaisella osa-alueella aina toimittajaketjuista asiakaslähtöiseen arvoketjuun. Lean-ajattelutapaa toteutetaan esimerkiksi energiantuotannossa, terveydenhuollossa, valtiojohdossa, rakennusallalla, pankkitoiminnassa sekä jälleenmyynnissä. [7.]

2.5 Lean-tuotanto

Lean-tuotanto on tavaroiden tai tuotteiden valmistamista mahdollisimman vähällä työpanoksella, tilan viennillä, työkaluilla sekä romutettavan tavaran syntymisellä. Se johtaa juurensa suurimmaksi osaksi TPS-systeemiin eli Toyota Production System -tuotantotapaan. Se on tunnettu keskittymisestä seitsemän hukkan vähentämiseen tuotannossa. TPS-tavan mukaan hukkaa tuotantoprosessissa on kaikki aktiviteetti, joka ei edistä prosessin etenemistä tai lisää arvoa lopputulokseen. Seitsemän hukkaa ovat seuraavanlaiset:

- Ylituotanto. Ylituotanto on tavaran tai tuotteen valmistamista ennen kuin sille on edes tarvetta. Se on hyvin kallista tuotantolaitokselle, sillä se estää materiaalien sulavan kulun. Tuottavuus ja laatu heikkenevät.

- Ylimääräinen tavara varastossa. Ylimääräinen tavara varastossa johtaa kasvaneisiin läpimenoaikoihin, se syö lattiapinta-alaa tuotannolta, ongelmien tunnistaminen viivästyy ja vaikutus kommunikointiin on negatiivinen.
- Odottaminen. Tuotteen läpimenoaikaan liittyy vahvasti sen siirtyminen prosessissa seuraavaan vaiheeseen. Näissä väleissä odottaminen luo odottamisen hukkaa. Se johtuu yleensä heikosti suunnitellusta materiaa-
livirtauksesta sekä heikosta informaation etenemisestä.
- Kuljettaminen. Tuotteen kuljettaminen prosessien välillä ei tuo sille lisää arvoa. Ylimääräinen kuljettaminen ja käsittely lisää vaurioita ja luo mahdollisuuden laadun heikkenemiselle.
- Tarpeeton liikehdintä. Tarpeeton liikehdintä viittaa työntekijän taikka tuotantolaitteen tarpeettomaan liikkeeseen, joka voi johtaa vaurioihin, väsymykseen, kulumiseen tai työturvallisuusongelmiin.
- Yliprosessointi. Yliprosessointi lisää kalliiden resurssien käyttöä tehtävän tekemiseen kuin mikä on tarpeellista tai asiakkaan näkökulmasta tärkeää. Kalliiden resurssien käyttö kannustaa ylituotantoon, koska sillä saadaan tuotteen kokonaishintaa pienemmäksi.
- Laatuvirheet. Laatuvirheet vaikuttavat yrityksen tulokseen negatiivisesti. Ne aiheuttavat uudelleentyöstöä, romuttamista sekä niihin liittyviä lisäkustannuksia, kuten uudelleentarkastuksia, uudelleenaikatauluttamista ja kapasiteetin menettämistä.

Lean-tuotanto keskittyy pääasiassa tuotantoprosessiin, mutta se nähdään myös johtamisen työkaluna tuotannon kulujen vähentämisessä. Sillä voidaan vaikuttaa tuotteen hintaan jo tuotekehityksen aikana. Huomattavia säästöjä voidaan saavuttaa suunnittelemalla tuote helposti valmistettavaksi, testattavaksi sekä tekemällä tuotteesta luotettava ja varmatoiminen. Lean-tuotannolla pystytään optimoimaan työvoiman käyttöä ja leikkaamaan huomattavasti läpimenoaikoja.

Kustannuksia pystytään vähentämään optimoimalla materiaali- sekä informaatiovirtauksia. Standardituotteet voidaan valmistaa ilman suuria määriä varastoitavia nimikkeitä.

Hyödyntämällä arvovirtakarttoja sekä ennusteita voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Standardoiduilla tuotantotavoilla sekä tuotteiden osilla valmistaminen pysyy yksinkertaisena. Standardiosia on helpompi saada ja niiden määrä pysyy pienenä. Niitä voidaan suunnitella käytettäväksi monessa tuotteessa. Tällä tuotantotavalla voidaan optimoida monia eri tuotannon osia, joilla pystytään saavuttamaan säästöjä jokaisella yrityksen toiminta-alueella.

Lean-tuotantoon kuuluu vahvasti tuotantosoluvalmistaminen. Tavassa korostuu solun työpisteiden ja työkalujen asettelu siten, että materiaalit ja komponentit liikkuvat sen sisällä vaivattomasti työvaiheesta toiseen. Näin pystytään vähentämään turhaa liikuttamista sekä liikehdintää. Kun prosessi on tasapainossa, tuotteet virtaavat helposti tuotantosolun läpi ja päätyvät asiakkaille suunnitellussa ajassa.

Tuotantosoluvalmistaminen yhdistää manuaalisen sekä koneellisen kokoonpanon siten, että voidaan saavuttaa tehokkain mahdollinen tapa maksimoida resurssit sekä minimoida hukka. Tapa suosii yhden tuotteen virtaamista prosessin läpi sen sijaan, että useampi osa tai tuote liikkuisi kerralla työvaiheesta toiseen tai testiasemalta toiselle. Se lisää myös tuotannon joustavuutta tuotteiden muokkauksille silloin, kun asiakkaiden toiveet sitä vaativat. Kaiken tämän tuloksena saavutetaan tuotteen mahdollisimman pieni läpimenoaika, odotushukka sekä tarvittavien osien määrä. [8.]

2.6 Arvovirtakartta

Arvovirtakartta tai englannin kielellä lyhennettynä VSM (Value Stream Mapping) on työkalu, jolla luodaan materiaali- sekä informaatiiovirtauksen malli tuotteelle tai palvelulle. Sillä pystytään löytämään hukka prosessin sisällä. Se keskittyy löytämään huomattavimmat parannusehdotukset. Tämän työkalun avulla yritys

pystyy kartoittamaan tavaran sekä informaation kulun asiakkaan tilauksesta aina laskun maksamiseen saakka. Käyttö aloitetaan tekemällä vallitsevan tilanteen kartta, joka paljastaa senhetkisen prosessin tilanteen. Seuraavaksi tehdään halutun tilan kartta, jolla pyritään kuvaamaan tavoite sekä myös se, kuinka se on saavutettavissa. Sen pohjalta pystyy suoraviivaisesti ratkaisemaan prosessissa olevia ongelmia ja tekemään parannuksia esimerkiksi läpimenoaikaan sekä vähentämään tuotantokuluja. Ilmi tulevat myös ongelmakohdat, joita voivat olla uudelleentyöt ja laatuongelmat. Sillä voi myös tunnistaa pullonkauloja sekä muita parannuskohteita. [8.]

2.7 Ongelmanratkaisumenetelmät

2.7.1 5 Why

5 Why -menetelmä on osa Toyota Production System -valmistustapaa. Sen isänä pidetään Sakichi Toyoda -nimistä japanilaista keksijää. Myöhemmin menetelmästä on muodostunut tärkeä osa Lean-filosofiaa. Yksinkertaisuudessaan menetelmässä kysytään viisi kertaa ”miksi”, ongelmaa ratkottaessa. Valaisevan päätöksen tekemiseksi on tärkeää, että sen perustana käytetään käytännönläheistä tarkkaa tietoutta ongelmasta. Toisin sanoen on tärkeää, että ongelmanratkaisuun osallistuu henkilö, jolla on käytännön kokemusta aiheesta. Luonnollisesti hänellä on paras ja arvokkain tietämys ongelman luonteesta. Menetelmän tarkoituksena on löytää ongelman juurisyy, jonka korjaamalla ongelma pystytään poistamaan tai sen vaikutusta vähentämään.

