



Eristyslasiosaston kilpailukyvyn kehittäminen

Jani Holopainen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2022

Teknologiaosaamisen johtaminen
Ylempi AMK-tutkinto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Teknologiaosaamisen johtaminen
Ylempi AMK-tutkinto

HOLOPAINEN, JANI
Eristyslasiosaston kilpailukyvyn kehittäminen

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kesäkuu 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Pilkington Automotive Finland Oy:n Tampereen tehtaan eristyslasiosaston kilpailukyvyn kehittämisen näkökulmasta. Tavoitteena oli löytää osaston kilpailukykyetuja ja mahdollistaa niiden ylläpitäminen. Hintakilpailu itäisen Euroopan maihin on Suomen kalliimman kustannusrakenteen myötä mahdotonta, jos tehdään vain bulk-tuotteita. Tällöin asiakkaalle on tarjottava lisäarvoa, jolla voidaan perustella tuotteen korkeampi hinta. Eristyslasit ovat suurelta osin räätälöityjä tuotteita suoraan asiakastarpeeseen, tuotteita ei valmisteta varastoon kuin poikkeustapauksissa. Asiakaskohtaiset vaatimukset vaihtelevat, tämän myötä lasit ovat yksilöllisiä. Hinta on asiakkaiden yleisin toimittajan valintakriteeri.

Jotta tuotantoa voidaan ylläpitää, on tuotannon oltava tehokasta ja reagointikykyistä. Sen tulee tuottaa asiakkaalle mahdollisimman paljon lisäarvoa, tuotteiden on oltava ainutlaatuisia. Kilpailuetua voidaan saada yksinkertaisilla keinoilla, niiden löytäminen edellyttää operaattoreiden osallistamista kehittämisprojektiin. Operaattorit ovat oman työnsä parhaat osaajat, kehittäjän tehtävä on olla työn mahdollistaja.

Konsernitasolla Lean ja sen menetelmät muodostavat merkittävän osan päivittäin käytössä olevista työkaluista, joiden avulla osaston ja yrityksen kilpailukykyä kehitetään. Six sigma -menetelmien ja data-analyysin avulla löydettiin useita kohteita, joilla voidaan aikaan saada pieniä parannuksia, jotka yhdessä johtavat merkittävään parannukseen. Asetetut tunnuslukutavoitteet on mahdollista täyttää parannusten avulla ja päästä tunnusluvuissa vieläkin paremmalle tasolle.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Program in Technology Competence Management

HOLOPAINEN JANI
Competitiveness development of double glazing department

Master's thesis 66 pages, appendices 1 page
June 2022

The purpose of the thesis was to study the operation of the double-glazing department of Pilkington Automotive Finland Oy Tampere plant to find develop competitive advantage areas. Products manufactured in Finland is more expensive than its competitors in Eastern Europe. In this case, the customer must be offered added value to justify the higher price of the product. Double glazing is largely tailored products manufactured directly to the customer's needs, the products are not manufactured in stock except in exceptional cases. Customer-specific requirements vary and this makes the glasses unique. Price is the most common supplier selection criterion for customers.

To remain competitive, production must be efficient, responsive, deliver maximum value to the customer and the products must be unique. Competitive advantage can be gained by simple means and finding them requires the involvement of operators in the development project. Operators are the best knowhow at their job and it's the developer's work to be the enabler.

At group level, Lean and it is methods form a large part of tools are used on a daily basis to help develop the competitiveness of double glazing department and the company. Using six sigma methods and data analysis, we found several things to bring small improvements that lead to a bigger improvement. With the help of these improvements, it is possible to meet the set key targets and reach even better levels.

Key words: double glazing, competitiveness, Lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
1.1	Tutkimuskysymys	8
1.2	Tutkimusmenetelmät	9
1.3	Aineistonhankintamenetelmät	10
1.4	Analyysimenetelmät	11
1.4.1	Havaintoanalyysi	11
1.4.2	Data-analyysi	12
1.4.3	Haastattelu- ja kyselyanalyysit	12
1.4.4	Olosuhteiden ja työmenetelmien vakiointi	12
2	PILKINGTON AUTOMOTIVE FINLAND OY ERISTYSLASIOSASTO	14
2.1	Pilkington Automotive Finland Oy	14
2.2	Tampereen tehdas	14
2.2.1	Eristyslasi osasto	15
2.2.2	Mitä eristyslasi on	16
2.2.3	Eristyslasin valmistus	18
2.2.4	Eristyslasin kokoonpano	20
2.2.5	Eristyslasin kuivaus ja pakkaaminen	21
3	TEORIA	23
3.1	Lean ja siihen sisältyvät menetelmät	26
3.1.1	Jatkuva parantaminen	29
3.1.2	Hukka	31
3.1.3	Juurisyy-analyysit	32
3.2	Six sigma	33
3.2.1	DMAICT	36
3.3	Mittaaminen	37
3.3.1	Saanto ja hävikki	38
3.4	FMEA ja control plan	38
4	TOIMINNAN KEHITTÄMINEN	40
4.1	Kuivatusuunin parannukset	40
4.2	Elementin paksuuden tolerointi	43
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	46
5.1	Tutkimusmenetelmien käyttö	46
5.2	Mitkä ovat kilpailukyvyn kannalta tärkeimmät seikat?	48
5.3	Mitkä ovat isoimmat menestystä tukevat tekijät, joilla pysymme kilpailussa mukana?	53
5.4	Mitkä ovat suurimmat haasteet, jotka estävät menestyksemme?	61

5.5 Tulevia tutkimusaiheita.....	62
LÄHTEET	64
LIITTEET	66
Liite 1. Haastattelukysymykset peruspohja	66

ERITYISSANASTO

NSG Group	Nippon Sheet Glass
PAFIN	Pilkington Automotive Finland Oy
Offroad	Traktorit, leikkuupuimurit ja muut maatalouskoneet
Flowrate	Tuotettu kappalemäärä tunnissa.
Saanto	Kuinka monta % tuotannosta on hyviä tuotteita.
NMI	Uusien tuotteiden tuotannollistamisosasto
Raakalasi	Raakalasi tehtaalta saapuva käsittelemätön ja karkaisematon lasi
Just-in-time	Juuri oikeaan aikaan
KET	Kesken eräinen tuotanto
MMP	Man minutes per pieces
5S	Järjestyksen ylläpitoon ja kehittämisen menetelmä
FMEA	Failure Mode Effects Analysis
Control Plan	Linjan hallintasuunnitelma

ALKUSANAT

Tämän opinnäytetyön kipinä alkoi talvella 2019 Tampereen Yliopiston Hervannan kampuksella alkaneen teollisuusrobotiikka ja tuotantoautomaatio koulutuksesta. Tuossa koulutuksessa kipinä opiskeluun lähti uudelleen, kiitos hyvien opettajien ja innostavan aiheen. Tuo koulutusputki jatkui talvella 2020 logistiikka-asiantuntija koulutuksella samaisessa opinahjossa ja tuon kevään 2020 aikana tuli mielenkiinto myös tutkintoon johtavaan koulutukseen.

Tästä innostuneena laitoin hakemuksen TAMK:n teknologia osaamisen johtamisen YAMK-tutkinnon koulutusohjelmaan ja sen lopputulemana ollaan viimeistelemässä tätä opinnäytetyötä. Opintokokonaisuus oli mielenkiintoinen ja siitä saatuja oppeja on voinut hyödyntää suoraan nykyisessä työssäni. Opiskelut olivat mielenkiintoisia ja monella luennolla isoimmat opit tulivat oheiskeskusteluista, joita muiden opiskelijoiden kanssa pidettiin.

Kiitokset myös työnantajalleni Pilkington Automotive Finland Oy:lle ja sen edustajille Jarkko Helen, Tuomas Penttilä, Mikko Aaltonen, Saku Kallioinen, Jari Jokilahti ja ehkä tärkeimpänä tukena työssä oli kollega Mikko Aalto. Mikon osaaminen eristyslasin valmistuksessa auttoi monesta ongelmatilanteesta eteenpäin ja oli näin työn valmistumisen kannalta erittäin tärkeä apu. Lisäksi osaston operaattoreiden osaaminen ja osallistuminen työhön oli onnistumisen kannalta erittäin tärkeää.

Tärkein tuki tuli kuitenkin kotoa eli kiitos avovaimolle ja lapsille, ilman teidän ymmärrystäni tämä opiskeluputki ei olisi onnistunut mitenkään. En lupaa, että tämä oli tässä mutta ei tästä ehkä jatketa ainakaan ennen syksyä.

Tampereella 10.6.2022

Jani Holopainen

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkittiin nykyisen työnantajani Pilkington Automotive Finland Oy:n Tampereen tehtaan eristyslasiosaston toimintaa ja sen kilpailukyvyn kehittämistä. Kilpailukyynä voidaan nähdä niin tuotannotehokkuus, tuotteen hinta, tuotteen laatu, toiminnan nopea reagointi tai mahdollisuus toteuttaa asiakaskohtaisia räätälöintejä tuotteisiin (Elinkeinoelämän keskusliitto 2022).

Kilpailukyvyn osa on myös operaattoreiden henkilökohtainen osaaminen, jolla voidaan tehdä haastavia tuotteita ilman negatiivista vaikutusta tuotannon flowrateen tai laatuun. Tämä korostaa osaltaan myös henkilöstön osaamisen merkitystä laaduntuottokyvyn kannalta ja hyvä laatu on osaltaan merkittävä tekijä myös kilpailukykyyn, sillä huonolla laadulla ei voida kilpailla asiakkaista. Kilpailuetua voidaan saada yksinkertaisilla keinoilla ja niiden löytäminen edellyttää operaattoreiden osallistamista kehittämisprojektiin. He ovat oman työnsä parhaat osaajat ja kehittäjän tehtävä on olla työn mahdollistaja.

Toimin tällä hetkellä prosessin kehitysinsinöörinä lisäarvoalueella Tampereen tehtaalla, jossa tuotetaan erilaisia lisäarvopalveluita asiakkaiden tuotteisiin. Näiden lisäarvopalveluiden tuottaminen on osaltaan yksi kilpailukykytekijä, jolla voidaan lisätä kilpailukykyä markkinoilla. Samalla lisääntyvät lisäarvopalvelut tekevät haasteita, joissa pitää varmistaa niin palveluiden laatu kuin niiden tuotannon asiakaskohtaiset vaatimukset, joiden määrä on jatkuvasti lisääntymässä.

1.1 Tutkimuskysymys

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä on: Mitkä ovat kilpailukyvyn kannalta tärkeimmät seikat? Tämä kysymys voidaan jakaa myös osiin, joissa esitetään seuraavat kysymykset. Mitkä ovat isoimmat menetystä tukevat tekijät, joilla pysymme kilpailussa mukana? Mitkä ovat suurimmat haasteet, jotka estävät menestyksemme?

Näitä kysymyksiä tutkitaan seuraavilla menetelmillä ja niistä saatavien tietojen perusteella voidaan määritellä tulevat kehityskohteet ja näiden kehitystoimien toteuttamismenetelmät (Heikkilä 2014, 9). Opinnäytetyössä selvitetään myös tulevia kehityskohteita mutta niiden toteuttaminen ei kuulu opinnäytetyöhön.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön osalta tiedettiin ennen tutkimuksen aloittamista, että prosessista on mahdollista saada validoitua dataa, miten ja missä vaiheessa syntyy hävikkejä, kuinka kauan ajallisesti tietty työvaihe kestää ja miten paljon kappaleita syntyy ajanjaksolla (Heikkilä 2014, 9). Näiden paikkansa pitävyys ja luotettavuus olivat isoimmassa roolissa tutkimuksen aloituksessa, näitä selvitettiin kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen avulla (Jyväskylän yliopisto Koppa 2015).

Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmän käyttäminen on perusteltua, kun saatavissa on validia tietoa, siitä miten prosessi toimii ja mitkä asiat vaikuttavat prosessiin (Heikkilä 2014, 11). Teollisessa tuotantoprosessissa tuotantoa seurataan antureilla, kirjauksilla ja kameroilla prosessin eri vaiheessa, tällöin on mahdollista nähdä eri muuttujien vaikutus prosessiin ja sen muutoksiin (Heikkilä 2014, 12; Tampereen yliopisto 2021).

Kerättyä aineistoa on mahdollista analysoida eri tavoin ja käytettäessä kvalitatiivista tutkimusta on pystyttävä lukemaan saatuja tietoa syvemmälle. Mitkä asiat vaikuttivat prosessiin kyseisellä ajan hetkellä ja onko niiden vaikutus ominaisuus vai ovatko ne satunnaisvaihtelua aiheuttavia seikkoja. Muuttuuko prosessin X-muuttuja, kun Y-muuttuja muuttuu ja onko niiden välisessä muutoksessa selvä korrelaatio keskenään (Tampereen yliopisto 2021).

Kaikkea tietoa ei ole mahdollista tai tarvetta analysoida loppuun asti, sillä liian tarkka tieto voi olla epäolennaista, jos kyseinen tieto vaikuttaa vain marginaaliseen osaan prosessia (Heikkilä 2014, 84). Tällöin tarkasta analyysistä saatava hyöty ei ole koko prosessin kannalta merkityksellinen vaan keskitytään analysoimaan asioita, joiden osuus kokonaisuudessa on merkityksetön

(Tampereen yliopisto 2021). Tämä voi aiheuttaa, jopa haittaa prosessin toimivuudelle, jos marginaalituotteen perusteella tehdään toimintaan muutoksia, jotka haittaavat volyymituotteiden tuotantoa.

Kehityskohteiden löytämiseksi oli perusteltua käyttää henkilöhaastatteluja, ryhmähaastatteluja, joiden avulla oli mahdollista selvittää asioita, jotka työntekijät tai muiden sidosryhmien edustajat kokivat eristyslasiosaston toiminnassa ongelmiksi tai haasteiksi (Heikkilä 2014, 84). Henkilöhaastattelujen ja ryhmähaastattelujen tuloksia analysoitiin kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien avulla ja tuloksia tarkennettiin vielä lisäkysymyksillä (Tampereen yliopisto 2021).

Haastattelujen pohjalta aloitettiin kvantitatiiviset tutkimukset saatavilla olevasta tiedosta ja aloitettiin lisäaineiston kerääminen, jotta muutosten vaikutusta voidaan seurata. Lisäksi suoritettiin empiiristä tutkimusta VAA-analyysi menetelmän myötä, jossa operaattoreiden toimintaa kirjattiin seurantalomakkeelle aina paikalle saapumishetkellä (Jyväskylän yliopisto Koppa 2015).

1.3 Aineistonhankintamenetelmät

Tietoa kerättiin Pilkington Automotive Finlandin tuotannonohjausjärjestelmästä ja tehtaan omasta tehdasjärjestelmästä, joihin kirjautuu tietoja tuotannon sujumisesta ja sen vaiheajoista eri työpisteillä. Järjestelmän antaman tiedon tueksi kerättiin operaattoreiden avustuksella tietoa elementtien osahävikistä, kerättiin mittaustietoa elementin paksuudesta ja havainnointiin operaattoreiden tekemistä. Lisäksi tutkittiin reklamaatio tilastoja, jotta tärkeimmät reklamaatioiden aiheuttajat olisi mahdollista selvittää (Heikkilä 2014, 84-85).

Havainnointia suoritettiin kahdella eri seurantajaksolla opinnäytetyön aikana, jolloin oli mahdollista kerätä vertailuaineistoa. Mittatulosten ja tuotantokirjausten osalta tähän ei ollut tarvetta, sillä aineistoa kertyy jatkuvasti tuotannon toimiessa normaalisti.

Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina kohdistettuina tehtaan sisäisiin kohden ryhmiin myyntiin, NMI-osastoon, talouteen, laatuun ja tuotannon operaattoreille. Jokaiselle osastolle esitettiin kohdennettuja kysymyksiä, jotta jokaisen eristyslasiosastoon liittyvän toimijan kannalta merkittävät asiat tulisivat esille. Näiden perusteella voitiin löytää osastoille yhteisiä tekijöitä, jotka ovat tärkeitä eristyslasiosaston kilpailukyvyille (Tampereen yliopisto 2022).