Käytännössä menetelmän käyttö aloitetaan muodostamalla ongelmanratkoryhmä. Mukana olisi hyvä olla ihmisiä eri sidosryhmistä ongelmaan liittyen. Näin saadaan mielipiteitä sekä näkemyksiä monesta eri näkökulmasta, jolloin ongelmanratkaisu helpottuu. Ensimmäiseksi pyritään määrittelemään ja tarkentamaan ongelma, joka halutaan selvittää. Ongelma on hyvä rajata, koska laaja ja rönsyilevä ongelmanratkaisu on hyvin aikaa vievää ja tehotonta. Kun ongelma on rajattu, voidaan aloittaa ensimmäisestä miksi-kysymyksestä. Vastauksen tulisi perustua faktoihin sekä dataan, eikä esimerkiksi tunnepohjaisiin

pohdintoihin. ”Miksi”-kysymystä toistetaan tarpeeksi monta kertaa, jotta juurisyy löydetään. Menetelmää käytettäessä tulee pysyä keskittyneenä rajattuun ongelmaan, sillä riskinä on, että tulokseksi saadaan hyvin paljon ongelmaan liittymättömiä ehdotuksia sekä uusia ongelmia.

On kuitenkin mahdollista, että juurisyytä löydetään useampi kuin vain yksi. Sen seurauksena menetelmän tulokset alkavat haaroittumaan ja on mahdollista, että syytä löydetään organisaation muiltakin tahoilta.

Kun juurisyy tai syyt on löydetty, ryhdytään korjaavien toimenpiteiden suunnitteluun ja implementointiin. Jokaisen ryhmän jäsenen tulee osallistua, jotta saadaan aikaiseksi tehokkain tapa estää huomattun ongelman uudelleenesiintyminen. Tavan löydyttyä yksi ryhmän jäsenistä nimitetään korjauksen toimeenpanijaksi. Hänen tehtävänänsä on myös tarkkailla korjaavan toimenpiteen käyttöönottoa. Ennalta sovitun ajan jälkeen korjauksen tehokkuus tulisi ottaa tarkasteluun ja todeta, onko sillä ollut positiivinen vaikutus. Jos ei, niin prosessi tulisi uusia paremman ratkaisun löytämiseksi. Kun toimiva parannus on havaittu tehokkaaksi, se tulee dokumentoida sekä julkistaa koko organisaatiolle. Näin muutkin pääsevät hyödyntämään ongelmaratkaisuryhmän kehittämää parannusta tarvittaessa. [9.]

2.7.2 A3-ongelmanratkaisu

A3-ongelmanratkaisumenetelmä on yhden A3-sivun kertomus valitusta ongelmasta sekä sen ratkaisusta. Menetelmää käytti alun perin Toyota Motor Company 1960-luvulla. Hyvä A3-raportti havainnollistaa luotettavasti vallitsevan tilanteen sekä Lean-työkalujen hyväksikäytön ongelman ratkaisemiseksi. Pohjimmiltaan A3-raportti on kuvakäsikirjoitus, joka etenee loogisesti ja standardinmukaisesti ongelman ratkaisua kohti.

A3-ongelmanratkaisumenetelmä voi alkuun vaikuttaa monimutkaiselta. Raportille tiivistetään iso määrä tietoa. Menetelmä on intuitiivinen ja tehokas, joka voi aiheuttaa omat ongelmansa. Se voi olla houkutteleva vaihtoehto ihmisille, joilla

on vain vähän aikaa. Siihen voidaan yrittää tiivistää liikaa tietoa, jolloin se menettää tehokkuutensa. [10, s. 176–179.]

Menetelmässä on tärkeää osallistaa kaikki sidosryhmät ja kommunikoida tehokkaasti. Prosessissa on kolme tärkeää roolia: omistaja, sidosryhmät sekä opastaja. Omistaja on vastuussa prosessin johtamisesta sekä dokumentoinnista. Hänen tukenansa tulee toimia ongelmanratkaisussa kokenut opastaja. Hänen roolinsa on ohjata omistajaa oikeaan suuntaan ongelmanratkaisun kannalta. Opastaja ei saa antaa suoria vastauksia ongelmiin. Viimeisenä ovat sidosryhmäläiset. He ovat kiinnostuneita lopputuloksesta. Sidosryhmästä on mukana monta henkilöä. Heidän kaikkien tavoittaminen tarvittaessa voi muodostua ongelmaksi. Menetelmää käytettäessä on tärkeää, että kaikki mukana olevat tahot noudattavat Lean-periaatteita sekä ymmärtävät oman osansa auttavana tekijänä.

Menetelmä aloitetaan selventämällä, mikä ongelma on. Se olisi hyvä myös kuvailla lyhyesti. On tärkeää tiedostaa lähtötilanne. Kun ongelma ja lähtötilanne ovat selkeät, asetetaan tavoitteet. Ne voivat muuttua ja tarkentua menetelmän edetessä. Alussa voi olla vaikeaa ymmärtää kokonaiskuvaa. Seuraavaksi suoritetaan A3-ongelmanratkaisumenetelmän kenties tärkein vaihe eli ongelman juurisyiden selvittäminen. Juurisyiden selvittämättä jättäminen johtaa yleensä vain oireiden hoitamiseen eikä ongelman todelliseen ratkaisemiseen. Juurisyitä voi ratkaista monilla eri tekniikoilla. Yksi yleisimmistä on tässä työssä aikaisemmin mainittu 5 Why -menetelmä.

Kun juurisyy tai syyt ovat selvillä, voidaan tehdä ehdotuksia niiden korjaamiseksi. Tässä kohtaa voi olla tarve päivittää tavoitteita, sillä käsitys ongelmasta on tarkentunut. Korjaavien toimenpiteiden tulisi johtaa selkeään kuvaan, kuinka asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa. Toimenpiteiden täytäntöönpanot tulee suunnitella selkeästi. Niistä on hyvä tehdä lista, jolloin ne ovat helppo osoittaa tarvittaville henkilöille tehtäviksi. Samalla voidaan sopia aikarajoista, joihin mennessä tehtävä tulee olla suoritettuna. Viimeisenä mutta välttämättömänä vaiheena suoritetaan tulosten arvioiminen sekä niiden tehokkuuden mittaaminen. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luomiseksi on tärkeää, että tulokset käydään

läpi. Olivat tulokset sitten huonoja tai hyviä, prosessin omistajan on ryhdyttävä toimenpiteisiin. Jos lopputulos poikkeaa tavoitteesta, tulee suunnitelmaa muokata uudelleen. Prosessia toistetaan, kunnes haluttu tavoite saavutetaan.

A3-ongelmanratkaisumenetelmä on yhdenmukainen ja rohkaiseva tapa informaation jakamiseen yrityksen eri organisaatiotasojen kesken. Menetelmä rohkaisee jatkuvaan parantamiseen sekä itsensä kehittämiseen. [9.]

3 Kalibrointi

3.1 Kalibrointiprosessit

Tämän työn kalibrointiprosessiin kuuluvat tuotteet jakautuvat kahteen pääkategoriaan: suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kalibrointeihin (RHT-kalibrointi) sekä pelkkään lämpötilakalibrointiin (T-kalibrointi). Nämä kalibroinnit suoritetaan eri asemilla. RHT-kalibrointiasemia on kahdeksan kappaletta. T-kalibrointiasemia seitsemän kappaletta. Analogiakalibrointiasemia on yksi.

Työtä koskevista kalibrointiprosesseista tehtiin arvovirtakartat. Ne selkeyttivät prosessien osia sekä kertoivat, mihin laitteen valmistuksessa kuluu aikaa. Kartat kertoivat, mitä kalibrointiprosessien osia kannattaisi ottaa tarkempaan tarkasteluun.

Kalibrointiasemat on sijoitettu erilliseen kalibrointihuoneeseen, jonka ympäristön olosuhteita pystytään säätämään asemille suotuisammaksi sekä pitämään se tietyllä tasolla suhteessa koko tehtaan olosuhteisiin. Tässä työssä kalibroinnista käytetään ilmaisuja: kalibrointi, kalibrointiajo tai pelkkä ajo.

RHT-kalibrointiprosessi alkaa tuotantosolussa laitteen alkukonfiguroinnilla, jolla se valmistellaan kalibrointia varten. Laitteelle asetetaan yksilöivä tiedosto, joka kertoo esimerkiksi laitteelle sen sarjanumeron. Tämän jälkeen laite siirretään tuotantosolussa sijaitsevaan kalibrointipuskuriin odottamaan vuoroaan. Puskuri noudattaa FIFO-periaatetta. FIFO tarkoittaa esimerkiksi varastonkiertoa, jossa saapumisjärjestyksessä ensimmäiset tavarat hyödynnetään myös

ensimmäisinä. Puskurilla pyritään varmistamaan, että kalibrointiasemien ajojen valmistuttua sinne olisi asetettavissa heti uudet laitteet. Kun operaattori huomaa ajon valmistuneen, hän ottaa uudet laitteet puskurista ja siirtyy kalibrointihuoneeseen. Asema tyhjenetään kalibroiduista laitteista ja täytetään puskurissa odottaneilla laitteilla. Lopuksi käynnistetään uusi ajo. Valmiit laitteet viedään takaisin tuotantosolussa sijaitsevaan kalibroituja laitteiden puskuriin.

T-kalibrointiprosessi alkaa vastaavilla valmisteluilla kuin RHT-kalibrointiprosessissa. Lisäksi laitteeseen kytketään asiakkaan haluama määrä lämpötilamittapäitä. Kun jokin asemien ajoista valmistuu, operaattori ottaa mukaansa uudet laitteet puskurista ja siirtyy kalibrointihuoneeseen. Valmistunut ajo puretaan ja tilalle asetetaan uudet laitteet. Lopuksi käynnistetään uusi ajo. Kalibroidut laitteet siirretään tuotantosolun valmiitten laitteiden puskuriin.

Analogiakalibrointiprosessi suoritetaan samalla tavalla kuin RHT- ja T-kalibroinnit. Analogiakalibrointi on nopea toimenpide, joka kestää noin kymmenestä viiteentoista minuuttia. Valmis laite viedään tuotantosolun valmiiden laitteiden puskuriiin. Osa laitteista menee vielä analogiakalibroinnin jälkeen RHT-kalibrointiin, jolloin ne jäävät odottamaan RHT-asemaan asettamista kalibrointihuoneen sisäpuolelle.

3.2 Datan nouto tietokannasta

Käyttöasteiden tarkempaa tutkimusta varten asemista oli saatava luotettavaa sekä monipuolista dataa. Yrityksen kaikkien tuotteiden sekä testiasemien data tallentuu tietokantaan, josta se on noudettavissa erilaisia datan suodattimia hyväksikäyttäen. RHT-kalibrointiasemille oli olemassa valmis Excel-pohja, johon pystyi hakemaan Excelin Web Query -toiminnolla tietokannasta kymmenen kuukauden raakadatan. Sen pohjalta muille Excelin välilehdille pystyttiin erittelemään kalibrointien kestot, kalibrointien määrät, saantoprosentit sekä käyttöasteet horisontaalipalkkeina ja prosentteina.

T-kalibrointiasemille ei ollut valmista Excel-pohjaa, mutta RHT-asemien pohja toimi hyvänä esimerkkinä sellaisen tekemiselle. Jotta näistä asemista saadaan yhtä kattavat tiedot, oli tietokantaan tehtävä alustava suodatus siten, että sieltä noudettiin vain näillä asemilla kalibroittavat tuotteet. Huomioonotettavaa oli myös kalibrointi- ja korjauspalveluosaston asiakkailta tulleet uudelleenkalibroittavat laitteet, jotka eivät näy tuotannon työjonossa. Nämä laitteet kuitenkin vievät kapasiteettia tuotannon asemilta, sillä heillä ei ole omia. T-asemien laitteet saatiin onnistuneesti omalle pohjalleen, jonka myötä niidenkin data oli helposti katseltavissa sekä analysoitavissa.

3.3 Datan käsittely ja visualisointi

Valmiit Excel-pohjat tekivät datalle jo alustavan käsittelyn sekä visualisoinnin. Nämä koostuivat lähinnä yksinkertaisista kaavioista, Pivot-taulukoista sekä niihin liittyvistä Slicer-työkaluista. Toisin sanoen data oli melko hyvin esitettyä ja valmiiksi näissä pohjissa. Pohjilla pyrittiin saamaan todellinen kuva vallitsevista käyttöasteista. Niitä käsitellessä ilmeni pieni toteutustavasta johtuva tietojen epävarmuus.

Käyttöasteet oli esitetty asemissa testipaikkakohtaisesti eli UUT-kohtaisesti. UUT on lyhennys sanoista Unit Under Test. Esimerkiksi UUT1 tarkoittaa kalibrointiaseman testipaikkaa yksi. Slicer-työkalulla valittiin jokin aseman testipaikoista yksi kerrallaan. Kalibroinneissa ei aina välttämättä käytetä kaikkia UUT-paikkoja eli osa testipaikoista jää tyhjäksi. Esimerkiksi RHT-asemissa on kuusi UUT-paikkaa, eikä tuotteita välttämättä aseteta asemaan alkaen testipaikasta yksi. Jos käytössä ovat testipaikat viisi ja kuusi ja aseman dataa tarkasteltaessa paikalta yksi, ei Excel-pohja osaa ottaa ajoa huomioon.

Miksi kaikkia UUT-paikkoja ei käytetä? Osa paikoista voi olla epäkunnossa tai kalibroittavia tuotteita ei yksinkertaisesti riitä kaikille paikoille. Miksi kaikkia UUT-paikkoja ei voinut valita samalla kertaa, jolloin kaikki ajot olisi otettu huomioon vaihtelevasta testipaikkakäytöstä huolimatta? Tällöin käyttöaste prosenttiluvut

kuusinkertaistuivat. Yhden UUT-paikan käyttöaste muodostui jakamalla aseman käyttöaste kuudella.

Todenmukaisten käyttöasteiden esiin saamiseksi laskentatapaa piti muuttaa. Uutta tapaa pohtiessa tuli ilmi, että käyttöasteen tulokseksi saa hyvin eri arvoja riippuen laskentatavasta. Kyseisten laitteiden kalibrointiajat ovat sen verran pitkiä, että oli vaikeaa päättää, mihin aikaväliin asemien käyttöaikoja vertaisi. Taulukosta 1 selviää, miten käyttöasteeksi saadaan monia eri tuloksia riippuen mihin potentiaaliseen kalibrointiin toteutuneita kalibrointeja verrataan.

Taulukko 1. Käyttöasteet laskettuna eri tuntimäärillä.

Verrattava aikaväli	Hyödynnettävissä oleva kalibrointi-aika viikossa (h)	Kalibrointiin käytetty aika viikossa (h)	Käyttöaste prosentteina (%)
Kahden työvuoron työtunnit viikossa: 5 vrk x 16 h	80 h	65 h	81,25 %
Työviikon tunnit: 5 vrk x 24 h	120 h	65 h	54,17 %
Viikon tunnit: 7 vrk x 24 h	168 h	65 h	38,69 %

Kuten taulukosta 1 käy ilmi, vaihtelee käyttöasteen tulos huomattavasti laskentatavasta. Käyttöasteen laskemisen ja menetetyt kalibrointi-aikat laskemisen helpottamiseksi oli järkevintä valita verrattavaksi aikaväliksi koko viikon tunnit. Kalibrointiin käytettyä aikaa oli helpointa verrata absoluuttiseen potentiaaliseen kalibrointiin eli kaikkien päivien kaikkiin tunteihin.

Käyttöasteet laskettiin asemittain hakemalla kaikki kalibrointi-aikat kymmenen kuukauden ajalta. Tässä datassa ei otettu kantaa, mitkä UUT-paikat olivat olleet käytössä. Ajo huomioitiin huolimatta siitä, oliko käytössä ollut yksi tai kaikki testipaikat. Kaikki ajot summattiin yhteen, jolloin saatiin tietää, kuinka

monta tuntia asema on ollut käytössä kymmenen kuukauden aikana. Kun kaikkien asemien tunnit olivat selvillä, laskettiin saman kymmenen kuukauden datan kaikkien päivien määrä ja kerrottiin luku 24 tunnilla. Näin saatiin potentiaalinen käytettävissä ollut tuntimäärä datan ajalta. Nyt käyttöaste oli helppo laskea halutuilla tavoilla. Lähtötilanteen esiintuomiseksi visuaaliseen, helpommin luettavaan muotoon käytettiin Excelin pylväskaavioita. Se osoitti asemakohtaisesti prosentteina kaikkien päivien tuntien käyttöasteet sekä työviikon tuntien käyttöasteet.