Operaattoreiden osalta kysely toteutettiin eristyslasiosaston kehityspäivän yhteydessä syksyllä 2020. Operaattorit tekivät kyselyn pienryhmissä ja tämän kyselyn tulokset yhdistettiin muilta osastoilta saatuihin haastatteluihin. Kyselyn ja haastattelujen perusteella löytyi kaikkien sidosryhmien tärkeiksi kokemia asioita, joiden perusteella tarkemmat tutkimukset aloitettiin.

1.4 Analyysimenetelmät

Kerättyä tutkimustietoa analysoitiin erilaisilla menetelmillä. Haastattelujen analysointiin käytettiin kvalitatiivista menetelmää, jolloin haastateltujen osalta voitiin painottaa heidän osastonsa kannalta eristyslasin valmistukseen vaikuttavia asioita. Kvalitatiivista analyysiä aineistolle suoritettiin useilla menetelmillä, lisäksi haastattelujen analysointiin käytettiin kvantitatiivista analyysiä

1.4.1 Havaintoanalyysi

Havaintoanalyysia suoritettiin Value added-analyysin avulla.

Analyysimenetelmän avulla on tarkoitus selvittää lisäarvoa tuottavan toiminnan määrä kyseisessä työvaiheessa. Tällä analyysimenetelmällä havaitaan lisäarvoa tuottavat työvaiheet, joista asiakas on valmis maksamaan ja ne työvaiheet, joista asiakas ei maksa (Leanopedia 2022). Havainnot perustuvat siihen mitä näet ensimmäisellä hetkellä, saapuessasi työpisteelle. Tutkimus suoritettiin kahdesti opinnäytetyön aikana, jotta tuloksia olisi mahdollista verrata. VAA-analyysin perusteella voitiin selvittää lisäarvoa lisäämättömän ja vain vähän lisäarvoa lisäävän työn määrä.

1.4.2 Data-analyysi

Data-analyysissä analysoitiin tuotannonohjausjärjestelmistä saatua dataa niin tuotannon hävikkien ja flowraten osalta, lisäksi tuotannon MMP-lukuja niiden muutosta tutkittiin. Lisäksi tutkittiin tuotannossa heikosti näkyvää osahävikkiä, jonka esille tuominen selkeyttää toimintaa, kun tiedetään hävikkien määrät myös osien suhteen, eikä pelkästään kokonaisten elementtien osalta. Kvalitatiivista analyysiä tarkennettiin käyttämällä Six Sigma-analyysimenetelmiä kuten suorituskykyanalyysiä ja juurisyiden selvittämistä kalanruotoanalyysillä. Analyysiä tarkennettiin käyttämällä analysoinnissa Minitab-ohjelmistoa, jonka avulla voitiin havainnollistaa datasta saatu tieto erilaisiksi diagrammeiksi tai kuvioiksi, ohjelmisto antoi tukea tulosten reliabiliteetin arviointiin.

1.4.3 Haastattelu- ja kyselyanalyysit

Haastatteluja suoritettiin avoimina kysymyksinä ja haastattelujen vastauksia purettiin litteroimalla vastauksia. Sisäisten sidosryhmien haastattelujen, haastatteluissa saatujen vastausten ja operaattoreille suoritettun operaattoreiden ryhmäkyselyn perusteella löytyi samoja ongelmakohtia eri sidosryhmiltä. Näiden löydettyjen ongelmien analysointia jatkettiin myös muilla analysointitavoilla.

1.4.4 Olosuhteiden ja työmenetelmien vakiointi

Opinnäytetyön aikana tuli esille merkittävänä seikkana pyrkimys onnistua vakioimaan eristyslasiosaston suorituskyky kohdistuen ennen kaikkea elementin paksuuteen ja sen tolerointiin pienien toleranssien tuotteissa. Lisäksi olosuhteiden vaikutusta elementtien kitin kuivumiseen tutkittiin ja pyrittiin aikaansaamaan olosuhteet, joissa tuotanto voisi toimia samalla flowratella riippumatta ulkona vallitsevista sääolosuhteista. Huonoilla olosuhteilla on

merkittävä heikentävä vaikutus tuotannon mahdollisuuksiin päästä asetettuihin tavoitteisiin.

Isona tekijänä vakioinnissa on myös kittaamisen merkitys, jossa kittaaja vaikuttaa omalla tekemisellään suoraan työn laatuun. Ero hyvän kittaajan ja erinomaisen kittaajan välillä on iso, saati ero hyvän ja keskinkertaisen kittaajan välillä. Operaattoreiden osaaminen on siten erittäin tärkeä osa linjan kilpailukykyä ja heidän osaamisensa tasosta tulee pitää huolta.

2 PILKINGTON AUTOMOTIVE FINLAND OY ERISTYSLASIOSASTO

Pilkington Automotive Finland Oy myöhemmin PAFIN on osa japanilaista NSG Groupia, joka on yksi maailman suurimmista lasin ja lasituotteiden valmistajista (NSG Group 2021). NSG Group toimii viidellä mantereella ja yli 100 maassa, työllistäen maailman laajuisesti yli 26000 työntekijää. NSG Group on perustettu Japanin Osakassa vuonna 1918, America Japan Sheet Glass nimellä. Vuonna 2006 NSG osti Pilkingtonin liiketoiminnan ja tämän hankinnan myötä NSG Groupista tuli yksi maailman suurimmista lasin ja lasituotteiden valmistajista. NSG Group konsernissa on kolme liiketoimintasektoria, tekninen lasi, automotive ja arkkitehtoninen lasi.

2.1 Pilkington Automotive Finland Oy

PAFIN kuuluu NSG Groupin Automotive liiketoimintasektoriin ja tarkemmin Specialized Transport-osaan. Erikoisajoneuvo-osaston alaisuudessa toimii Suomessa kaksi tehdasta Tampereella ja Laitilassa. PAFIN:n juuret Suomessa ulottuvat aina vuoteen 1949, jolloin Arvi Artama ja Matti Vartiainen perustivat T:mi Ar-Va, jonka ensimmäisiä tuotteita oli kellon lasit (Koivisto 1999, 7).

Suomen tehtailla valmistetaan karkaistuja ja laminoituja laseja mm. busseihin, raidekalustoon ja työkoneisiin. Laitilan tehtaalla yhteydessä toimii lisäksi laivoihin ja risteilyaluksiin lasirakenteita toimittava Pilkington Marine (Pilkington 2021). Lisäksi konserniin kuuluu Suomessa autojen varaosalaseja myyvä Pilkington Autoglass Oy ja rakennuslasia myyvä Pilkington Lahden Lasitehdas Oy.

2.2 Tampereen tehdas

Nykyinen Tampereen tehdas aloitti karkaistun lasin tuotannon vuonna 1973 (Koivisto 1999, 14). Tampereen tehtaalla valmistetaan karkaistuja laseja, joista pääosa on erilaisten työkoneiden tuulilaseja, ovia tai takalaseja, lisäksi bussien sivu- ja takalaseja, eristyslaseja, veneiden lasituksia ja klassikkoautojen

varaosalaseja. Tampereen tehtaan erikoisuus on pienet sarjakoot, näistä johtuva suuri tuotevaihtojen osuus tuotannossa ja erittäin suuri tuoterepertuaari verrattuna muihin konsernin tehtaisiin. Tämä muodostaa haasteita tuotannonsuunnitteluun ja töiden läpivirtauksen suunnitteluun. Tuotteiden fyysisten mittojen kokovaihtelut ovat suuria ja sen myötä myös niiden valmistuksessa käytettävissä linjoissa on eroja.

Vaikka Covid-19 pandemia koetteli (Paronen 2020) suuresti myös Tampereen tehdasta (Vähämäki 2020) on tehtaalle saatu viime vuosina uusia merkittäviä investointeja. Vuonna 2020 avattiin tehtaan laajennus ja vuoden 2022 aikana valmistuu uusi KL18 karkaisulinja, jossa voidaan karkaista nykyistä isompia lasia. Tämän seurauksena uusien erilaisilla pinnoitteilla varustettujen lasien karkaisuprosessi ottaa ison kehitysloikan uuden karkaisu-uunin myötä, samalla myös tehtaan kokonaiskarkaisukapasiteetti lisääntyy.

Tampereen tehtaan tuotannossa on viime aikoina korostunut erilaisten lisäarvotuotteiden tuotanto, jossa asiakkaalle luodaan lisäarvoa liimaamalla tai muuten kiinnittämällä lasiin erilaisia kiinnikkeitä tai muita asiakkaan tarvitsemia liittimiä. Tehtaalla toimii myös uusien tuotteiden NMI-osasto, NMI-osaston kautta uudet tuotteet tulevat tuotantoon, ensiksi koeajojen myötä ja asiakkaan hyväksynnän saatuaan tavallisina tuotantotuotteina.

Raakalasi tulee Tampereen tehtaalle, joko jumbolasina, josta palastellaan oikean kokoiset aihiot esikäsittelylinjoja varten tai valmiina cut size-aihoina, jolloin lasi on sopivan kokoinen esikäsittelyn käyttöön.

2.2.1 Eristyslasi osasto

PAFIN:n Tampereen tehtaan eristyslasi-osastolla valmistetaan ajoneuvojen sivu- ja takalaseja. Suurelta osin lasit menevät busseihin, mutta myös muihin kulkuneuvoihin menee eristyslaseja, mutta bussivalmistajat ovat selvästi isoin asiakasryhmä. Euroopassa PAFIN:n Tampereen tehdas on yksi suurimmista bussien sivu- ja takalasi lasitusten valmistajista (Sara 2020), Tampereen tehtaan suurimpina kilpailuetuina kilpailijoihin verrattuna ovat pienet sarjakoot,

yhdistettynä nopeisiin vaihtoihin ja joustavaan valmistukseen. Nämä mahdollistavat nopeat toimitukset ja reagoinnin asiakkaiden toiveisiin lyhyelläkin ajalla. Tuotannon osalta tämä vaatii kyvykkyyttä reagoida muuttuviin asiakastoiveisiin lyhyelläkin varoitusaikalla, samalla mahdollistaen esimerkiksi jokaiseen bussiin omanlaisensa lasit tai erilaiset asiakkaan toimintaa helpottavat lisäpalvelut.

Eristyslasiosaston vuorojärjestelmä on muuttunut tuotantomäärien mukanaan tuomien kuormitus tarpeiden mukaisesti. Valmistuksen operaattoreiden lisäksi erityslasiosaston toiminnassa ovat mukana osaston esimies, tuotannosuunnittelu, prosessin kehitysinsinööri ja laatuosasto. Tarpeen mukaan myös valmistuspäällikkö, muiden linjojen esimiehet, operatiiviset kehittäjät ja prosessin kehitysinsinöörit osallistuvat osaston toimintaan. Lisäksi kunnossapito toimii niin päivittäisenä tuotannon tukena hoitaen ennakoivia huoltoja ja vikakorjauksia tarpeen mukaan.

2.2.2 Mitä eristyslasi on

Eristyslasi koostuu karkaistuista sisä- ja ulkolaseista, joiden välissä on lista. Listan ansiosta lasiin muodostuu ilmaväli, joka toimii eristeenä. Listamateriaalina käytetään pääasiassa alumiinia. Erona nykyaikaisiin rakennuslasina toimitettaviin eristyslaselementteihin on ilman käyttö eristeenä, nykyaikaisissa rakennuslaselementeissä käytetään eristekaasuna jalokaasuja kuten Argon (Heimonen & Hemmilä 1999, 22).

Käytettävän listan paksuudella voidaan vaikuttaa elementin kokonaispaksuuteen. Eristyslaseissa käytettävän lasin paksuus on myös ohentunut ja nykyään on käytössä yleisesti 3-5 mm paksut lasit entisen 6 mm tai 8 mm lasin sijasta. Tämä näkyy elementtien painossa ja turistibussin kohdalla elementin ohentumisen vaikutus on auton kokonaismassan pienentymisessä. Lasin eristysvaatimukset ovat säilyneet samoina ja näitä on pystytty kompensoimaan erilaisilla pinnoitteilla, mitä raakalasiin on tuotannon yhteydessä lisätty. Tulevaisuudessa sähköbussien lisääntyessä painon vähentäminen on vielä suuremmassa roolissa elementtien koon samalla kasvaessa (STT 2020).

Eristyslasin kokoonpanossa käytettävät lasit tulevat eristyslasiosastolle tuotteesta riippuen esikäsittelylinjojen ja vaaka- tai pystykarkaisulinjojen kautta, edeltävien linjojen suorituskyky vaihtelee suuresti eri tuotteiden välillä. Eri tuotantolinjojen väliset tarkkuustoleranssierot korostuvat eristyslasiosastolla, kun samaan elementtiin voidaan käyttää niin pystykarkaisusta kuin vaakakarkaisusta tulevaa lasia.



KUVA 1. Eristyslasi eristyslasiosaston varastossa.

Mittatoleranssit ovat osalla karkaisulinjoista mitattavissa helposti, yleensä tämä pätee vaakakarkaisuun, pystykarkaisulinjojen kohdalla mittatarkkuuden saavuttaminen on haastavampaa. Syynä tähän on valmistusmenetelmäerot, vaakakarkaisussa lasi liikkuu telojen päällä karkaisu-uunissa ja pystykarkaisussa lasi roikkuu pihtien varassa karkaisu-uunissa, jonka seurauksena lasin reunamuoto ei ole yhtä tarkka kuin vaakakarkaistun lasin. Kun reunamuoto ja lasin muoto ovat yleensä pystykarkaisussa haastavampia, tämä aiheuttaa myös haasteita lasin mittaamiseen. Vaikka lasi olisi karkaisun jälkeen mittojen mukainen niin sen sovittaminen toiselta karkaisu-uunilta tulevan lasin kanssa samaan elementtiin on useasti haastavaa. Uunien väliset erot korostuvat tässä

sillä toisilta uuneilta elementit tulevat suorana ja toisien uunien laseissa on ominaisuutena pieni taivutus.

Eristyslasin valmistukseen vaikuttavaa suuresti IATF 16949-sertifikaatti, joka määrittelee vaaditut laatuvaatimukset tuotteille. IATF 16949-sertifikaattia vaativat useat autovalmistajat mm. Volkswagen, BMW, Ford, Renault ja Mercedes-Benz., ilman sertifikaattia ei ole yleensä edes mahdollisuutta päästä mukaan tarjouskilpailuihin osatoimituksista näille toimijoille (IATF 2022). IATF 16949 kohdistaa vaatimukset prosessin laadunhallintajärjestelmään, tuotannon ja tukiprosessien osalta. Standardin sisältämien vaatimusten lisäksi on myös asiakaskohtaisia vaatimuksia riippuen lasien käyttötarkoituksesta. IATF 16949-sertifikaatti perustuu ISO 9001:2015 standardiin, jossa määritellään vaatimuksia asiakastytyvyyden osalta, kun taas IATF 16949 sisältää asiakasvaatimukseen kohdistuvia asioita (DNV 2022).

2.2.3 Eristyslasin valmistus

Eristyslasin valmistus on hyvin pitkälti käsityövaltaista työtä, josta johtuen työvoimakustannukset ovat merkittävä tekijä elementin valmistuksessa. Sarjojen pienuuden takia Suomen kustannustasolla on kuitenkin mahdollisuus kilpailla, mikäli tuotteet, laatu, flowrate ja saanto ovat riittävällä tasolla kilpailijoihin verrattuna. Bulkkisarjojen valmistamisessa kilpailukyky on erittäin haasteellista ja mahdollisuudet kilpailla tasapäisesti eurooppalaisten kilpailijoiden kanssa on tietyissä tuotteissa vaikeaa. Erikoistumalla vaikeisiin tuotteisiin, joissa on usein haastavia muotoja tai sarjat ovat pieniä, on mahdollista saada kilpailuetua, jonka avulla on mahdollista selvitä kilpailussa uusien tuotteiden markkinoilla.