3.4 Lähtötilanne

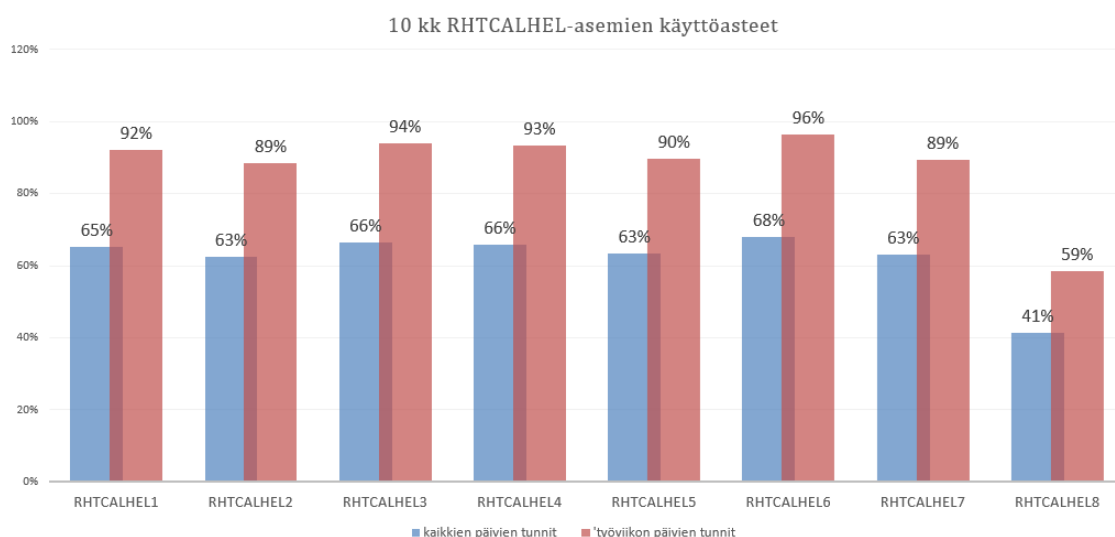
Lähtötilanteen tiedostamiseksi suoritettiin laskelmia todellisista käyttöasteista. Laskelmista ilmeni, että näiden asemien ennustetaulukko näytti huomattavasti alhaisempia lukemia kuin mitä oli todellisuus. Kyseisen taulukon pohjalta heräsi-kin tarve tarkastella tarkemmin käyttöasteita. Taulukosta 2 näkyy, kuinka ennusteiden mukaan kapasiteetti riittäisi hyvin kaikilla asemilla.

Taulukko 2. Esimerkki ennusteista kalibrointiasemien käyttöasteille.

Kalibrointi- asema	Kuukausi 1	Kuukausi 2	Kuukausi 3	Kuukausi 4
RHTCALHEL1	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL2	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL3	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL4	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL5	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL6	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
RHTCALHEL7	61,2 %	58,2 %	49,3 %	58,2 %
TCALHEL1	26,7 %	23,8 %	29,0 %	25,4 %
TCALHEL2	26,7 %	23,8 %	29,0 %	25,4 %
TCALHEL3	48,3 %	44,4 %	52,2 %	47,6 %
TCALHEL4	21,7 %	20,6 %	23,2 %	22,2 %
TCALHEL5	10,0 %	7,9 %	11,6 %	9,5 %

RHT-kalibrointiasemien todelliset käyttöasteet olivat huomattavasti korkeammat verrattuna ennustetauluksoon. Samalla huomattiin, että RHTCALHEL8-kalibrointiasema puuttui kokonaan taulukosta. Toteutuneiden kalibrointien vertaaminen työviikon tunteihin eli 120 tuntiin kertoi, että jos ajoja ei tapahtuisi viikonloppuisin olisivat käyttöasteet korkeat. Viikonloppujen tunnit mukaan laskettuna käyttöasteet laskevat hyvälle tasolle.

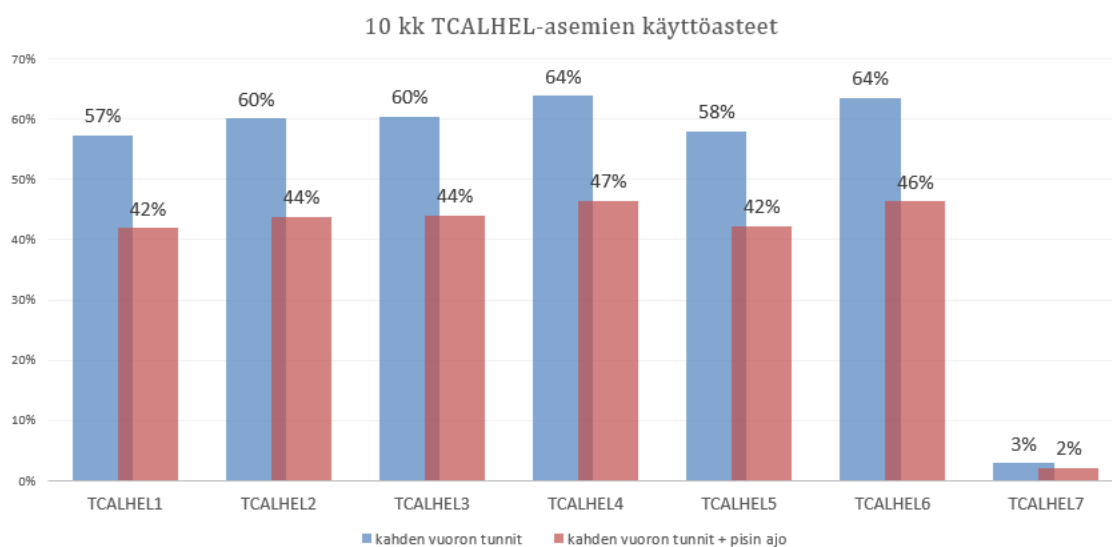
Paras tapa laskea käyttöasteita oli verrata toteutuneiden kalibrointien tuntien summaa koko työviikon sekä viikon tunteihin. Kuvasta 3 selviää RHT-asemien käyttöasteet kymmenen kuukauden ajalta. Kahdeksannessa asemassa ei voida kalibroida kaikkia samoja tuotteita kuin muilla asemilla, josta johtuu sen huomattavasti pienempi käyttöaste.



Kuva 3. RHTCALHEL-asemien 10 kuukauden dataan perustuvat käyttöasteet.

T-kalibrointiasemien todelliset käyttöasteet olivat myös ennusteita korkeammat. Samalla huomattiin, että ennustetaulukosta puuttui asemat TCALHEL6 ja TCALHEL7. Uusin asema eli TCALHEL7 oli datan hakuajankohtana juuri otettu käyttöön, jonka takia sen käyttöaste prosentti on muihin asemiin verrattuna hyvin pieni. Laskennan tuloksesta oli huomattavissa, kuinka näiden asemien käyttöasteet olivat hyvällä tasolla, vaikka tulokset olivatkin ennusteita korkeammat. Tulosten perusteella olikin turvallista sanoa, että kapasiteetti näillä asemilla

kalibroituissa tuotteissa riittää mainiosti. Ajojen pituudet ovat lyhyempiä kuin RHT-aseilla, joten vertaaminen kahteen työvuoroon eli 16 tuntiin sekä kahden työvuoron tunteihin lisätyllä pisimmällä kalibrointiajalla oli järkevin tapa laskea käyttöasteita. Kuvasta 4 käy ilmi dataan perustuvat käyttöasteet T-kalibrointi-aseilla.



Kuva 4. TCALHEL-asemien kymmenen kuukauden dataan perustuvat käyttöasteet.

4 Ongelmanratkaisu

Tämän työn ongelmanratkaisumenetelmänä käytettiin Leanista tuttua A3-menetelmää. Nämä tulokset pohjautuvat kymmenen kuukauden OTD-dataan, josta tarkasteltiin eritoten myöhästymisiä sekä niiden syitä. OTD eli On Time Delivery on yksi monista suorituskykymittareista, jolla seurataan yrityksen kykyä toimittaa tuotteensa asiakkaalle luvatussa ajassa. Liikkeelle lähdettiin ongelman kuvauksesta. Kuvauksen yhteydessä ilmoitettiin sen hetkisen ongelman tilanne, tavoite, joka pyritään saavuttamaan sekä sen hetkisen tilanteen ja tavoitteen erotus. Ongelma kiteytettiin yhden teollisuudessa laajalti käytetyn KPI:n mukaan eli OTD-prosentin mukaan. KPI eli Key Performance Indicator on jokin mitattava yrityksen suorituskykyyn liittyvä suure. Tehtaan yleisen tavoiteprosentin sekä senhetkisen OTD-prosentin ero tätä menetelmää aloitettaessa oli 10,5 prosenttiyksikköä.

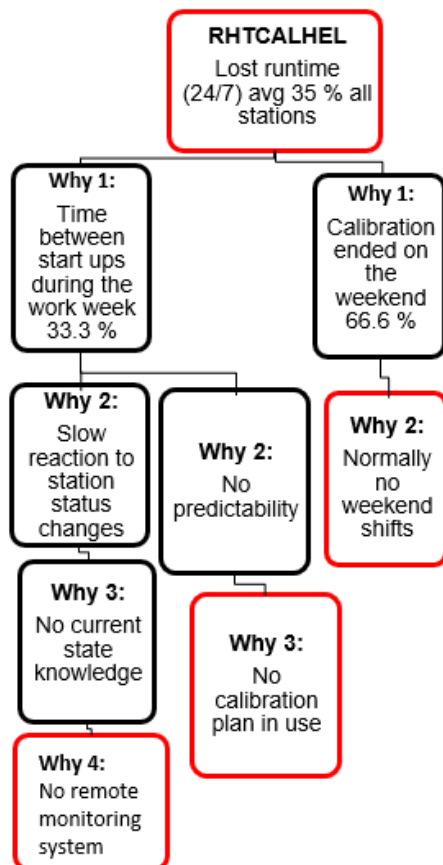
Toisessa vaiheessa ongelma puretaan tarvittavan moneen osaan. Tämän työn ongelma jakaantui pääasiassa kolmeen osatekijään. Ensimmäisenä toimituskykyyn negatiivisesti vaikuttava tekijä oli menetetty kalibrointi-aika. RHT-asemien potentiaalisesta kalibrointiajasta hukattiin keskiarvolta 35 % siihen, että kalibrointeja päättyi työaikojen ulkopuolella kuten yöllä sekä viikonloppuisin. Toisena ongelmana oli kalibrointiasemien epävarma toiminta. 86,1 % vaikeuksista aiheutui RHT-kalibrointiasemista ja 13,9 % T-kalibrointiasemista. Kolmantena ongelmana havaittiin, että näitä laitteita valmistavassa tuotantosolussa oli paljon suunnittelemattomia poissaoloja, materiaalipuutteita sekä osatoimituskieltoja. Näistä ongelmista valittiin työstettäväksi kaksi ensimmäistä, sillä kolmas ongelma ei ollut ratkaistavissa tämän työn puitteissa.

Kun ongelmat sekä niiden painoarvot oli selvitetty, asetettiin niiden mukaan työlle sopivat ja realistiset tavoitteet. Ensisijaiseksi tavoitteeksi valittiin OTD-prosentin nosto viidellä prosenttiyksiköllä liittyen kalibrointiasemiin tehtävillä parannusehdotuksilla. Toissijaiseksi tavoitteeksi valittiin koko tuotantosolun OTD-prosentin nosto tehtaan yleiselle tavoitetasolle. Tämän työn parannuksilla

saatetaan vaikuttaa epäsuorasti myös tuotantosolun muihin haasteisiin, jotka eivät kuulu tämän työn laajuuteen.

4.1 Menetetty kalibrointi-aika

Tavoitteiden asettelun jälkeen päästiin itse juurisyiden etsimiseen. Ratkaistaviksi valittuja ongelmia alettiin purkamaan käyttäen 5 Why -tekniikkaa. Aloitus tapahtui selvittämällä menetetyt kalibrointi-aikojen syyt. Kuvasta 5 selviää, kuinka tekniikkaa käyttämällä juurisyys saatiin esiin melko nopeasti. Juurisyys löytyivät jo ennen viidettä miksi kysymystä.

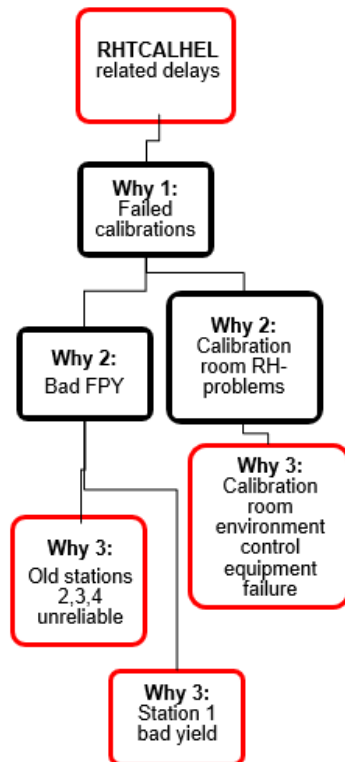


Kuva 5. Menetetyt kalibrointi-aikojen juurisyys RHTCALHEL-aseilla.

Menetettyyn kalibrointi-aikaan löytyi kolme juurisyys: etävalvonnan puute, kalibrointisuunnitelman puute sekä viikonloppuvuorojen puuttuminen.

4.2 RHT-kalibrointiasemat

Seuraavaksi pureuduttiin RHT-asemien toimintavarmuuksien ongelmiin. Kuvasta 6 on nähtävissä tämän ongelman ratkaisukaavio.



Kuva 6. RHTCALHEL-asemien aiheuttamien ongelmien juurisyyt.

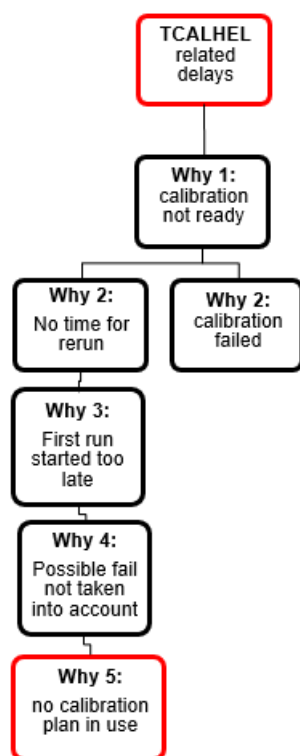
Juurisyyt löytyivät lähinnä vanhoista asemista. Toisen, kolmannen sekä neljännen aseman toimintavarmuudet olivat heikkoja verrattuna uusiin asemiin. Näissä asemissa oli heikko FPY eli First Pass Yield. FPY tarkoittaa ensisaantoa eli prosenttilukua, joka kertoo, kuinka monta laitetta läpäisee kalibroinnin hyväksytysti ensimmäisellä yrityksellä.

Tämän syvemmälle juurisyyhyyn ei ollut tarvetta paneutua, sillä asemien teknisten vikojen ratkaisu ei kuulunut tämän työn aihealueeseen. Poikkeuksen uusien asemien hyvään suoriutumiseen teki asema yksi. Sen toimintavarmuus ei ollut yhtä huonolla tasolla kuin vanhoissa asemissa, mutta ei niin hyvällä kuin muissa uusissa asemissa. Kolmantena juurisyyynä löydettiin tätä työtä edeltävänä

kesänä tapahtunut kalibroituhuoneen ympäristön olosuhteiden säätölaitteiden vikaantuminen. Olosuhteet ylittivät asetetut rajat ja siten vaikuttivat kalibrointi-
asemien toimintavarmuuksiin. Tässäkin tapauksessa isoin vaikutus oli vanhoi-
hin asemiin, joiden toiminta heikkeni entisestään.

4.3 T-kalibrointiasemat

Viimeisenä ja pienimpänä ongelmana oli T-asemiin liittyvät ongelmat. Kuvasta 7 näkee, kuinka juurisyyhyn päädyttiin.



Kuva 7. TCALHEL-aseamista johtuneiden ongelmien juurisyy.

Näiden seitsemän TCALHEL-aseaman kuormitukset ovat vielä kevyet, ja läpikäy-
dyn datan perusteella näillä asemilla oli vain yksi myöhästymiseen johtanut epä-
onnistunut kalibrointi. Nämä epäonnistuneesti kalibroidut laitteet olivat osa
isompaa osatoimituskiellettyä toimitusta. Myöhästyminen ei siis johtunut kapasi-
teettiongelmista, vaan todennäköisesti työntekijäpulasta sekä liian myöhään
aloitetusta kalibroinnista.

5 Parannukset

A3-ongelmanratkaisua käyttäen saatiin esiin juurisyitä, jotka olivat merkittävimpiä tekijöitä laitteiden toimitusaikojen epätarkkuuteen. Seulotun datan perusteella tähän löytyi monia syitä. Seuraavaksi esitellään merkittävimmät toimituskykyyn vaikuttavat parannukset.

5.1 Etävalvonta sekä ohjaus

Yksi suurimmista ongelmista tuotantosolussa oli, ettei sieltä ollut näkyvyyttä kalibrointiasemille. Tästä johtuen operaattoreilla ei ollut mahdollisuutta reagoida asemilla tapahtuviin muutoksiin. Tämä oli yksi tekijöistä, joka lisäsi menetettyä kalibrointiaikaa. Kalibrointiajo saattaa esimerkiksi epäonnistua tai jumiutua, jolloin asema on turhaan käyttämättömänä pitkiäkin aikoja. Päättäneestä, onnistuneesta kalibroinnista ei myöskään voinut olla tietoinen ennen kuin kävi fyysisesti asemalla katsomassa ajon tuloksen.