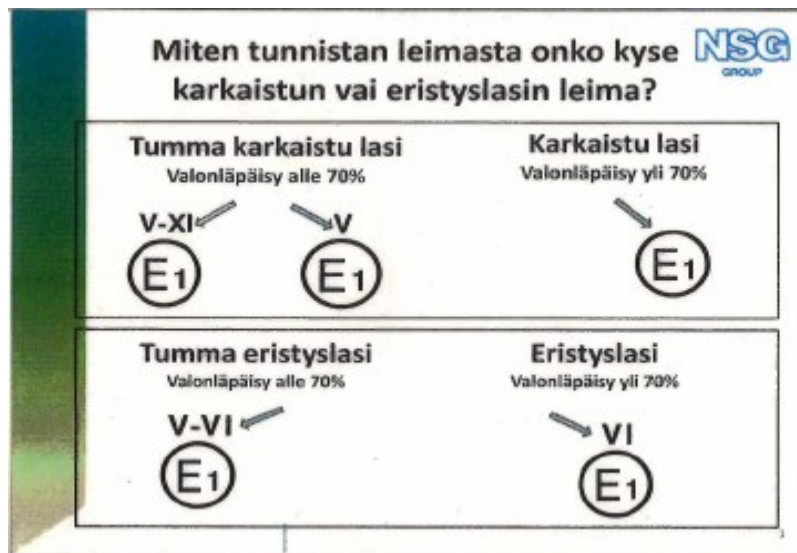
Eristyslasiosastoon kuuluu tällä hetkellä listatyöntekijä, kasaajat, jotka toimivat myös lasin syöttäjinä ja kittaajina, järjestelijä ja eristyslasiosaston pakkaaja, joka vastaa lasien pakkaamisesta. Listatyöntekijä valmistaa laseihin tarvittavat listat, ilman listoja ei lasien kokoonpanoa voida suorittaa. Listojen valmistaminen on eristyslasin valmistuksessa erityisosaamista vaativa työvaihe, sen onnistuminen ratkaisee suurelta osin tuotteen toimivuuden. Listan valmistuksen epäonnistuessa ei elementin valmistus onnistu, pystykonelaseissa listoja

joudutaan muokkaamaan jokaiseen lasiin. Työvaihe vaatii suorittavalta operaattorilta itsenäistä päättelykykyä, kuinka lista on tuotannon kannalta järkevintä tehdä ja lisäksi tietoa, kuinka se saadaan asennettua lasiin.

Listat muotoillaan listan valmistuksessa oikean muotoiseksi kehäksi tuotteen mittojen mukaisesti. Listan tarvittavista muodoista riippuen työ tehdään joko automaattikoneella tai käsitaivutuksessa, jossa lista katkaistaan ja taivutetaan puoliautomaattikoneella. Listan kasauksen jälkeen lista ryynitetään kahdelta sivulta, ryynityksen jälkeen listat butyloidaan, jonka jälkeen lista on valmis. Butyyli muodostaa listan pintaa eristekerroksen, jonka läpi ulkoa tuleva kosteus ei pääse listan ja lasin väliin jättäen sinne kosteusjälkiä käytön aikana. Butylointi ja ryynitys ovat listojen ominaisuuksien kannalta tärkeitä työvaiheet sillä ne estävät veden pääsyn elementin sisälle ja poistavat kosteuden lasin välistä. Nämä ovat asiakkaiden kannalta tärkeitä vaatimuksia, että lasit toimivat koko ajoneuvon eliniän, sekä täyttävät asiakkaiden omat vaatimukset ja ovat samalla myös standardien mukaiset.

Järjestelijä hoitaa lasit linjan syöttöpäähän tuotannonohjausjärjestelmän antaman työjonon mukaisesti, varmistaen samalla myös lasin leimojen oikeellisuuden, värin ja paksuuden. Tarkistukset tehtyään järjestelijä toimittaa työmääräimet niin listatyöntekijöille kuin linjan syöttöpäähän syöttäjälle, joiden perusteella listatyöntekijä osaa tehdä oikeat listat tuotannossa oleville laseille. Työmääräimen perusteella syöttäjä valitsee oikeat lasit varastosta syötettäväksi, tässä vaiheessa laseille tehdään tarkastuksia täsmäävätkö työmääräimessä olevat tiedot lasissa olevaan leimaan.

Syöttäjä asettaa lasit pesukoneen syöttöhihnalle vuorotellen sisäpinta ylöspäin, ensiksi ulkolasi ja sen jälkeen sisälasi, ja samalla tarkastaa lasin visuaalisesti leimojen ja värin osalta. Kasauskopissa lasien tuotannosta vastaavat kasaajat ja kittaja, kasaajat tarkistavat lasin uudelleen silmämääräisesti, kun lasi on tullut kasauskoppiin, että lasi täyttää standardin ja mahdolliset asiakkaan erityisvaatimukset eristyslasiin laadusta.



KUVA 2. Tietoja, joita voi lukea lasileimasta. (NSG Group)

Kaikkia visuaalisia virheitä ei voida löytää lasin syöttöpäässä johtuen lasien pukituksesta lasipukeille, vaan osa tarkastuksista jää kasauskoppiin ennen elementin kasaamista. Mikäli lasi todetaan olevan kunnossa ja täyttävän asiakasvaatimukset se siirretään kasauspöydälle. Tässä vaiheessa lasin mahdollinen hävitys on vielä kustannuksiltaan pieni, kun listoja tai toista lasia ei ole kiinnitetty elementtiin, lasin ollessa elementtinä hävityksen kustannukset ovat merkittävästi isommat.

2.2.4 Eristyslasin kokoonpano

Lasin ollessa pöydällä siihen kiinnitetään tarvittavat kohdistustyökalut, mikäli niitä tarvitaan kyseisessä lasissa, työkalujen asettamisen jälkeen lasi on valmis toisen lasin ja listan asennukselle. Kun sisälasi tulee kuljettimelta kasauskoppiin, asennetaan lista sisälasiin ja lasi/lista yhdistelmä kohdistetaan kohdistustyökalujen avulla ulkolasiin. Tämän jälkeen varmistetaan lasin ja listojen kiinnittyminen painelemalla laseja, tarvittaessa tässä vaiheessa lasi myös mitataan. Sarjakoosta riippuen mittaukset tulee tehdä ensimmäisestä lasista ja myöhemmin asiakkaan määritelmän mukaisesti.

Kasauspöydällä lasiin asennetaan teipit, jos kyse on portaallisista laseista, niiden avulla ylimääräinen kitti on helposti poistettavissa kittauksen jälkeen. Portaattomien lasien osalta kitti poistetaan kuivausuunin jälkeen. Tarvittaessa

lasiin laitetaan myös puristimia, että lasi pysyisi muodossaan kittauspisteelle siirron ja kittauksen aikana.

Kittaaja valmistelee kittauspöydän valmiiksi ennen lasin siirtoa kittauspöydälle, laittaa kasausalustan pyöröpöydälle ja siihen tarvittaessa kepit tai laudat. Kittauspöydällä lasin päälle voidaan lisätä myös painoja, mikäli niille on tarvetta lasin erikoisen muodon tai muiden vaatimusten takia. Kittaaja kittaa lasin kittauspöydällä, joka pyörii asetettua nopeutta, jotta kittaajan ei tarvitse itse pyöriä lasin ympärillä vaan hän voi pitää työpisteensä samalla kohdalla koko kittaamisen ajan, kun lasi pyörii pöydällä. Kittauksen jälkeen kittaaja poistaa teipit portaallisista laseista, portaattomissa laseissa ei käytetä teippejä ollenkaan.

Kun kittaaja on saanut teipit poistettua, niin kittaaja laittaa lasin päälle joko kepit tai laudat, jonka jälkeen kasaajapari tuo uuden lasin kitatun lasin päälle. Tuotteesta riippuen laseja menee kittauspöydältä, kasausalustalla uuniin yhdestä neljään kappaletta kerralla, kun alusta on täynnä kittaaja lähettää kittausalustan kohti kuivausuunia ja ottaa uuden kasausalustan kittauspöydälle.

2.2.5 Eristyslasin kuivaus ja pakkaaminen

Kuivausuunissa lasin tulisi olla linjan toimivuuden kannalta n.40min, mutta jossain tapauksissa tätä aikaa joudutaan pidentämään, kun kitti ei ehdi kuivua kunnolla. Tämä aiheuttaa ongelmia linjan toimivuudelle, kun uunin läpimenoaika pitenee, laseja ei saada uuniin kuivumaan ja kasauskopissa ei ole tilaa varastoida laseja, joten linja pysähtyy.

Kuivausuunin olosuhteiden hallinta on haastavaa johtuen ulkoisen säätilan vaikutuksesta. Kovalla pakkasella kuivausuunin kosteusprosentti on hankala pitää tavoitearvoissa, koska lämmitystä pitää lisätä, että lämpötila on riittävällä tasolla kitin kuivumiselle. Ongelmat kumuloituvat nimenomaan talviaikaan ja keväälle, kun ulkoilman kosteusprosentti on pienempi kuin kesällä tai syksyllä, tällöin lämmityksen lisääminen aiheuttaa kosteusprosentin laskemisen liian alhaiselle tasolle ja se vaikuttaa suoraan kitin kuivumiseen.

Liiallinen kosteus taas aiheuttaa kuivatusuunissa kosteuden tiivistymistä vedeksi, jolloin kuivausuunin lattialle muodostuu vesilätäköitä. Ne ovat työturvallisuusriski, kun uunissa pitää välillä käydä tarkistamassa lämmityslaitteiden ja kosteussuuttimien toimintaa. Lisäksi veden kuivuessa voi kuivatusuunin ilmaan jäädä jäämiä lattialla olevasta liasta, lika voi aiheuttaa jälkiä uunissa kuivumassa oleviin lasihin. Näistä likajäljistä on tullut asiakasreklamaatioita satunnaisesti.

Eristyslasipakkaamossa pakkaaja tarkistaa lasin ulkopinnan, visuaaliset virheet ja muut asiakkaan asettamat vaatimukset hyvälle lasille. Jos lasi ei täytä asetettuja arvoja, niin virheen suuruudesta riippuen se, joko romutetaan saman tien tai korjataan määriteltyjä välineitä käyttäen. Pienet visuaaliset virheet saadaan yleensä poistettua villan avulla. Isommissa virheissä voidaan lasia joutua filttaamaan filtausnesteen ja koneen avulla.

Kittauksen korjaamiseen käytetään samaa kittiä kuin kasaamossa ja sitä levittää yleensä pahvilapulla korjaamista vaativaan kohtaan. Ilmanväli tarkastetaan ilmapölymittarilla, elementin paksuuden voi mitata samalla tai erillisellä elementin paksuusmittarilla. Eristyslasipakkaamo on laadun tarkistamisen kannalta viimeinen vaihe tehtaan sisällä ennen kuin lasi lähtee laatikossa tai pukilla joko varastoon tai suoraan asiakkaalle. Mikäli virhettä ei huomata eristyslasipakkaamossa on lasi toimitettu jo asiakkaalle, ennen kuin virhe huomataan asiakkaan toimesta. Seurauksena on reklamaatio, joka aiheuttaa kustannuksia niin asiakkaalle kuin valmistukseen, virheen aiheuttajan selvittämisestä ja juurisyiden etsimisestä.

3 TEORIA

Tuotannon tehostamiseen on käytetty erilaisia menetelmiä, NSG Groupin sisällä käytetään paljon Lean-menetelmiä, joiden pohja on jo Henry Fordin menetelmäsuunnittelussa. Menetelmiä on tästä eteenpäin kehittänyt mm. japanilainen autonvalmistaja Toyota, jonka kehityksessä on iso osa nykyään tunnetuista Lean-menetelmistä saanut nykyisen muotonsa (Petersson Per ym. 2018, 39-41). Tuotantoa on mahdollista tehostaa monella tavalla, osassa niissä optimoidaan koko tuotantoputki, toisissa menetelmissä keskitytään vain yhteen osaan.

Optimointia voidaan tehdä myös suunnittelemalla käytettävissä olevien resurssien suhteen. Tällöin kaikki linjan resurssit, on sitten kyse koneista tai työntekijöistä, ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Tarkoituksena on pitää resurssit mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman isolla käytöllä, vaikka tarvetta juuri sillä hetkellä ei olisi. Resurssien maksimaalinen käyttö voidaan toteuttaa tekemällä tuotteita varastoon, vaikka tilaukset tuotteista ovat selvästi myöhemmässä vaiheessa tai pahimmassa tapauksessa tuotteita tehdään varastoon ennusteiden perusteella (Modig & Åhlström 2018, 47).

Yhden linjan toiminta voidaan optimoida sen kuormitusta säätämällä niin, että tehtävät työt ovat sarjakooltaan isoja (Hannula & Lönnqvist 2002, 55). Tämä vähentää asetusajan määrää tuotannossa, samalla keskeneräisen tuotannon KET-varaston koko kasvaa (Modig & Åhlström 2018, 51-52), niiden vaatima varastotila ja tuotteisiin sitoutuneen pääoman määrä kasvaa (Modig & Åhlström 2018, 114-115). Näin toimivassa tuotannossa linjan tunnusluvut näyttävät hyviltä, todellisuudessa aiheutetaan joko edellisiin vaiheisiin tai tuleviin vaiheisiin lisätyötä varastoinnin, materiaalin siirtojen tai muun toissijaisen työn myötä (Modig & Åhlström 2018, 64-65). Tällöin resurssitehokkuus yhdessä vaiheessa on hyvä, mutta kokonaisuudessaan tuotannon virtaustehokkuus on heikko johtuen turhasta työstä mitä joudutaan tekemään yhden osan hyvän tuloksen saavuttamiseksi (Modig & Åhlström 2018, 64-65).

Varastojen kasvattamisesta voi aiheutua haittoja tuotteiden pilaantumisen muodossa, mikäli varastointiaika kasvaa liian pitkäksi. Tuotteita ei pystytä valmistamaan työhön alkuperäisesti kohdistetusta materiaalista sen pilaantumisen tai heikentyneen kunnon vuoksi (Modig, Åhlström, 2018, 55-59). Samalla KET-varasto on myös puskuri linjahäiriöille tai seisokkien varalta, että tuotanto ei keskeydy puuttuvien materiaalien vuoksi (Petersson Per ym. 2018, 235-239). Tuotteiden valmistus ennakoon on tiettyjen tuotteiden osalta perusteltua, kuten talvirenkaat tai joululaatikot. Niiden valmistuksessa käytetään useita resursseja ja valmistus olisi vaikeaa juuri oikeaan aikaan. Tästä syystä on perusteltua valmistaa sesonkituotteita varastoon ja vapauttaa niitä varastosta eteenpäin sesongin ollessa lähempänä (Petersson Per ym. 2018, 235-239).

Modig ja Åhlström (2018) vertaavat hyvin virtaavaa tuotantoa viestijuoksuun, jossa kapula liikkuu jouhevasti juoksijalta toiselle. Resurssitehokasta tuotantoa taas kuvataan siten, että ensimmäisen osuuden juoksija kantaa niin monta kapulaa kuin pystyy, mutta joutuu odottamaan seuraavaa vaihetta, kun kukaan ei ole paikalla, osuuksien välillä tapahtuu myös hukkaa ja lisää viiveitä. Tämä korostaa tehokkaan virtauksen merkitystä tuotannon tehokkuuden seurannassa ja mittaamisessa sen sijaan, että keskityttäisiin yhden resurssin tehokkaaseen käyttöön.

Toyota on ollut virtaustehokkuuden kehittämisessä edelläkävijöitä perustajansa Kiichiro Toyodan myötä. Toyota haki virikkeitä tuotantonsa tehostamiseen mm. vierailuilla Yhdysvaltoihin tutustuen eri autotehtaisiin ja miten tuotanto oli niissä järjestetty. Näiden havaintojen perusteella Toyota alkoi muodostamaan omaa tuotantomenetelmäänsä, jossa haluttiin vähentää varastojen kokoa, vähentää ylimääräistä työtä ja hukkaa, jota jouduttiin korjaamaan seuraavassa. Tästä syntyi Toyotan tuotannon perusasioista Just-in-time (myöhemmin JIT) tuotanto, jossa tuotannossa tehtiin vain asiakkaan haluamia tuotteita, mahdollisimman pienillä varastoilla (Modig & Åhlström 2018, 70–71).