Työn alussa operaattoreiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella ensimmäinen idea oli asentaa tuotantosoluun valojärjestelmä, joka kertoisi asemien tilanteen perinteisellä liikennevalovärijärjestelmällä. Jokaiselta kalibrointiasemalta löytyi jo merkkivalo, joka kertoi kalibrointiajon tilan. Punainen valo indikoi epäonnistunutta ajoa, keltainen käynnissä olevaa ajoa ja vihreä päättynyttä, onnistunutta ajoa. Valot olivat toteutettu aseman tietokoneeseen suoraan kytkeyllä USB-merkkivalolla sekä ohjelmistolla, joka luki asemien tilatietoja. Valojen kopiointi tuotantosoluun osoittautui odotettua hankalammaksi, sillä se olisi vaatinut kaapelointia sekä mahdollisesti valojen toteutustavan muuttamista. Seuratavia asemia on yhteensä 16 kappaletta, joten kaikkien valojen asettaminen tuotantosoluun olisi myös ollut haastavaa.

Pohdinnassa kävi myös kameravalvonta. Yhdellä kalibrointihuoneen yläkulmaan sijoitetulla kameralla olisi voinut näyttää ajantasaista kuvaa tuotantosolussa, asemien merkkivalojen tiloista. Tämä olisi ollut melko helposti toteutettavissa, sillä kamera olisi pitänyt kytkeä vain samaan verkkoon, jossa

tuotantosolun tietokoneet olivat. Tällä tavoin videokuva olisi saatu operaattoreiden nähtäväksi. Lisähaastattelujen jälkeen paljastui, että joissain tilanteissa asemien ajojen epäonnistuttua ne voisi uudelleenkäynnistää vain muutamalla hiiren painalluksella. Muutaman painalluksen tähden kalibroitihuoneeseen siirtyminen on turhauttavaa, joten paras vaihtoehto olisi, että asemia voisi myös ohjata etänä.

Lopulta tehokkaimmaksi tavaksi toteuttaa kalibroitiasemien näkyvyys sekä ohjattavuus tuotantosoluun oli jo tehtaalla olemassa ollut ratkaisu, josta työn alussa ei vielä ollut tietoutta. Kalibroitiasemien tietokoneille oli valmiiksi asennettuna etäyhteyden mahdollistava ohjelma. Kalibroitiaseman tietokoneen näkymä saatiin näkymään tuotantosolun tietokoneella. Tietokonetta pystyi myös ohjaamaan etäyhteyden yli, joka mahdollisti esimerkiksi epäonnistuneen ajon uudelleenkäynnistämisen suoraan tuotantosolusta.

Yhteensä 16 aseman etäyhteyksien näyttäminen tuotantosolussa vaati kahden lisänäytön asentamista. Toiselle näytölle avattiin kahdeksan RHT-kalibroitiaseman etäyhteydet ja toiselle näytölle seitsemän T-kalibroitiaseman etäyhteydet sekä ainoan analogiakalibroitiaseman etäyhteys.

5.2 RHT-asemien kalibroitisuunnittelu

Toinen iso ongelma menetettyyn ajoaikaan liittyi kalibroitien suunnitteluun. Operaattoreilla ei ollut tarkkaa tietoa asemilla käynnissä olevista ajoista. Käynnistettyjen ajojen ajankohtia ei merkattu mihinkään. Ajoja ei myöskään suunniteltu. Tämä johti tilanteisiin, jossa onnistuneesti päättynyt ajo odotti pahimmillaan tunteja ennen kuin uudet laitteet asetettiin asemaan kalibroiintiin. Suunnitelmattomuus johti myös ajojen loppumiseen työaikojen ulkopuolella. Esimerkiksi juuri iltavuoron päättymisen jälkeen päättynyt ajo aiheutti aikahukkaa ennen kuin aamuvuoron operaattori pääsi vaihtamaan uuden ajon tilalle. Näistä epäsuotuisasti päättyneistä ajoista muodostui huomattava määrä menetettyä kalibroitintaikaa.

Ongelmaan kehitettiin Excel-pohjainen kalibrintisuunnittelutyökalu, jonka tarkoituksena oli ilmoittaa operaattorille, jos suunniteltu ajo on loppumassa työajan ulkopuolella. Tuotantosoluun asennettiin oma tietokone vain tätä sovellusta varten. Työkalu hakee kaikkien RHT-asemien ajankohtaiset tiedot verkkolevyltä, jonne päivittyy asemien tilannetietoja. Datan joukosta pystyttiin poimimaan ajon alkamisajankohta sekä mikä tuote on kyseessä. Näiden pohjalta arvioitiin laskennallinen päättymisaika jokaiselle asemalle. Poimitun tiedon pystyi näin muuttamaan visuaaliseen helposti ymmärrettävään muotoon.

Työkalun kaavioon piirtyy käynnissä olevan ajon alkamisajankohta, tuote sekä arvioitu päättymisaika yhtenä horisontaalisena palkkina. Kuvasta 8 näkyy, kuinka palkit piirtyvät jokaiselle asemalle erikseen. Kenen tahansa on helppo nähdä kaikkien RHT-asemien ajankohtainen tilanne yhdellä silmäyksellä.



Kuva 8. Havainnollistava kuvakaappaus työkalun visuaalisuudesta. Kuvaa on sensuroitu tietojen arkaluonteisuuden vuoksi.

Työaikojen ulkopuolella päättyvien kalibrointien välttämiseksi oli oltava mahdollisuus suunnitella tulevia ajoja. Tarvetta täyttämään suunniteltiin aluksi käytettävän koneoppimista. Ideaalilanteessa koneoppimistyökalulle voitaisiin syöttää työjonossa olevat tilaukset, jonka jälkeen se järjestelisi ne siten, että RHT-asemien käytettävissä olevat tunnit tulisi hyödynnettyä maksimaalisesti. Idea kuitenkin hylättiin melko nopeasti, sillä työkalun kehitys olisi tarvinnut yrityksen ulkopuolista konsultointia. Se olisi tullut kalliiksi, ja aikaa valmiin työkalun käyttöönottoon olisi kulunut todennäköisesti kuukausia.

Alkuperäistä suunnitteluideaa lähdettiin yksinkertaistamaan. Sen tuloksena päädyttiin tapaan, jossa suunnitellaan vain yksi ajo käynnissä olevan jälkeen. Ajoja ei kannata suunnitella pitkälle, sillä asemien kalibroinneilla on aina mahdollisuus epäonnistua. Tämä tarkoittaa sitä, että ajot voivat epäonnistua tai laitteita pitää ajaa uudestaan. Nämä epävarmuudet tulisi ottaa huomioon suunnittelussa, mikä tekisi siitä erittäin kompleksista. Periaatteessa suunnitelmat pitäisi tehdä uusiksi kaikille asemille yhden ajon kaaduttua. Tämä uudelleensuunnittelun riski pystyttiin poistamaan suunnittelemalla vain yksi ajo käynnissä olevan jälkeen. Tällä tavalla suunnittelu pysyy yksinkertaisena ja helposti muuttuneeseen tilanteeseen muokattavana.

Excel-työkalu toimii myös käyttöliittymänä ajojen suunnitteluille. Käynnissä olevien kalibrointien perään pystytään piirtämään suunnitellut ajot. Suunnittelun ajon alkamisajankohta määritetään käynnissä olevan ajon päättymisajankohdasta. Ajon pituus määräytyy valitun tuotteen mukaan. Jos asiakas on tilannut laitteen kalibrointiin lisäpisteitä, niin myös ne pystytään lisäämään laitteen kalibrointiin. RHT-asemilla kalibroivat laitteet kuuluvat akkreditoitujen kalibrointipiiriin, jonka seurauksena monet asiakkaat lähettävät laitteensa uudelleenkalibroitavaksi yritykselle. Uudelleenkalibroivat laitteet kalibroidaan tuotannon asemilla. Excel-työkaluun pystyy merkitsemään, onko suunniteltu kalibrointiajo kalibrointi- ja korjauspalveluosaston vai tuotannon kalibrointiajo.

Suunnittelun toteutuksen jälkeen työkalu ilmoittaa asemakohtaisesti, jos suunniteltu ajo on päättymässä työajan ulkopuolella. Työajan ulkopuoliseksi ajaksi

määriteltiin ajanjakso aamuvuoron aloituksesta kello kuusi, iltavuoron päättymiseen kello kymmenen. Jos ajo näyttää päättyvän työajan ulkopuolella, operaattori suunnittelee sen toiselle asemalle tai vaihtaa toisen ajopituuden omaavaan tuotteeseen. Kuva 9 näyttää, miltä työkalun käyttöliittymä näyttää operaattorille. Solut toimivat tiputusvalikoilla. Kuvassa 9 RHTCALHEL-asetat seitsemän ja kahdeksan demonstroivat, kuinka valmistumisajan kertova solu värjäytyy punaiseksi, jos suunniteltu ajo on päättymässä työaikojen ulkopuolella.

SUUNNITTELU						
Asema	Aloituspv	Aloitusaika	Ajotyyppi	INS/CRS	Lisäpiisteet	Valmistumisaika
RHTCALHEL1	KE	21:00		CRS		21:00
RHTCALHEL2	KE	21:10		INS		21:10
RHTCALHEL3	TO	13:10		INS		13:10
RHTCALHEL4	TO	6:00		INS		6:00
RHTCALHEL5	TO	10:00		INS		10:00
RHTCALHEL6	KE	20:10		INS		20:10
RHTCALHEL7	KE	0:10		CRS		0:10
RHTCALHEL8	KE	22:10		INS		22:10

Kuva 9. Kuvakaappaus suunnittelutyökalun käyttöliittymästä. Ajotyyppi eli tuotetieto on jätetty pois arkaluonteisuuden vuoksi.

Kun ajot on suunniteltu, lisätään kalibrintipuskurissa olevien tuotteiden laatikoon laminoitu kyltti, joka kertoo, mihin asemaan mitkäkin tuotteet ovat laitettavissa. Tarkoituksena on saada suunniteltua kaikkien RHT-asemien kalibroinnit siten, että suunnitellut ajot päättyisivät mahdollisimman paljon työaikojen sisällä, jolloin päättymiin pystytään reagoimaan.

Työkaluun lisättiin myös mahdollisuus merkitä mahdolliset huoltotoimenpiteet tai muut syyt, joiden takia jokin asemista ei ole käytettävissä. Näin tämäkin tieto on nähtävissä välittömästi.

Tuotantosoluun näkyvästi sijoitetulla työkalulla pystyy helposti saamaan kokonaiskuvan käynnissä olevista kalibroinneista sekä suunnitelluista kalibroinneista. Tämä helpottaa huomattavasti operaattoreita pysymään ajan tasalla RHT-asemien tiloista. Sillä pystytään eliminoimaan ajoista käytävä suullinen tiedonvaihto tai fyysinen tarkistus itse kalibroitihuoneessa. Työkalu hyödyttää myös tiimin esihenkilön tietoutta tuotantosolun tilanteesta. Hänen ei tarvitse erikseen tiedustella ajojen tilanteita, vaan ne ovat heti myös hänen nähtävillä.

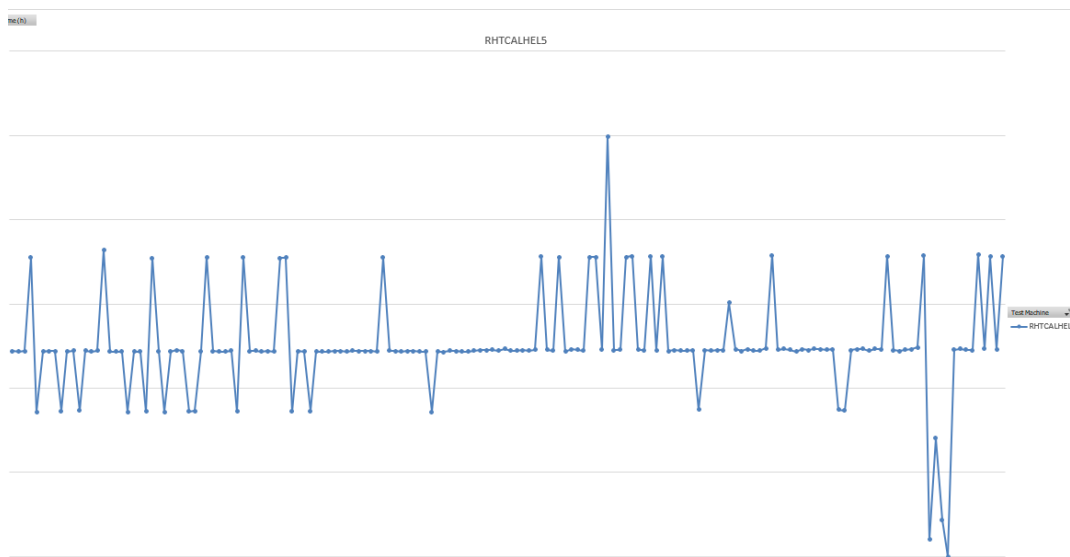
5.3 Vanhojen RHT-asemien vaihto uusiin

Datan läpikäymisen alkuvaiheessa oli jo huomattavissa, kuinka vanhoilla RHT-asemilla oli vaikeuksia suoriutua kalibroinneista tuotteille tyyppillisissä johdonmukaisissa ajoissa. Kuvasta 10 nähdään, kuinka yhdellä vanhoista asemista kalibrointien kestot vaihtelevat suuresti samojen tuotteiden välillä.



Kuva 10. RHTCALHEL4-aseman ajojen vaihtelevat kestot. Pystyakselilla ajon kesto eri laitteille. Vaaka-akselilla ajon ajankohta.

Kun tuloksia vertaa yhteen uusista asemista, joka suoriutuu kalibroinneista johdonmukaisesti samassa ajassa, on ero huomattava. Kuvasta 11 käy, ilmi kuinka uusi asema suoriutuu eri laitteiden kalibroinneista.



Kuva 11. RHTCALHEL5-aseman tasaiset kalibrointiajat. Pystyakselilla ajon kesto eri laitteille. Vaaka-akselilla ajon ajankohta.

Kahdeksasta asemasta neljä olivat vanhoja. Nämä asemat edustivatkin suurinta osaa kalibrointiongelmista. Asemat olivat hyvin herkkiä, jonka seurauksena niiden ajot epäonnistuivat useammin verrattuna uusiin asemiin. Oli myös mahdollista, että ajot jumiutuivat ja tuhlasivat näin myös käytettävissä olevaa kalibrointiaikaa. Tämä vaikutti suuresti kalibrointien ensisaantoihin, jotka vanhoilla asemilla olivat huomattavasti huonommat kuin uusilla. Ainoana poikkeuksena oli RHTCALHEL7-asema, joka suoriutui yllättävän hyvin vanhaksi asemaksi.

Vaikka vanhojen asemien heikosta suoriutumisesta ajojen kestojen osalta tiedettiin, niin huonosta ensisaannosta ei ollut vielä tietoa. Uusien asemien hankinnoista oli jo tehty suunnitelmat, mutta tämän tiedon jälkeen aikatauluja aikaistettiin.

5.4 Työn vaikutus

Työn parannusehdotusten toimiessa yritys hyötyy tuloksista huomattavasti. Etävalvonta ja etäohjaus helpottavat ja nopeuttavat tuotantosolussa työskentelevien operaattoreiden työntekoa. Kaikkia 16 kalibrintiasemaa pystytään seuraamaan ja ohjaamaan yhdeltä tuotantosolun työpisteeltä. Tämä vähentää fyysisiä käyntejä kalibrintihuoneessa, jolloin aikaa jää enemmän muihin tuotantosolun työtehtäviin. Etäyhteyden kautta saadaan reaaliaikaista informaatiota kalibrintiasemien tiloista, joka mahdollistaa nopeamman reagoinnin mahdollisten muutosten tapahtuessa.

Suurimpana parannuksena saatiin aikaiseksi visuaalinen työkalu kalibrintien seurantaan sekä suunnitteluun. Yrityksellä oli ollut haasteita standardoidun tavun kanssa merkata käynnissä olevat kalibroinnit siten, että ne olisivat helposti kaikkien nähtävissä sekä muokattavissa. Tapoja oli ollut monia vuosien varrella ja tätä työtä aloitettaessa tapa puuttui kokonaan. Parannuksen myötä asemien kalibrintien käynnistysajankohdat, tuotteet sekä päättymisajankohdat näkee yhdeltä näytöltä asemakohtaisesti. Operaattorin ei tarvitse merkitä niitä itse vaan tiedot haetaan automaattisesti. Tämä säästää aikaa tulevien kalibrintien suunnitteluun sekä muihin tuotantosolun työtehtäviin.