Tuotannon virtauksen aikaan saamiseksi on tehtävä muutoksia, joiden avulla voidaan vähentää turhaa työtä, jolla ei tuoteta lisäarvoa asiakkaalle (Tuominen 2010, 41-43). Asiakas voi olla niin sisäinen asiakas, yleensä seuraava työvaihe, tai ulkoinen asiakas, jolle toimitetaan lopputuotteita. Onnistuneella virtauksella

voidaan parantaa merkittävästi tuotteiden läpimenoaikaa, parhaassa tapauksessa kuukausista päiviin (Tuominen 2010, 22, 252-254). Muutoksia ei kuitenkaan voida toteuttaa, ellei myös henkilöstöä saada sitoutettua toiminnan muutosten taakse (Tuominen 2010, 55-57). Jokaisen on otettava vastuu omasta tekemisestään, ellei linja toimi seuraavaan vaiheeseen heijastuu häiriöitä. Pahimmassa tapauksessa häiriöt voivat johtaa linjan pysähtymiseen ja myöhästymisiin (Tuominen 2010, 58-59). Onnistuneen muutoksen tärkeimmiksi hyödyiksi Kari Tuominen määrittelee seuraavat:

Onnistuneen muutoksen hyödyt

- Pienempi sidottu pääoma
- Vähemmän välivarastoja ja kuljetuksia
- Parempi joustavuus
- Laadun nopeampi reagointi
- Helpompi tuotannonohjaus
- Parempi tuottavuus
- Kehittävä työkuultuuri
- Parempi työmotivaatio

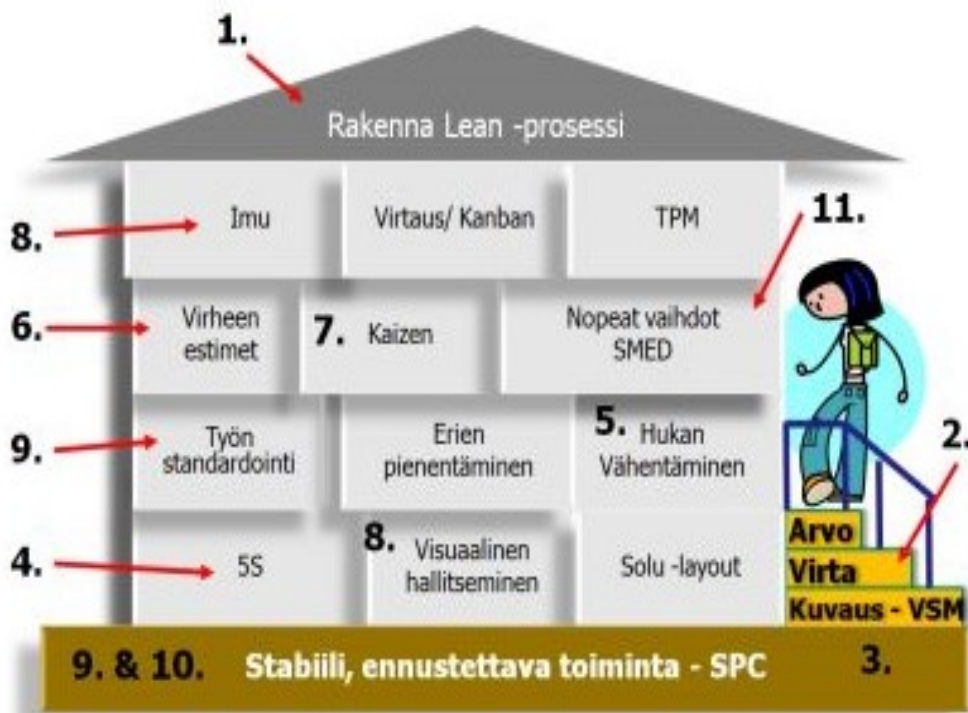
Useissa organisaatioissa kerrotaan, että kommunikointi eri toimijoiden välillä on helppoa ja se sujuu hyvin. Tästä huolimatta on hyvin yleistä, että monet asiat jäävät odottamaan tai kokonaan tekemättä, kun kommunikointi ei suju ja tieto ei liiku osastojen tai toimintojen välillä (Tuominen 2010, 73-75). Toisaalta kommunikointi ja tiedottaminen voi olla myös tehotonta, jos tiedotetaan kaikesta mitä tapahtuu. Tällöin hyödyllinen tieto jää usein peittoon, koska saatavan tiedon määrä on liian iso. Kaiken tiedon tulisi olla tarvittaessa saatavilla, mutta sitä ei ole välttämätöntä jakaa samalla hetkellä kaikille.

Viestintä ja kommunikointi korostuvat, kun tietoa pitää välittää useammalle eri toimijalle. Vaikka he kuuluisivat samaan ryhmään, niin jokainen ymmärtää saman viestin eri tavalla (Honkala ym. 2017, 186-188). Mitä selkeämpi, perustellumpi ja yksiselitteisempi viesti on, sitä varmemmin viesti tulee ymmärretyksi halutulla tavalla. Samalla viestistä on tultava ilmi mahdollisuus neuvotteluun tai vähintäänkin keskusteluun asiasta (Honkala ym. 2017, 186-188). Mikäli tilanne kärjistyy, tulee henkilökohtaisuuksiin menemistä välttää (Honkala ym. 2017, 186-

188). Viestinnässä pitää myös aina erottaa viestitäänkö asiaa yksittäisille työntekijöille, koko osastolle vai isommalle joukolle ihmisiä, viestin sisältöä ja sen myötä sen muoto on erilainen kuin yksittäiselle ihmiselle kohdistuvassa viestinnässä (Honkala ym. 2017, 105-108).

3.1 Lean ja siihen sisältyvät menetelmät

Lean on periaate, joka sisältää menetelmiä, joita käytetään tuotannon ja tuotannonkehittämisen työkaluina. Lean-menetelmien avulla pyritään järkevöittämään tuotantoa, karsimaan tuotannosta pois kaikki turha tekeminen ja hukka (Järvenpää & Lanz 2020), mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Asiakkaalle pyritään luomaan lisäarvoa verrattuna tavalliseen massatuotantoon (Sayer & Williams 2012) jossa tuote on pääosassa. Lean-periaatteiden mukaisessa tuotannossa tärkeintä on asiakkaan saama lisäarvo ja samalla yrityksen oma kilpailuetu tuotannon tehostumisen ja joustavuuden myötä (Sayer & Williams 2012).



KUVIO 1. Kuva Lean-prosessista. (QK-Karjalainen, Lean työkaluja ja konsepteja)

Kari Tuomisen mukaan Lean perustuu kahteen periaatteeseen. Ensimmäinen periaate on keskeytymättömän virtauksen luominen, jossa niin materiaalit, tieto kuin tuotteet virtaavat koko prosessin läpi. Samoin kaikki tuotantoon liittyvät oheistoiminnot on standardoitu mahdollisimman pitkälle, että prosessin virtaus ei häiriinny. Toisena periaatteena Tuominen esittää johdon sitoutumisen Leaniin, sitä kautta myös työntekijät saadaan sitoutettua menetelmien käyttöön ja jatkuvan parantamisen työtapaan. (Tuominen 2010)

Mikäli organisaatio onnistuu pyrkimyksessään Leanin juurruttamisessa on muutos tapahtunut koko organisaatiossa. Organisaatio on poistanut turhaa tekemistä toiminnoistaan, saanut vakioitua työtapoja ja luonut mahdollisuuden jatkuvan parantamisen Kaizen toiminannalle. Lean-menetelmien perusteet on luotu autoteollisuudessa ja isoista autoteollisuus yrityksistä Toyotalla on oma menetelmänsä Toyota Production Systemin (TPS), joka on ollut pohjana nykyisiin Lean menetelmiin (Petersson Per ym. 2018, 278-279).

Per Petersson kertoo kirjassaan Lean - muuta poikkeamat menestykseksi! syitä mitä Lean toiminnan juurruttamiseksi yritykseen tarvitaan ja syitä miksi kannatta pyrkiä Lean toimintaan.

- korkeampi laatu
- alhaisemmat kustannukset
- lisääntynyt joustavuus
- korkeampi toimitusvarmuus
- lyhyemmät läpimenoajat
- lyhyemmät odotusajat

Leanin kautta on tullut käyttöön useita tuotannon laadunvarmistukseen ja laadun ylläpitämiseen tarkoitettuja menetelmiä. Eräs näistä menetelmistä on PokaYoke, jonka avulla pyritään tekemään virheen tekeminen mahdottomaksi estämällä virheen mahdollisuus prosessista. Virheen syntyminen voidaan estää muuttamalla prosessia niin, ettei väärin toimiminen ole enää mahdollista ja prosessin laatu saadaan näin vakioitua. Yksinkertaisimmillaan PokaYoke ilmenee muutoksena tuotteen reiän koossa niin, ettei minkään muun osan asentaminen kyseiseen kohtaan ole mahdollista.

Just-In-Time menetelmän avulla voidaan optimoida tuotantoerät oikean suuruiseksi, tällöin tuotteet valmistetaan oikeaan tarpeeseen, eikä varastoon, jolloin pääomaa ei ole sitoutunut varastoon vaan se on vapaana kierto. Tuotteissa esiintyvät virheet korjataan välittömästi, näin virheellisiä tuotteita ei jää varastoon, vaan virheet voidaan korjata pienellä työmäärällä. Mahdolliset asiakkaan toivomat muutokset voidaan toteuttaa heti seuraavasta valmistuserästä lähtien, eikä varastoon jää epäkurantteja tuotteita, joista muodostuu kuluja. Lisäksi henkilöstön motivointi ja palkitseminen sitouttaa heitä paremmin muutokseen. (Tuominen 2010, 26)

5S on japanilainen menetelmä ja viisi ässä tulevat japaninkielisistä sanoista, Seiri (Sortteeraus), Seiton (Systematisointi), Seiso (Siivous/siisteys), Seiketsu (Standardisointi), Shitsuke (Seuranta). Näitä voidaan toteuttaa eri tavoin, yksi tapa toteuttaa Seiri on laputtaa alueella olevat ylimääräiset/tarpeettomat tavarat, jonka jälkeen ne viedään pois. Seiton-vaiheessa alueelle jääneille tavaroille määritellään paikat esimerkiksi varjotaulun avulla. Seiso-vaiheessa alue siivotaan siten, että tavarat ovat paikoillaan ja näin itse siivoukseen ei kulu juurikaan aikaa tätä voidaan helposti toteuttaa 5 min 5S hetkenä vuoron päätteeksi, jolloin yksittäiseen tehtävään ei mene liikaa aikaa. Seiketsu-vaiheessa työtavat standardisoidaan, tämä on yleensä se haastavin vaihe 5S-menetelmässä, kun työntekijät tulee saada toimimaan samalla tavalla ja ymmärtämään yhtenäisen toimintatavan edut. Viimeinen vaihe on Shitsuke eli seurata, jossa valvotaan, miten 5S-menetelmään toteutetaan käytännössä (Pettersson ym. 2018, 306-310).

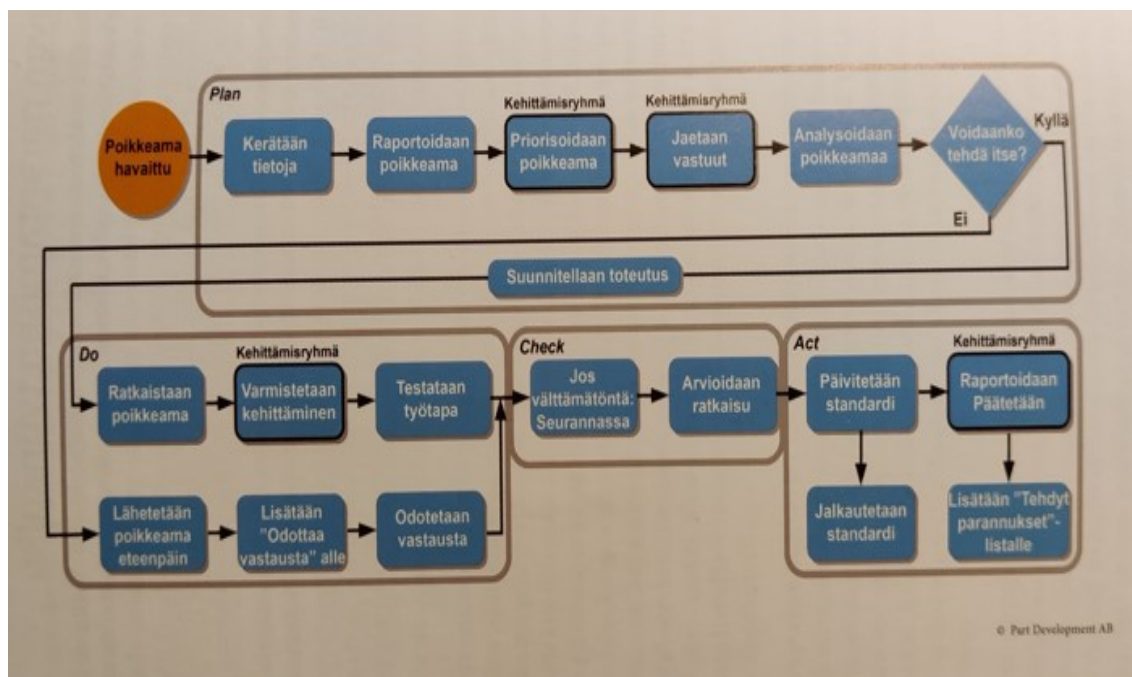
5S mielletään useasti pelkästään siivoukseksi, sen tarkoitus on sen sijaan saada työpiste standardisoiduksi ja työympäristö viihtyisämmäksi, että sieltä löytää työssä tarvittavat välineet ja dokumentit. 5S-menetelmän osalta tuo siisteys näyttäytyy useasti selkeimpänä merkinä menetelmän käytöstä, samalla voidaan saada sitoutuneempi henkilöstö, kun 5S-menetelmään kuuluvia tehtäviä tehdään päivittäin. Henkilöstön huomattessa kuinka 5S vaikuttaa heidän omaan viihtyisyyteensä ja työpisteellä löytää kaikki tarvittavat työvälineet saman tien, eikä työaikaa kulu turhaan työvälineiden etsimiseen, voidaan puhua onnistumisesta. (Pettersson ym. 2018, 306-310)

3.1.1 Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on osa kulttuuria, jossa pyritään parantamaan tekemistä jatkuvasti pienillä asioilla, eikä isoilla hypyillä. Pienet askeleet on helpompi hallita ja vakioida osaksi tekemistä. Työntekijät pitää saada mukaan toimintaan, ilman heidän osallistumistaan toiminta kuivuu kasaan enemmän tai myöhemmin. Parannusten tulisi olla myös mitattavia ja mahdollisuuksien mukaan toistettavissa myös muihin toimintoihin (Millard 2021). Toki pieniä muutoksia kannattaa tehdä, mikäli sen avulla saadaan työntekijät osallistumaan paremmin tuleviin muutosprosesseihin. Näin he tuntevat saavansa äänensä kuuluviin muutoksia tehtäessä.

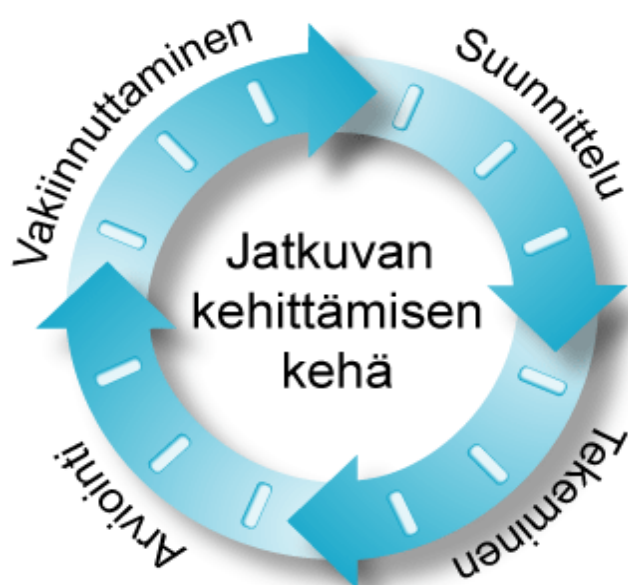
Jatkuvan parantamisen menetelmiä käytettiin jo Toyotalla, heillä tätä kutsuttiin Kaizen-toiminnaksi (Pettersson ym. 2018, 166-167), Kaizen nimitystä käytetään yleisesti jatkuvan parantamisen menetelmistä. Antamalla henkilöstölle tukea jatkuvaan parantamiseen Kaizeneihin on mahdollista saada paljon hyviä ja pieniä kehitysehdotuksia, joita toteuttamalla saadaan toimintaa parannettua maltillisin kustannuksin ja pienillä resurssi tarpeilla (Pettersson ym. 2018, 166-167).

Jatkuvan parantamisen osana käytetään PDCA(Plan,Do,Check,Act)-menetelmää, jossa muutos suunnitellaan Plan-vaiheessa. Muutoksen suunnittelun takana on jokin ongelma, jonka poistamiseen tarvitaan muutoksia ja mahdollisen juurisyyn selvittämistä (Pettersson ym. 2018, 188-190). Juurisyy voi olla myös työtekemisen helpottaminen parantamalla valaistusta tai helpottamalla työkalujen saatavuutta. Muutokset toteutetaan Do-vaiheessa, niiden vaikutusta seurataan ja arvioidaan Check-vaiheessa riittävän pitkän ajan, jotta voidaan olla varmoja muutosten vaikuttavuudesta (Pettersson ym. 2018, 188-192). Act-vaiheessa vakiinnutetaan muutokset, tehdään tarvittavat hienosäädöt ja ohjeistukset muutettuun prosessiin (Laatuakatemia; Pettersson ym. 2018, 188-194).



KUVIO 2. Esimerkki kaavio PDCA (Plan, Do, Check, Act)-menetelmästä. (Pettersson ym. 2018, 184)

Vaikka PDCA-prosessi saataisiin jalkautettua toimintaan sen loppuun, saattaminen vaatii työtä standardisointi vaiheessa, sillä ilman asian mukaista koulutusta kehittämisprosessin aikana saatu parannus jää vain hetkelliseksi ja unohtuu myöhemmin. Onnistuneen jatkuvan parantamisen tuloksia tuleekin seurata pidemmällä aikajaksolla, jotta toimintatavan juurtuminen käyttöön voidaan huomata.



KUVIO 3. Jatkuvan parantamisen kehä. (Laatuakatemia)

3.1.2 Hukka

Leanin yhtenä pääperiaatteena on järjestää tuotanto imuohjaukseen perustuen, jolloin vastaanottava prosessi kertoo tarpeensa tuotannon edelliseen vaiheeseen mitä tuotetta, milloin ja kuinka paljon se tulee tarvitsemaan (Petersson Per ym. 2018, 150-154). Tällöin tuotannossa muodostuvan hukan määrä pienenee ja tuotanto toimii tehokkaammin ja pienemmällä virheiden määrällä, kun niiden syntyyn päästään paremmin kiinni.

Per Peterssonin kirjassa Lean - muuta poikkeamat menestykseksi kerrotaan tavallisimmiksi hukan lähteiksi tuotantoteollisuudessa seuraavat

Hukka tuotantoteollisuudessa	Esimerkki
<ul style="list-style-type: none"> • Ylituotanto: Valmistetaan liian paljon tai liian aikaisin. • Odottelu: Odotellaan tietoja, materiaalia tai henkilökuntaa. • Tarpeeton kuljettaminen: Siirretään tuotteita tarpeettomasti. • Ylikäsittely: Tehdään enemmän kuin mitä on tarve, eli esimerkiksi korkeampaa laatua kuin spesifikaation mukaan pitäisi tehdä. • Tarpeettomat varastot: Materiaalit ja tuotteet, jotka odottavat käyttöä. • Tarpeeton liike: Etsitään tavaroita. • Virheelliset tuotteet: Valmistetaan tuotteita, joita täytyy korjata tai jotka pahimmassa tapauksessa täytyy laittaa hylkyyn. • Osaamisen tai luovuuden käyttämättä jättäminen: Työntekijöitä pidetään vain työn tekijöinä, eli ei käytetä hyväksi henkilöstön kykyjä, osaamista tai luovuutta. 	

KUVIO 4. Luettelo hukan peruslähteistä teollisuudessa (Petersson Per ym. 2018, 150-154)

Hukan lähteistä seitsemän ensimmäistä ovat lähtöisin Toyotalta Japanista ja kahdeksas on otettu mukaan myöhemmin (Petersson Per ym. 2018, 150-154). Hukkaa ei ole mahdollista poistaa tuotannosta kokonaan mutta sen merkittävyyttä ja aiheuttamia haittoja mm. tuotannon hidastumisiin voidaan pienentää.

Ylituotanto on tuotantoteollisuudessa selkeimpiä hukan syistä, sen seurauksena on yleensä odottelua, tarpeetonta varastointia, liikettä kuljettamista ja

pahimmassa tapauksessa virheellisiä tuotteita, kun kurantiksi luullut varastot ovat päässeet vanhentumaan ja niitä ei voida hyödyntää olemassa olevaan tarpeeseen. Ylituotannon myötä voidaan joutua tilanteeseen, jossa varastossa olevia tuotteita pitää hävittää niiden epäkuranttien ominaisuuksien takia.

Mitä pienemmillä teoilla voidaan tuottaa asiakkaalle enemmän lisäarvoa, sitä korkeampi jalostusarvo tuotteella on, tällöin myös tuotteesta aiheutuvan hukan määrä on pienempi (Hannula & Lönnqvist 2002, 58).

3.1.3 Juurisyy-analyysit

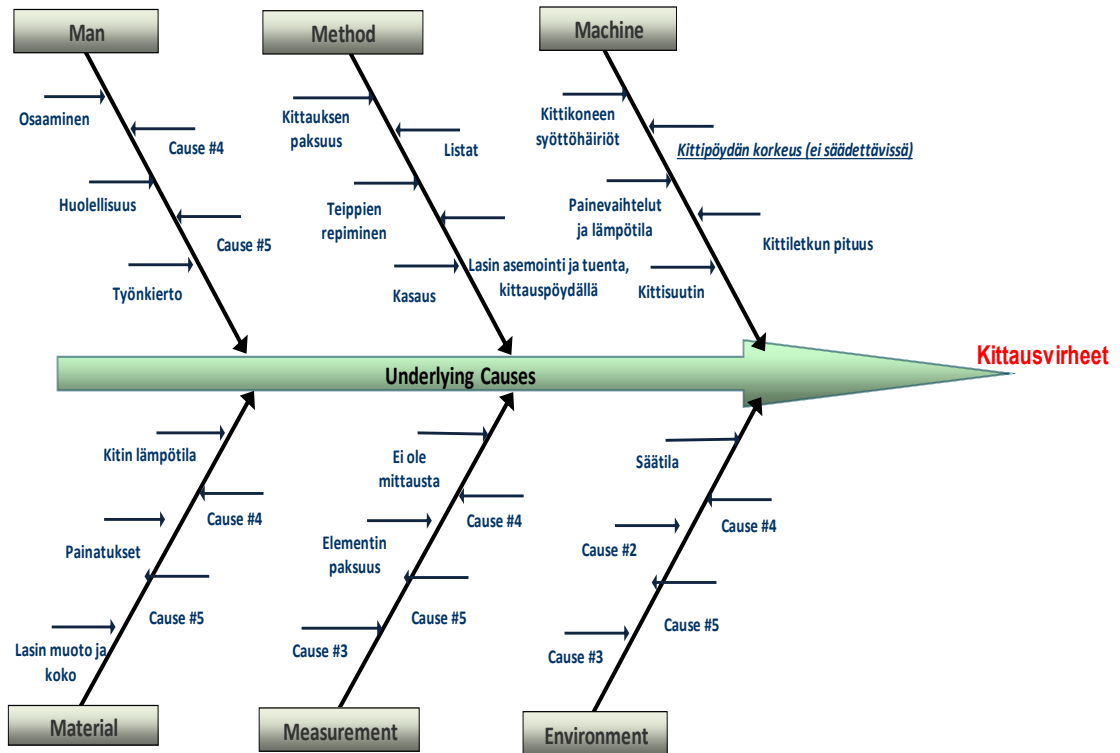
Juurisyy-analyysijä käytetään Lean toiminnoissa selvittämään ongelman aiheuttajia, yleisimpiä menetelmiä on 5-kertaa miksi ja kalanruotoanalyysit. 5-kertaa miksi-menetelmässä juurisyytä etsitään viidellä peräkkäisellä miksi kysymyksellä tarkoituksena löytää ongelman aiheuttanut syy (Pettersson ym. 2018, 319-322). Laatuongelmien juurisyiden määrittelyyn James.J Rooney ja Lee.N Vande Heuvel antavat seuraavia ohjeita, jotka identifioitujen juurisyiden tulisi täyttää.

1. Juurisyy on erityisyys
2. Juurisyy pitää pystyä tunnistamaan
3. Johdolla pitää olla mahdollisuus korjata juurisyy
4. Juurisyihin pitää pystyä antamaan vaikuttavat korjausmenetelmät.

Näiden määritelmien avulla on mahdollista identifioida juurisyy riittävän tarkasti ja selvittää onko epäilty syy juurisyy vai prosessin ominaisuus. Kaikkien virheiden juurisyitä ei ole mahdollista selvittää ja kaikkien virheiden juurisyitä ei kannata selvittää, johtuen selvitystyöhön kuluva ajasta ja sitä myöten resurssien hyödyttömästä käytöstä (Rooney & Vande Heuvel 2004, 46).

Kalanruotomenetelmässä etsitään syitä, miksi ongelma on ilmentynyt, ei pelkästään yhtä yksittäistä syytä. Kalanruotoa onkin käytetty laadun varmistusmenetelmänä, sen monipuolisemman syyn etsinnän takia.

Kalanruodossa on erilaisia versioita, joista kuuden ruodon versio on yksi yleisimmistä siinä ruodot muodostuvat tekijöistä, jotka vaikuttavat ongelmaan. Tekijät on jaoteltu seuraavasti, ihminen, ympäristö, mittaukset, materiaalit, menetelmät ja koneet tarkoituksena löytää jokaiseen ruotoon syitä mistä ongelma on voinut aiheutua (Pettersson ym. 2018, 322-325).

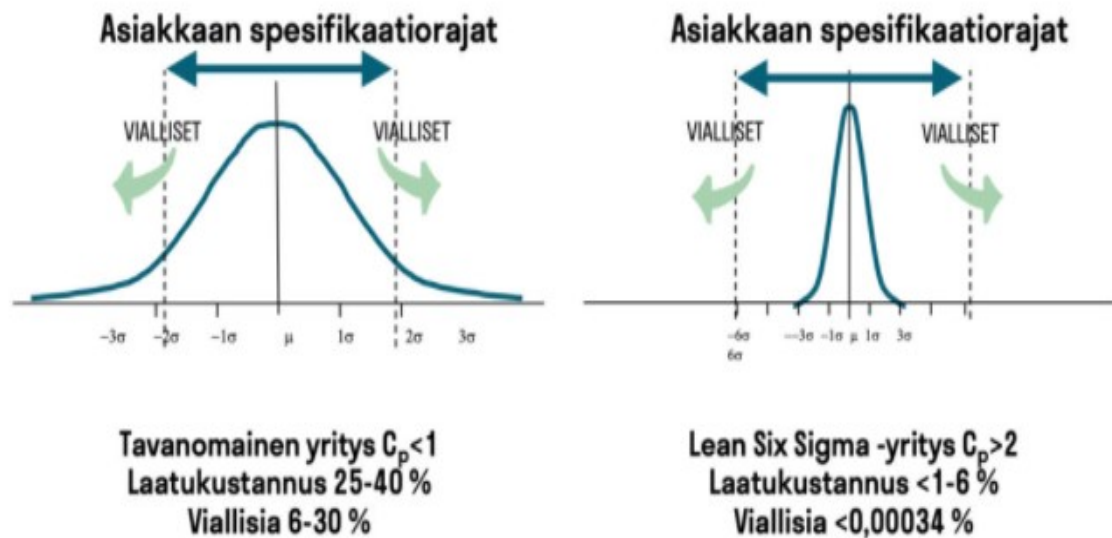


KUVIO 5. Kalanruotoanalyysi esimerkki kittausvirheistä.

3.2 Six sigma

Six Sigma on tilastolliseen dataan perustuva menetelmä, jota voidaan hyödyntää laadun, prosessien ja järjestelmien suorituskyvyn mittaamisessa. Monessa yhteydessä myös nimeä Six Sigmasta käytetään myös nimitystä Lean Six Sigma. Tällöin käytetään myös Lean-menetelmissä käytettäviä työkaluja tilastollisten menetelmien lisäksi, Six Sigma-metelmän avulla on mahdollista selvittää matemaattisesti prosessin suorituskyky, jota voidaan menetelmän työkaluja käyttämällä parantaa (Quality Knowhow Karjalainen 2022).

Six Sigmassa mitataan prosessin suorituskykyä erilaisilla mittareilla, jotka kohdistuvat mitattaviin suureisiin. Suorituskykyä mitattaessa Suomen teollisuus on jäljessä esimerkiksi Japania (Karjalainen & Karjalainen 2020, 23). Suorituskyvyn parantuminen heijastuu heti linjan laatureklamaatioiden määrään kuten alla olevassa kuviossa esitetään.



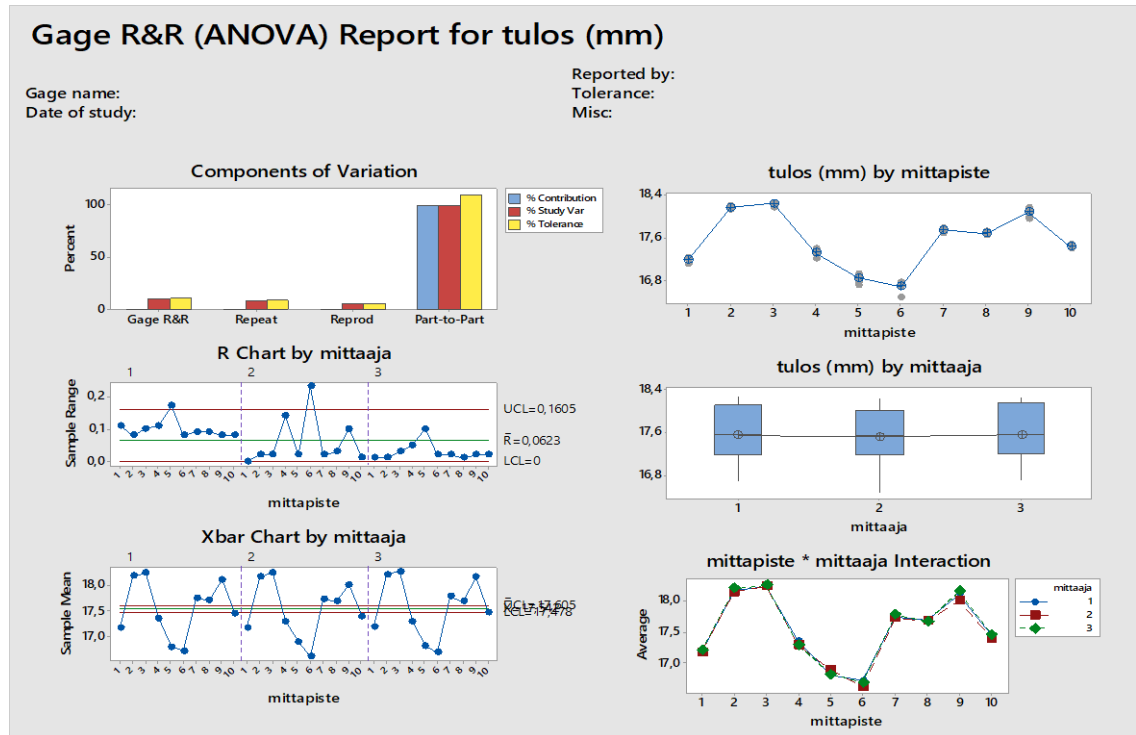
KUVIO 6. Vertailu laatukustannuksista (sixsigma.fi lean six sigmasta)

Mitä pienempi tuotannon varianssi on sitä pienemmät laatukustannukset aiheutuvat tuotannosta. Tästä syystä tuotannon mittaaminen ja sen suorituskyky on tärkeä asia, jotta voidaan varmistua tuotannon laaduntuottokyvystä.