Kymmenen kuukauden käyttöastetiedon laskemisen jälkeen tunnistettiin, että potentiaalisesta kalibrintiajasta RHTCALHEL-aseilla menetetään keskiarvolta noin 35 %. Kaksi kolmasosaa hukasta johtui viikonloppuna päättyvistä kalibroinneista, jolloin paikalla ei normaalisti ole operaattoria. Yksi kolmasosa johtui työajan ulkopuolella päättyvistä kalibroinneista sekä viiveistä reagoinnissa asemilla tapahtuviin muutoksiin.

Kymmenen kuukauden päivät sisältävät noin 7 300 tuntia. Kun kerromme tuon luvun kahdeksalla RHT-aseilla, potentiaalista kalibrintiaikaa on yhteensä 58 400 tuntia. Tuosta ajasta menetettiin 35 %, joka tunneiksi muutettuna on 20 440 tuntia. Menetetystä ajasta yksi kolmasosa johtui työajan ulkopuolella päättyvistä kalibroinneista sekä hitaista reagoinneista asemien ajojen muutoksiin. Tunneiksi

muutettuna yksi kolmasosa menetetyistä ajasta on noin 6 806 tuntia. Yksi RHT-kalibrintiasema suorittaa kalibrointeja kymmenen kuukauden aikana noin 5 000 tunnin edestä. Tästä voidaan päätellä, että suunnittelutyökalun tarkoituksenmukaisella käytöllä sekä etäyhteyksien reaaliaikaisilla RHT-asemien informaatiolla, käyttöasteita pystytään nostamaan yhden kokonaisen RHT-aseman verran. Kalibrintikapasiteetiksi muutettuna se tarkoittaisi 11,1 prosenttiyksikön kasvua.

Näiden asemien hinnat liikkuvat kymmenissä tuhansissa euroissa. Aseman saattamisesta tuotantokäyttöön sopivaksi tulee vielä lisäkuluja asennustöiden sekä validointien myötä. Hinta voi nousta jopa 50 000 euroon. Kalibrintiajojen alkamis- ja päättymisajankohtien optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittävät taloudelliset hyödyt.

Kolmantena parannusehdotuksena oli vanhojen RHT-asemien vaihto uusiin. Työn aikana kävi selväksi, että vanhat asemat aiheuttivat suurimman osan RHT-asemien ongelmista. Ensisaannot olivat näiden osalta huonot, mikä johti laitteiden uudelleenkalibrointeihin eli ylimääräisiin kalibrintiajoihin. Uusien asemien hankinnoista oli olemassa jo hankintasuunnitelmat, sillä niiden epäluotettavasta toiminnasta oltiin jo tietoisia. Asemien heikoista ensisaannoista ei kuitenkaan oltu tietoisia ennen tätä työtä. Uuden lisätiedon valossa uusien asemien hankintoja aikaistettiin. Tässä työssä ilmi tulleiden tietojen perusteella tehtiin vaihtojen priorisointi. Ensisaannon perusteella huonoimmassa kunnossa olevat asemat vaihdettiin ensimmäiseksi. Uusien asemien myötä ensisaannot paranevat, mikä vähentää uudelleenkalibrointien tarvetta. Lämpimenoajat vähenvät, eli samassa ajassa voidaan valmistaa enemmän laitteita.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin toimeksiannon antaneen yrityksen kosteus- ja lämpötilalokitietoja keräävien tuotteiden kalibrointiasemien käyttöasteita. Pää tavoitteena oli parantaa käyttöasteita siten, että kalibrointiasemilla valmistettavien tuotteiden toimituskyky paranee vähintään viisi prosenttiyksikköä. Toissijaisena tavoitteena oli parantaa työhön liittyviä laitteita valmistavan tuotantosolun toimituskykyä 10,5 prosenttiyksikköä, jolla päästään tehtaan yleiseen tavoiteprosenttiin. Näiden tavoitteiden toteaminen täytyneiksi vaatii monen kuukauden edestä seurantadataa. Tässä vaiheessa on siis mahdotonta sanoa, kuinka paljon toimituskyky tulee paranemaan tulevaisuudessa. Tämän työn myötä parantuneeseen toimituskykyyn on nyt edellytykset.

Kalibrointiasemien käyttöasteet saatiin selvitettyä. Tuloksista oli nähtävissä, että ennustetaulukon käyttöastelukemat olivat alhaisempia kuin mitä tämän työn myötä huomattiin. Tulosten pohjalta kävi ilmi, että noin 35 % kalibrointiajasta hukattiin. Hukatun ajan syyt selvitettiin. Tällä työllä pystyttiin vaikuttamaan yhteen kolmasosaan menetetyistä ajasta. Parannusehdotuksia tehtiin kolme kappaletta. Etävalvonnan ja ohjauksen mahdollisuus lisättiin tuotantosoluun. Työssä kehitettiin kalibrointisuunnittelutyökalu, jonka avulla pystytään seuraamaan sekä suunnittelemaan kalibrointiajoja. Näiden kahden parannuksen toimituksessa yritys saa yhden RHT-kalibrointiaseman verran lisää kalibrointiaikaa. Osa vanhoista RHT-asemista ehdittiin vaihtamaan tämän työn aikana. Loppujen asemien vaihto on suunniteltu.

Tämän työn myötä kalibrointiasemien etäyhteyksiä hyödynnettiin myös insinööriyön ulkopuolisissa tuotantosoluissa. Mahdollisuutta tullaan hyödyntämään varmasti myös jatkossa. Kalibrointisuunnittelutyökalun kehittämistä tullaan jatkamaan tämän työn päätyttyä. Työn aikana työkaluun saatiin paljon kehitysehdotuksia, joista osa kerettiin toteuttamaan. Tämän työn idean synnyttäneitä ennustetaulukkoa korjattiin tämän työn seurauksena.

Lähteet

- 1 The Fundamentals of Moisture Calibration. 2015. Verkkoaineisto. Michell Instruments. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjc3Jrzz9T2Ah-VCQ_EDHWAoAVIQFnoECB4QAw&url=http%3A%2F%2Fwww.michell.com%2Fuk%2Fdocuments%2Fwhitepapers%2Fthe_fundamentals_of_moisture_calibration.pdf&usg=AOv-Vaw0W_8hvKiHk84mCPcmJpNX8>. 5.2015. Luettu 20.3.2022.
- 2 Temperature Calibration: All You Need to Know About Temperature Sensor Calibration. 2022. Verkkoaineisto. Elpro-Buchs AG. <<https://www.elpro.com/en/temperature-monitoring/sensor-temperature-calibration>>. 2022. Luettu 27.3.2022.
- 3 What Is ISO 9001:2015 – Quality Management Systems? 2022. Verkkoaineisto. American Society for Quality. <<https://asq.org/quality-resources/iso-9001>>. 2022. Luettu 31.3.2022.
- 4 Kalibrintilaboratoriot. 2015. Verkkoaineisto. FINAS. <<https://www.finas.fi/akkreditointi/Akkreditointialueet/Sivut/Kalibrintilaboratoriot.aspx>>. Päivitetty 9.3.2022. Luettu 20.3.2022.
- 5 Electrical Calibration. 2021. Verkkoaineisto. Fluke. <<https://us.fluke-cal.com/products/electrical-calibration-0#:~:text=What%20is%20electrical%20calibration%3F,and%20low%20frequency%20electrical%20metrology>>. 2021. Luettu 31.3.2022.
- 6 What Is Electronic Calibration? 2022. Verkkoaineisto. Trescal, Inc. <<https://www.trescal.us/customer-service-bulletin/what-is-electronic-calibration>>. 2022. Luettu 31.3.2022.
- 7 Sayer, J. Natalie & Williams, Bruce. 2012. Lean for Dummies, 2nd Edition. E-kirja. For Dummies 2012.
- 8 Wang, John X. 2010. Lean Manufacturing. E-kirja. Taylor & Francis Group.
- 9 5 Whys: The Ultimate Root Cause Analysis Tool. 2022. Verkkoaineisto. Kanbanize. <<https://kanbanize.com/lean-management/improvement/5-whys-analysis-tool?msclkid=990ecfaeadb911ec95db24edbe529a67>>. 2022. Luettu 27.3.2022.
- 10 Dennis, Pascal. 2015. Lean Production Simplified. Third Edition. Florida: CRC Press.