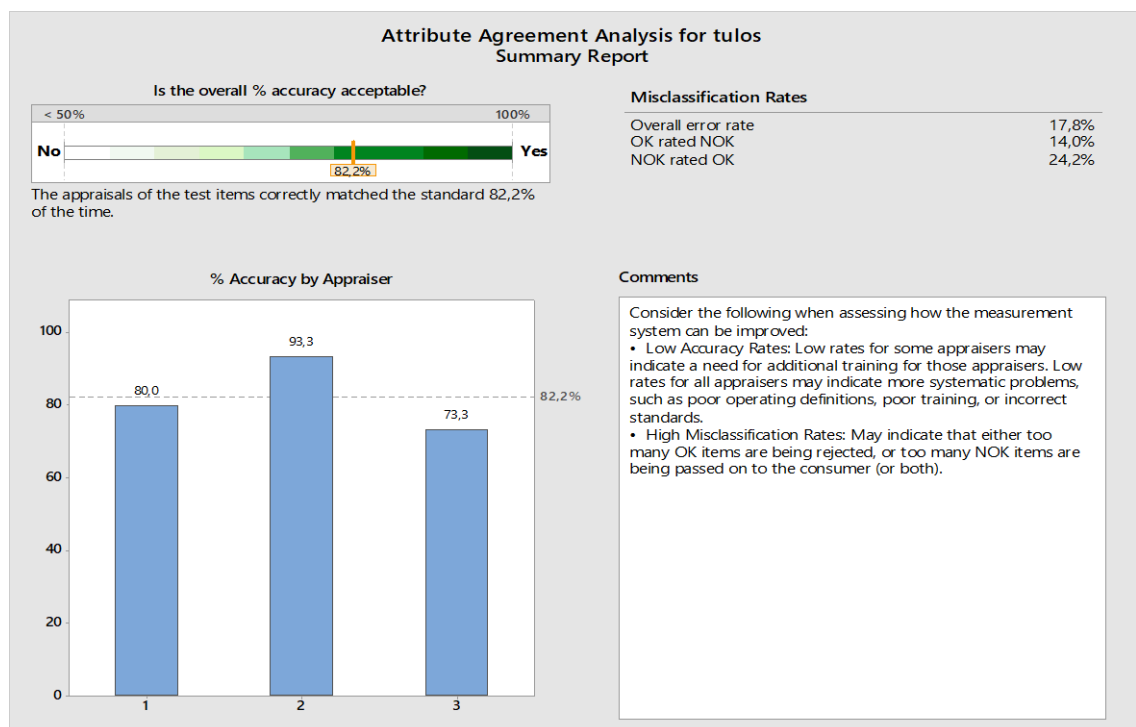
Six Sigman mittauksiin kuuluu osana myös mittausmenetelmä analyysi niin kutsuttu MSA, analyysi voidaan tehdä joko Gage R&R-menetelmällä jos mitataan mittatuloksia antavia mittalaitteita tai Attribuutti R&R-menetelmällä mikäli mittauksesta tulee kyllä tai ei tuloksia. Analyysissä tutkitaan kuinka hyvin mittaukset ovat toistettavissa niin mittausten kuin mittaajin välillä (SixSigma study guide 2022). Mikäli mittausmenetelmä analyysin perusteella arvioitu mittaus ei täytä asetettuja kriteereitä on mittaukset tehtävä uudelleen tai arvioitava onko käytettävät mittavälineet sopivia kyseiseen mittaukseen.

Mikäli mittausmenetelmä todetaan sopimattomaksi käyttötarkoitukseen, on hankittava uusia mittalaitteita, joilla mittaus voidaan suorittaa tarvittavan

tarkkuuden mukaisesti. Mittausmenetelmä analyysi tulee suorittaa kaikille uusille mittalaitteille, jos vastaavaa mittavälinettä ei ole käytössä aikaisemmin. Mittavälineiden säännöllinen kalibrointi kuuluu osana luottettavan mittaamisen varmistamiseen.



KUVA 3 esimerkki Gage R&R analyysin tuloksista.



KUVA 4. esimerkki Attribuutti R&R analyysin tuloksista.

3.2.1 DMAICT

DMAICT (Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Transfer)-menetelmässä parannusprosessi on vaiheistettu eri vaiheisiin. Define-vaiheessa määritellään mitkä projektin osat tarvitsevat parannusta, tähän päästäkseen on tiedettävä, mitä parannusprojektilla halutaan saada aikaan (Quality Knowhow Karjalainen 2022).

Measure-vaiheessa mitataan tunnistetusta osasta tietoja, jotka vaikuttavat prosessiin ja mihin ominaisuuksiin ne vaikuttavat. Prosessin toiminnan kannalta muita merkittäviä parametrejä mitataan samalla kuten prosessin laadun tuottokyky, prosessin vakaus ja prosessin mittaamisen luotettavuus (Quality Knowhow Karjalainen 2022).

Analyze-vaiheessa selvitetään mittaustulosten perusteella, mitkä tekijät vaikuttavat prosessin suorituskykyyn. Tunnistettuihin ongelmia aiheuttaviin juurisyihin pyritään löytämään ratkaisut, jotka parantavat prosessin suorituskykyä (Quality Knowhow Karjalainen 2022).

Improvement-vaiheessa implementoidaan, analyze-vaiheessa havaittujen ongelmien ratkaisut tai eliminointi menetelmät prosessiin ja seurataan niiden vaikutusta prosessin toimintaan (Quality Knowhow Karjalainen 2022).

Control-vaiheessa jatketaan muutoksen kohteena olleen prosessin seuranta ja poistetaan tarvittaessa myöhemmin havaittuja ongelmia prosessissa (Quality Knowhow Karjalainen 2022). Myös tarvittavat työohje tai työtapa muutosten kirjaaminen muistiin toteutetaan tässä vaiheessa prosessia.

Transfer-vaiheessa muutos jalkautetaan myös muihin prosesseihin, jotka voivat hyötyä aikaan saadusta muutoksesta useasti transfer-vaihe on yhdistetty control-vaiheeseen, jolloin puhutaan DMAIC-menetelmästä.

3.3 Mittaaminen

Seppo Saari kirjoittaa kirjassaan Tuottavuus - Teoria ja mittaaminen liikennetoiminnassa mittaamisen tunnusluvuissa olevan viisi tärkeää ominaisuutta, mittauksella tulee olla kohde ja sen tärkeys eli relevanssi, mittarilla on oltava riittävä tarkkuus eli validiteetti, mittauksen on oltava luotettava, mittaus ja sen luomat tunnusluvut on oltava ymmärrettäviä ja mittauksen on oltava edullista, jotta mittaamista on mahdollista tehdä riittävästi (Heikkilä 2014, 11-12). Saari määrittelee mittaamisen tarkoituksiksi saada mahdollisimman objektiivinen, mielipiteistä ja arvoista vapaa mittatulos (Saari 2006, 43).

Prosessiteollisuudessa yleisiä mittareita ovat tuotettu kappalemäärä, käytetty aika, laatu ja kustannukset. Niiden selvittäminen onnistuu useimmista tuotannonohjausjärjestelmistä ja ne ovat valideja mittareita (Fogelholm & Karjalainen 2001, 33). Aikamittauksissa käytetään validoituina mittareina mm. prosessin läpimenoaikaa tai toimitusaikaa ja niiden toteutumista. Laadun mittareina käytetään saantoa, joka ilmaisee hyvien tuotteiden prosentuaalista määrää prosessissa (Fogelholm & Karjalainen 2001, 33).

Tuottavuutta mitataan tuotetulla määrällä tuotetta, usein mittarina on pelkästään kappaleet ja tuotannon laatu jätetään huomioimatta. Pelkästään kappaleita mittaamalla saadaan prosessista tehokas kappaleiden osalta, laadun kannalta prosessi tuottaa usein tässä tilanteessa hukkaa (Hannula & Lönnqvist 2002, 51-52).

Tuotantotoiminnan mittaamiseen liittyy olennaisena osana myös tavoitteet, joita tuotannolle asetetaan. Tuotanto tavoitteiden tulisi olla riittävän haastavia, jotta niiden saavuttaminen ei ole liian helppoa ja samalla tavoitettavissa, jotta niiden on mahdollista päästä normaalien työsuoritteiden myötä (Hannula & Lönnqvist 2002, 56-57). Liian helpoilla tai liian vaikeilla tavoitteilla voidaan vaikuttaa negatiivisella tavalla motivaatioon saavuttaa tavoitteet tai laatuun jos tavoitteet ovat liian helppoja.

3.3.1 Saanto ja hävikki

Saannolla mitataan linjan hävikkiä, mittaaminen tehdään yleensä saantoprosentin myötä, joka kertoo kuinka monta prosenttia, linjan tuotteista on kurantteja. Saannosta on vähennytty epäkuranttien tuotteiden määrä ja se kertoo hävikin määrän. Hävikkiä voi tulla tuotannon aikana niin tuotannon tekemistä virheistä kuin tuotannosta riippumattomista syistä, kuten tuotteiden käytöstä laatutesteihin.

3.4 FMEA ja control plan

Prosessin toimintaa ja sen tuotteeseen aiheuttamia virheitä selvittää FMEA (Failure Mode Effects Analysis)-menetelmällä. FMEA:ssa esitetään linjan toiminta usein prosessikaavio-muodossa, missä mahdolliset virheet voivat ilmentyä linjalla, lisäksi FMEA:ssa arvioidaan, kuinka vakava virhe on ja mitä siitä voi pahimmillaan seurata. Virheitä arvioidessa vakavat virheet tulee saada poistettua prosessista, vakavalla virheellä tarkoitetaan kuolemaan tai vammautumisen aiheuttavaa virhettä. Virheen aiheuttaessa vain mielipahaa, mutta tuotteen ollessa silti toimiva ei virhettä ole välttämätöntä saada kokonaan pois prosessista. Pienien virheiden osalta riittää virheen ilmaantuvuuden vähentäminen, kontrollointi miten ja milloin virhe ilmenee.

FMEA voidaan tehdä tuotekohtaisena, jos tuotetta valmistetaan isoja määriä ja pitkiä aikoja kerrallaan. FMEA on mahdollista toteuttaa myös laitekohtaisena, jolloin ei voida mennä niin yksityiskohtaiselle tasolle kuin tuotekohtaisessa FMEA:ssa. Ongelmien löytämisessä linjakohtainen FMEA toimii samalla periaatteella kuin tuotekohtainen versio.

Structure analysis (STEP 2)			Functional analysis (STEP 3)		Failure analysis (STEP 4)				Risk analysis (STEP 5)							
1. Process	2. Process Step / Function (Verb/Noun)	3. 4M	Function 3.3.2	Requirements (C/S)	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Potential Causes of Failure Xs	Prevention Control 1	Prevention Control 2	Detection Control 1	Detection Control 2	Priority	RPN	SOD	SOD Rating	
1.0	Listan tilaus	Ihminen	Valitaan oikea työ työjonosta, toteutetaan työmäärärahat ja tuoteasiat	Valitaan työjonon mukainen työ	Ei valita työjonon mukaisia töitä (suunnitelman toimitus viivästyy asiakkaalle)	a) ohjeistaminen b) viivästymisen c) viivästymisen d)	Työjono ei ole päihitetty, materiaalia ei ole suunnitellusti tehtävissä	Tuotannonohje asijärjestelmä työmäärärahat	sähköposti jono	4	Visuaalinen tarkistus		6	36	446	

KUVA 5. esimerkki FMEA.

4 TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Lean-periaatteen mukaisesti toiminnan kehittämisessä on pyritty vähentämään operaattoreiden turhia työvaiheita, tähän on päästy mm. toteuttamalla työssä tarvittaville jigeille varastointipaikat hyllyyn ja telineelle, samassa yhteydessä jigit myös merkittiin ja tämä tieto sisältää tiedon jigin sijainnista varastopaikoilla ja sama tieto löytyy myös tuotannonohjausjärjestelmästä. Tieto oikeasta käytetystä jigistä tulostuu jokaiseen työmääräimeen, jonka operaattorit saavat työtä aloittaessaan järjestelmästä. Vanhassa säilytysjärjestelmässä operaattorit joutuivat välillä etsimään tarvittavaa jigia useita minuutteja, nyt jigit ovat vakiopaikoillaan ja löydettävissä nopeasti katsomalla työmääräimestä kyseisen työkalun varastopaikka.

Operaattorit osallistettiin mukaan toimintaa ideointi- ja koulutuspäivänä, joka heille pidettiin ja samalla kerrottiin opinnäytetyöprojektista. Samassa tilaisuudessa järjestettiin myös laatukoulutusta ja tiedostusta niin myynnin ja uusien tuotteiden osalta miltä tulevaisuus näyttää. Operaattorit tulivat koulutuspäivän myötä tietoisiksi tulevaisuuden tarpeista, mitä heiltä odotetaan ja ketkä heitä auttavat ongelmissa.

Kyselytutkimuksesta ja haastatteluista saatujen vastausten perusteella löydettiin tuotantoon liittyviä asioita, joilla olisi mahdollista parantaa tuotelaatu ja sen myötä kilpailukykyä. Tuotannon olosuhdeparannukset, kittausprosessin vakiointi ja elementin paksuuden vakiointi koettiin suurimmiksi ongelmiksi.

Elementinpaksuuden toleroinnin parantaminen ja olosuhteet todettiin tutkimuksissa toteuttamisen osalta mahdollisiksi toteuttaa, joten parantamisen panokset kohdistettiin kyseisiin asioihin.

4.1 Kuivatusuunin parannukset

Kuivatusuuniin lisättiin kostutin, jolla pystytään varmistamaan uunissa riittävä kosteus, jotta kitin kuivumiseen on riittävät olosuhteet ja sen myötä voidaan käyttää lyhyintä kuivumisaikaa. Kuivumisaikaa on jouduttu tähän asti

pidentämään varsinkin talvisissa olosuhteissa, kun ulkona on pakkasta ja ilmankosteus on ollut pieni, tällöin kuivatusaika on kasvanut 2800 s -> 3600 s ja pahimmissa tapauksissa on jouduttu myös käyttämään myös 4500 s kuivumisaikaa, mikäli ilman kosteus on päässyt liian pieneksi. Tätä on tapahtunut onneksi todella harvoin.

Uuniin saatiin myös samassa yhteydessä uudet lämmittimet, joilla kuivatusuunin lämpötilat on saatu kohoamaan kittitoimittajan haluamiin lukemiin. Ennen lämpötilaa jouduttiin lisäämään erilaisilla lisälämmittimillä, tällä hetkellä tätä ei pitäisi joutua tekemään kuin poikkeustilanteissa kuten todella kovien pakkasten tullessa. Muissa tapauksissa nykyisten lämmittimien teho on riittävä, linjan toiminnan kannalta.

Kuivatusuuniin lisättiin luukut, joilla voidaan syöttöpää kuin ottopääkin suljettua tuotannon aikana, tähän asti molemmat päät ovat olleet auki tuotannon aikana ja suljettu vuorojen loppuksi erillisillä luukuilla. Avattavien luukkujen myötä olosuhteet on mahdollista vakioida suurimmaksi osaksi tuotantoaikaa, kun lasia kuljettavan kelkan liikkuminen uuniin ja uunista ulos kestää vain muutaman sekunnin. Luukut ovat kiinni muun ajan ja aukeavat vain siksi aikaa, kun kelkka liikkuu, tämä helpottaa lämpötilan ja kosteuden hallintaa, myös olosuhteita valvovien laitteiden tehoja voidaan tarvittaessa laskea, jolloin niiden energian kulutus ja kestävyys paranevat.



KUVA 7. Esimerkki kuivatusuunin mittadatasta muutosten jälkeen, sinisen katkoviivan alle menneet lukemat aiheutuivat laiterikosta.

Uuniin tehtiin muutoksia olosuhdeseurannan osalta, muutosten myötä on mahdollisuus kerätä dataa, miten lämpötila ja ilmankosteus pysyvät tarvittavien raja-arvojen sisällä. Antureiden välittämä tallentuu kerran tunnissa tai tarvittaessa 15 minuutin välein muistiin, josta voidaan jälkikäteen todentaa olosuhteiden riittävyys prosessin kannalta. Uunin logiikkaan ei tehty tässä yhteydessä muutoksia ja logiikan ohjauspäätteiltä lukemat näkyvät vastaavalla tavalla kuin tähänkin asti. Mittausanturin mittausväliksi määriteltiin kerran tunnissa, lasien kuljetuskelkka on kuivatusuunissa vähintään 2800 s, jolloin lyhyemmällä tallennusvälillä ei saavuteta selkeitä hyötyjä. Merkittäviä olosuhde muutoksia ei ehdi tapahtua tuntia lyhyemmässä ajassa aikaisemman mittaushistorian perusteella ja näin olosuhde ei ehdi muodostua tuotantoon vaikuttavaksi haitaksi. Mahdolliseen ongelmaan on myös mahdollista reagoida tunnin sisällä, mikäli se nähdään tuotelaadun kannalta tarpeelliseksi toimenpiteeksi. Tuotannon osalta läpimenoajan vakiointi on merkittävä muutos, sillä uunin pidentynyt kuivumisaika aiheutti tuotannon pysähtymistä vanhoissa olosuhteissa.

Kasauskoppiin lisättiin valaistusta kittauspöydän päälle, entiset halogeenivalot olivat heikot valoteholtaan ja eivät toimineet enää kunnolla. Valot vaihdettiin LED-valoihin ja niiden sijaintia vaihdettiin nykyisen kittauspaikan mukaisesti niin, että valot valaisevat nyt oikean kohdan eikä valo tule kittajaan selän takaa. Tämä helpottaa visuaalisten virheiden löytämistä, jos virheellinen lasi olisi päässyt tuotannossa läpi tähän vaiheeseen asti.

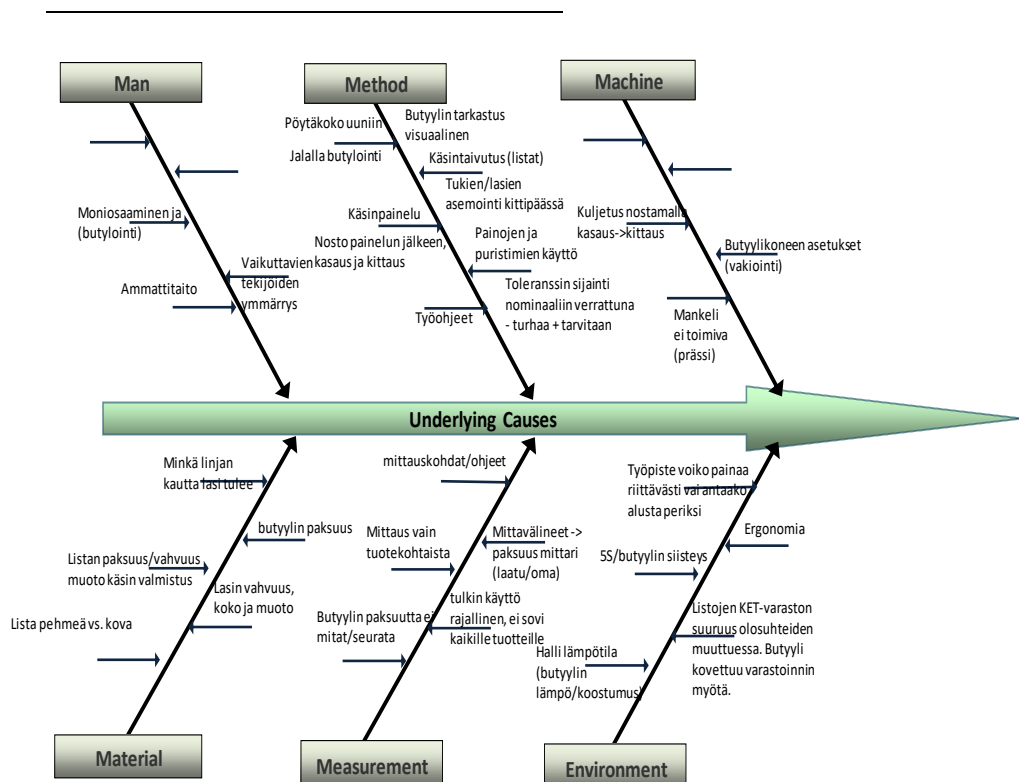


KUVA 8. Uuden valot taempana ilmastointi venttiilin takana.

4.2 Elementin paksuuden tolerointi

Elementin paksuuden tolerointi oli todettu ongelmaksi tiettyjen tuotteiden osalta niiden haastavien muotojen tai elementin ulkoisten mittojen takia (Tuominen 2010, 255-256). Elementin paksuus on asiakkaan kannalta tärkeä laadullinen tekijä elementin toimivuuden kannalta, liian paksu elementti ei mahdu suunniteltuun paikkaan ajoneuvossa tai liian ohut aiheuttaa ongelmia rakenteen tiiveyden säilyttämisen takia. Ongelman tärkeyden myötä haluttiin ongelmaan saada ratkaisu ja kehitystoimenpiteet alkuun, jotta hankalien tuotteiden paksuuden tolerointi saadaan laatuvaatimusten mukaiselle tasolle ja tuotelaatu pidettyä korkealla tasolla.

Aiheen selvittäminen aloitettiin kalanruotoanalyysin avulla, jossa operaattorit saivat ehdottaa mielestään suurimpia syitä ongelman aiheuttajaksi. Operaattoreiden aivoriihen jälkeen asiantuntija ryhmä lisäsi kalanruotoon lisää syitä ja lista palautettiin takaisin operaattoreille, jotka saivat valita kalanruodosta mielestään, viisi tärkeintä seikkaa mistä ongelma johtui.



KUVIO 7. Kalanruotoanalyysi elementin paksuudesta, operaattorikyselyn perusteella.

Operaattoreiden järjestykseen asettamat syyt pisteytettiin siten, että suurin juurisyy ongelman aiheuttajana sai viisi pistettä ja operaattorin mielestä viidenneksi suurin syy sai pisteen. Tämän juurisyiden arvotuksen perusteella erottui selkeästi neljä syytä, joiden vaikutus ongelmaan tulisi ratkaista. Miten näiden syiden vaikutusta elementin paksuus ongelmaan olisi mahdollisuus vähentää tai vaihtoehtoisesti määritellyn syyn vaikutus kokonaan. Erityslasien ison tuotevarianssin takia samat paksuuden hallintamenetelmät eivät sovi kaikille tuotteille, joten muutosten osalta keskityttiin vain taso- tai laajakaarisiin lasihin.

TAULUKKO 1. Operaattorikyselyssä eniten pisteitä saaneet ongelmat.

Syy	Yhteispisteet	Mainintojen määrä
Ammattitaito	4	1
Butyylin paksuus	30	9
Kuljetus nostamalla kasaus->kittaus	1	1
Käsinpainelu	2	1
Lasin asemointi/tukeminen kittipäähän	3	1
Lasin vahvuus, koko ja muoto	5	2
Listan paksuus/vahvuus muoto käsin valmistus	18	7
Mankeli ei toimiva (prässi)	31	6
Mittauskohdat ja välineet	1	1
mittauskohdat/ ohjeet	5	3
Mittavälineet -> paksuus mittari (laatu/ oma)	4	1
Noston vaikutus paksuudelle puristuksen jälkeen	2	1
Painojen ja puristimien käyttö	3	2
Pöytäkoko uuniin	6	2
Toleranssi paksuudelle kun I emme pääse	4	1
Työohjeet	19	5
Työpiste voiko painaa riittävästi vai antaaako alusta	2	1
Uunin lämpötila	1	1

Eniten pisteitä sai mankeli/prässi, jonka avulla voitaisiin varmistaa elementin paksuus heti sen kasauksen jälkeen, samalla varmistettaisiin butyylin tarttumisen sisä- ja ulkolasiin tasaisen painamisen myötä. Toiseksi tuloksissa nousi butyylin paksuus, sen vakioiminen on huomattavasti haasteellisempi tehtävä. Butyyliä levitetään puoliautomaattikoneella, jossa operaattori pitää kiinni butyloitavasta listasta. Tämän automatisointi on hankalaa, johtuen listojen muodoista, jotka vaihtelevat tuotannossa olevien lasien välillä merkittävästi.

Kolmanneksi ja neljänneksi sijoittuneet työohjeiden puutteellisuus on tiedostettu ja sitä varten on lisätty henkilöstöresurssia, jotta virheelliset tai puutteelliset työohjeet ja työmääräimet voidaan korjata. Tuotannonohjausjärjestelmään lisätään tarvittavia tietoja, jotta kaikki tarpeellinen tieto tulee operaattoreiden käyttöön samalla työmääräimen kanssa, jolloin työn alkaessa kaikki tieto on saatavilla ja sitä ei tarvitse etsiä erikseen.

Listan muodon osalta vakioinnissa on samat haasteet kuin listan butyloinnissa, jos listaa ei saa tehtyä automaattikoneella on valmistus käsityötä puoliautomaattikoneen avustamana ja laatu tulee täysin operaattorin toiminnan tuloksena.

Tehtyihin tuotannonkehitystoimenpiteisiin on saatu apua mm. muotinvalmistusosastolta ja kunnossapidosta mikäli kyseinen tehtävä on sitä vaatinut. Näiden osaston apu on ollut monessa tehtävässä erittäin tärkeää muutoksen toteuttamisen kannalta, merkittävä määrä apua muutokseen on saatu myös konsultaatioiden kautta. Pelkästään tieto siitä, että onko tämä toteutettavissa sisäisillä resursseilla vai selvitetään alusta pitäen ulkopuolisen toimijan saatavuutta helpottaa monen kehitystoimenpiteen suunnittelua.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä oli tutkimuskysymyksenä: Mitkä ovat kilpailukyvyn kannalta tärkeimmät seikat? Tämä kysymys voidaan jakaa myös osiin, joissa esitetään seuraavat kysymykset. Mitkä ovat isoimmat menetystä tukevat tekijät, joilla pysymme kilpailussa mukana? Mitkä ovat suurimmat haasteet, jotka estävät menestyksemme? Näiden kysymysten perusteella tehtiin tutkimuksia ja haastatteluja, joiden tuloksia esitellään tässä osassa.

5.1 Tutkimusmenetelmien käyttö

Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella voidaan todeta kvantitatiivinen tutkimusmenetelmän sopineen hyvin tähän tutkimusaiheeseen. Tutkimusmenetelmää käyttämällä saatiin todennettua materiaalia, kuinka tuotannon prosessit toimivat ja mihin asioihin niissä kannattaa kiinnittää enemmän huomiota. Tuotannon laadun vakioimisen kannalta kvantitatiivinen analyysi toi esille seikkoja, joiden vakiointiin tulee kiinnittää tulevaisuudessa enemmän huomiota, jotta tuotannon laaduntuottokyky voidaan taata myös volyymien kasvaessa ja uusien operaattoreiden tullessa työskentelemään linjalle.

Kvantitatiivinen tutkimusote myös syvensi tietämystä tilastoista ja opetti lukemaan niitä syvemmältä ja perusteellisemmin kuin pelkästään nopealla vilkaisulla. Riittävän laajan otoksen perusteella on mahdollista tehdä johtopäätöksiä, mitkä asiat ovat kyseisen kohteen toiminnassa olennaisia ja mitä epäolennaisia asioita voidaan jättää pienemmälle huomiolle kokonaisuudessa (Heikkilä 2014, 128-129).

Haastattelujen analysointiin käytettiin kvalitatiivista menetelmään ja analysoitaessa vastauksia painotettiin asioita, jotka ovat mahdollisia toteuttaa ilman merkittäviä muutoksia eristyslasiosaston nykyiseen toimintaan. Haastattelut toteutettiin avoimilla kysymyksillä ja sen johdosta haastatteluissa tuli esille myös muita asioita, joita voidaan tulevaisuudessa hyödyntää eristyslasiosaston kehittämisessä. Haastattelujen vastausten perusteella voitiin

lisäksi löytää lisäkehityskohteita, tässä toteutettujen muutosten implementoinnin jälkeiseen aikaan.

Useiden erilaisten analyysimenetelmien käyttäminen ja niiden välinen vertailu lisää tulosten luotettavuutta, jolloin niiden perusteella tehtyjen muutosten implementointi on perusteltua ja niiden vaikuttavuudelle on perusteet. Useampien menetelmien käyttäminen ja riittävän laajat aineistot, oikein käytettynä myös vähentävät virheellisten johtopäätösten riskiä, johon on kaikessa analyysissä mahdollisuus.

Opinnäytetyön tulosten perusteella on syytä jatkaa järjestelmällistä ja jatkuvaa laaduntuottokyvyn seurantaan niin seurattavien tunnuslukujen kuin satunnaisesti tehtyjen tutkimusten perusteella, jolloin voidaan varmistaa tehtyjen muutosten vaikutuksen säilyminen tuotannossa. Niin eristyslasiosastolla kuin sinne lasia toimittavien linjojen osalta, tällöin voidaan varmistaa laaduntuottokyvyn vakaus pitkällä tähtäimellä.

Kyselyiden tulosten osalta erävarmuutta tuloksiin tuo eri sidosryhmien erilaiset tarpeet. Myynnin osalta ajatellaan hintaa ja kappalemääriä, laatu näkee tuotteen oikeellisuuden tärkeimpänä tekijänä, uusien tuotteiden NMI-osasto taas tuotteiden nopean tuotteistamisen ja sen jälkeisen tuotannon. Tuotannon kannalta taas tärkeintä on tuotteen valmistettavuuden selvittäminen ennen tuotannon aloittamista, työvälineiden hankinta ennen tuotantoa ja tuotteen vaatimusten selvittäminen ennen valmistuksen aloittamista. Kokonaisuudessaan haastattelujen ja kyselyiden tuottamien tulosten epävarmuus on pieni, sillä kaikkien osallistujien kautta tuli esille samoja asioita eri painotuksilla.

Data-analyysistä saaduissa tuloksissa suurimman epävarmuuden luo kirjausten oikeellisuus. Mittaustuloksissa mittaajan vaikutus saavutettavaan mittatulokseen on iso, tästä syystä mittauksia teki pääsääntöisesti yksi henkilö, jolloin mittaamisesta aiheutunut vaihtelu tuloksiin pystyttiin vakioimaan. Isoimpana riskinä tässä toimintamallissa on luonnollisesti mittaajan osaaminen mittalaitteiden käytössä, jos mittaaja ei osaa käyttää käytettyjä mittalaitteita ovat mittatulokset epäkurantteja ja näin mittatulosten perusteella tehdyt ratkaisut voivat olla vääriä. Riski tähän on mittatulosten analysoinnin perusteella pieni ja

merkittäviä vääristymiä ei mittatuloksissa voi olla tai tämä olisi näkynyt asiakasreklamaatioiden kautta.

5.2 Mitkä ovat kilpailukyvyn kannalta tärkeimmät seikat?

Eri osastojen haastattelujen perusteella tärkeimmiksi seikoiksi eristyslasiosaston kilpailukyvyssä mainittiin seuraavia.

- Hinta
- Hävikin vähentäminen
- Laatu
- Flowrate
- MMP
- Tuotettu kappalemäärä
- Tuotteiden monipuolisuus ja koko
- Työohjeiden oikeellisuus
- Olosuhteet

Lasin tuotantokustannuksiin ei tässä tutkimuksessa voida vaikuttaa suoraan, välillisesti tuotannon tehostamisen kautta on mahdollista ylläpitää nykyinen hintataso. Hävikin vähentäminen niin tuotteiden kuin turhan työn osalta pitäisi sen sijaan olla päivittäistä toimintaa niin eristyslasin valmistuksessa kuin muissakin tukitoiminnoissa ja edeltävillä tuotantolinjoilla.

Uusi karkaisu-uuni luo mahdollisuuksia saada kilpailuetua omalla toiminnalla, parantamalla erilaisten pinnoitettujen lasien karkaisua on mahdollista tehdä laseja, joita ei ole ennen voitu toteuttaa. Uusi karkaisu-uuni tuo myös lisää mahdollisuuksia lasien mittojen osalta, isompien lasien valmistus helpottuu ja on mahdollista tarjota entistä haastavampia lasituksia asiakkaiden toiveiden perusteella.

Uudella konekannalla on mahdollista valmistaa uusia tuotteita ja vanhojen tuotteiden valmistusta on mahdollista tehostaa, työn tuottavuuden parantaminen kilpailukyvyn säilyttämisen kannalta välttämätöntä. Tämä vaatii henkilöstön

osaamisen jatkuvaa kehittämistä ja tuotannon tuotevarianssin pienentämistä koko tuotantoketjun osalta. Liian isot tuotevarianssit tuotantoketjun sisällä aiheuttavat liikaa korjaustarvetta tuotannon loppuvaiheessa, jossa tuotteelle on tuotettu merkittävä osa sen arvosta. Pahimmassa tapauksessa tuotetta ei voida enää korjata ja pelkästään tuotteen valmistuksesta aiheutuvat kustannukset kohdistuvat tuotteeseen mutta myyntiä ei tule.

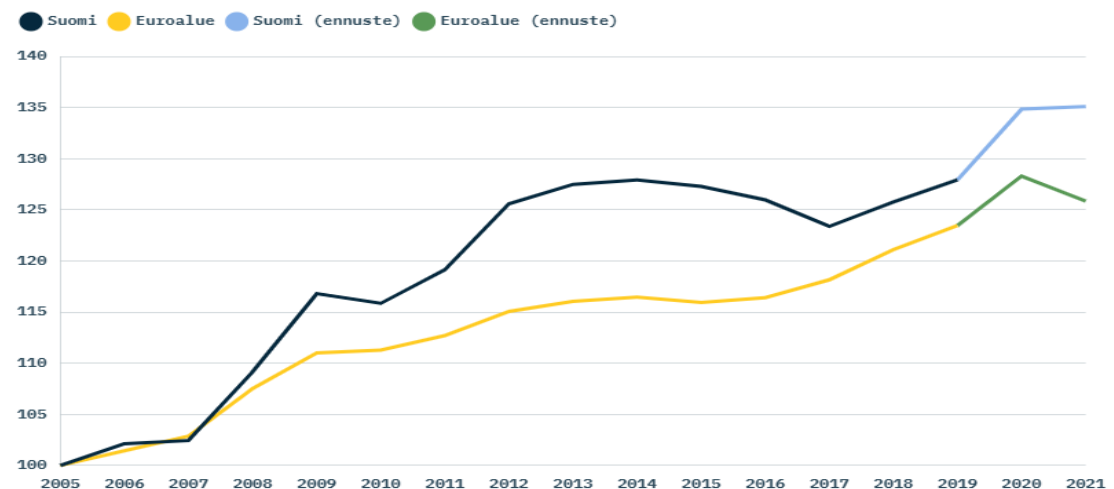
Eristyslasin valmistuskustannukset ovat Suomessa korkeat, johtuen Suomen merkittävästi korkeammasta kustannustasosta suurimpiin kilpailijamaihin kuten Puolaan ja Saksaan, ero kasvaa vielä isommaksi, kun kilpailijoita on EU-alueen ulkopuolella. Hintakilpailukyky on merkittävästi heikompi kuin kilpailijoilla sen sijaan laadulliset, nopea reagointikyky asiakastoiveisiin ja asiakaspalvelu ovat selkeitä etuja, joista pitää pyrkiä pitämään kiinni myös tulevaisuudessa.

Eristyslasin valmistus on erittäin työvoimavaltaista tuotantoa nykyisillä tuotantomenetelmillä, jolloin työkustannus on merkittävä tekijä tuotannon kannattavuuden osalta. Tuotannotehokkuuden on oltava vähintään hyvällä tasolla, jotta hintakilpailussa on mahdollista pysyä mukana. Suomessa työn yksikkökustannukset ovat viime vuosina nousseet enemmän kuin Euroalueella keskimäärin aiheuttaen riskiä tuotteiden hinnan nousulle.

Vaihtosuhteekorjatut yksikkötyökustannukset

Päivitetty 8.9.2020

Koko talous, indeksi 2005=100



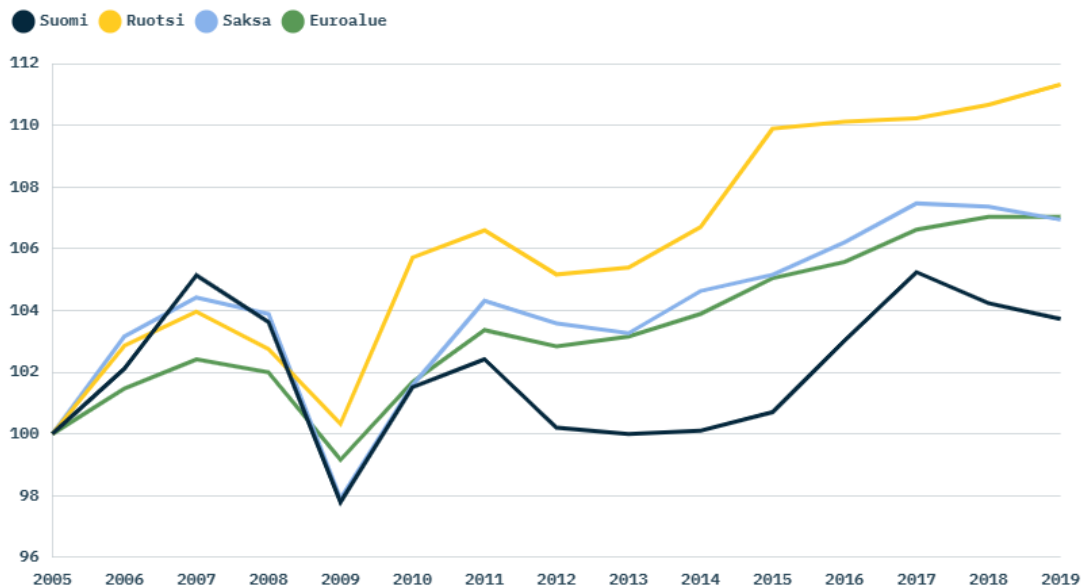
KUVIO 8. Työkustannusten vertailua Euroopassa (Elinkeino elämänkeskusliitto).

Työn tuottavuus Suomessa verrattuna tärkeimpiin kilpailijamaihin ei ole noussut työkustannusten kasvun mukaisesti vaan tuottavuus on ollut kustannuksiin verrattuna samalla tasolla tai noussut erittäin maltillisesti. Tämä luo tilanteen, jossa kustannukset nousevat, tuotantomäärien pysyessä entisellä tasollaan verrattuna kilpailijamaihin.

Työn tuottavuus Suomessa ja kilpailijamaissa

Päivitetty 27.8.2020

Indeksi 2005=100, tuottavuus henkeä kohden



KUVIO 9. Työkustannusten vertailua Euroopassa (Elinkeino elämänkeskusliitto; Eurostat Macrobond).

Suomen teollisuuden kilpailukykyä ratkaistaan osaltaan myös polttoaineiden hintojen kehityksessä. Logistiikkakustannukset tulevat olemaan entistä isompi tekijä siihen missä tuotteita valmistetaan, tulevina vuosina polttoaineiden hintojen noustessa ja vihreämpiin polttoaineisiin siirtyessä. Suomessa ei ole tällä hetkellä raakalastehtaita, joten kaikki käytettävä lasi on tuotava Euroopasta Suomeen, tämä aiheuttaa toimitusketjussa isommat logistiikkakustannukset kuin kilpaileville tehtaille Euroopassa. Toisaalta energianhinnannousu voi myös olla kilpailuetu Suomelle, sillä Euroopassa merkittävä osa energiasta ja teollisuuden lämmöstä tuotetaan venäläisellä maakaasulla ja siitä ollaan pyrkimässä eroon mahdollisimman nopeasti (Hiilamo 2022; Hurri 2022).

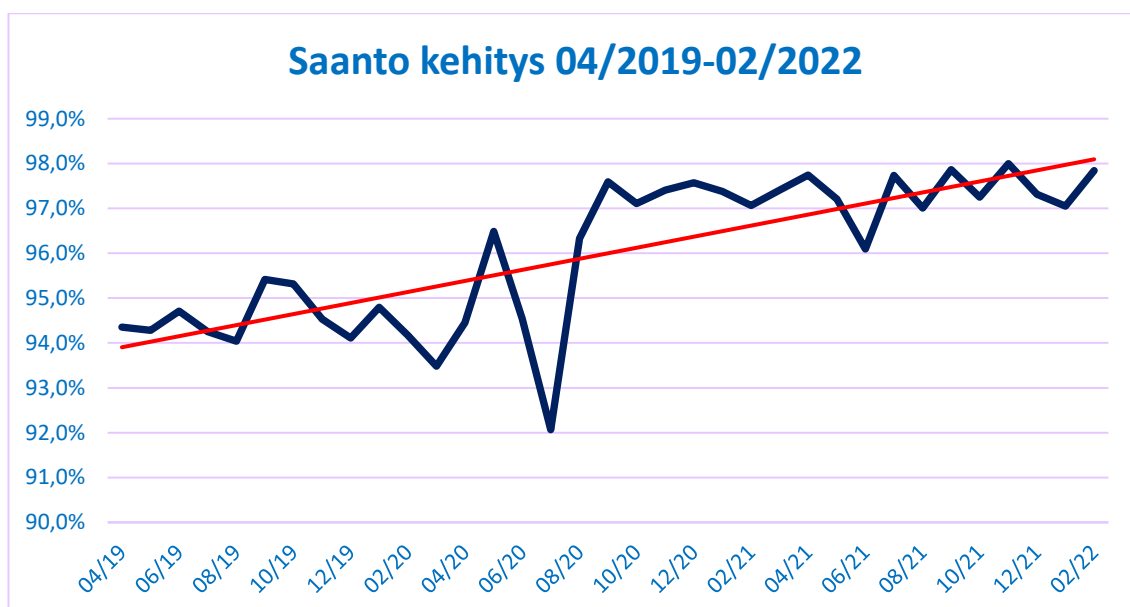
Samalla bussimarkkinat ovat erittäin voimakkaassa turbulenssissa Covid-19 pandemian myötä, joka vähensi uusien turistibussien myyntiä merkittävästi tuoden eteen markkinan, jonka ennustaminen on erittäin vaikeaa. Vaikeuksista huolimatta Pilkington Automotive Finlandin asema bussimarkkinoiden osatoimittajana on pysynyt vahvana tilanteeseen nähden. Turismin paluu ja uusien sähköbussien tulo markkinoille muuttaa bussimarkkinaa entisistä dieselbusseista sähköiseen maailmaan ja se vaatii busseilta uusia ominaisuuksia, joissa hyödynnetään lasituksia entistä enemmän myös kantavana rakenteena.

Pysyäkseen mukana näissä tarjouskilpailussa on eristyslasiosaston operaattoreiden osaamisesta huolta ja tarjota heille tarvittavia koulutuksia. Tämä voi tarkoittaa myös erilaisten sertifi kaattien hakemista eristyslasiosastolle, jolloin mahdollista todentaa ulkopuolisen auditoijan tekemällä auditoinnilla osaston osaaminen ja laaduntuottokyky.

Haastattelujen perusteella saanto, MMP ja flowrate todettiin tuotannon mitattavista suureista merkittävimmiksi opinnäytetyön osalta.

Olosuhdeparannusten, työkalujen helpomman löytämisen, operaattoreiden Kaizen-ehdotusten ja työtapojen standardisoinnin myötä saanto on parantunut koko projektin ajan. Tästä voi päätellä tehtyjen toimenpiteiden yhdessä operaattoreiden ammattitaidon kanssa vaikuttaneen onnistumiseen. Operaattoreiden osaaminen on koko eristyslasiosaston tärkein kilpailukykyseikka.

Merkittävin saantoa parantanut tekijä oli osahävikki seuranta, jonka ansiosta eristyslasiosastolle tulee vähemmän epäkurantteja tuotteita edellisistä työvaiheista kuin ennen seurannan aloittamista. Parempien tarkastusolosuhteiden myötä virheiden löytäminen lasista on helpompaa ja virheet löytyvät ennen elementin kasausta, tämä vähentää syntyvän hävikin määrää ja parantaa saantoa.



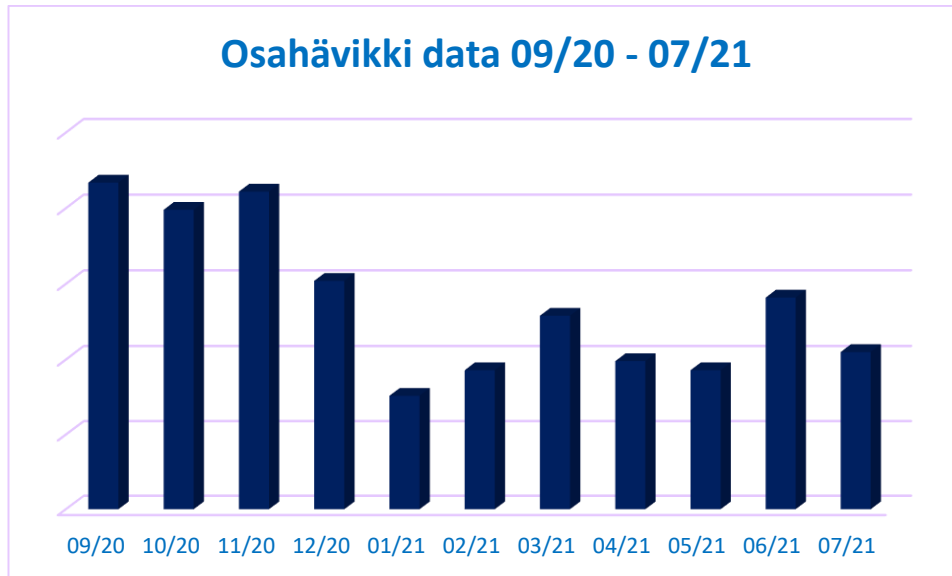
KUVIO 10. Saannon kehitys eristyslasiosastolla ja trendiviiva

Saannon kehityksestä näkee selvän muutoksen syksyllä 2020, merkittävän Covid-19 pandemiasta johtuneen toimitusvolyymien laskun myötä. PAFIN:n Suomen tehtailla käynnistettiin YT-neuvottelut, joiden myötä henkilöstön määrä molemmilla Suomen tehtailla väheni merkittävästi. Tampereen tehtaalla ja eristyslasiosastolla, vuoromuutosten takia osaamisen parempaan vakiointiin, kun operaattoreiden osaamisen vaihtelut olivat pienempiä kuin aikaisemmin.

Lisäksi käyttöön otettiin osahävikkiraportointi, jota operaattorit tekivät sitoutuneesti, pudotti hävikin määrää myös aikaisemmissa työvaiheissa. Löytämällä osahävikki ennen elementin kokoonpanoa saatiin hävikki eristyslasiosastolla vähenemään. Lisäksi edellisten työvaiheiden hävikki pieneni, kun tietoa virheellisistä tuotteista tuli heidän käyttöönsä. Tuotteisiin tehtiin osahävikkien perusteella pieniä tuotantomuutoksia, joiden myötä oli mahdollista varmistaa onnistunut tuotanto myös edellisten työvaiheiden osalta.

Osahävikki on myös taloudellisesti ja tuotannon virtauksen osalta merkittävä tuotantoon häiriöitä aiheuttava seikka, osahävikin kokonaismäärä on lähes samalla tasolla kuin elementtien hävikki. Sen sijaan hävitettäessä tuotteita osahävikkinä rahallinen menetys on pienempi, tuotantoaika ei käytetä epäkuranttien tuotteiden valmistukseen ja materiaalia ei mene yhtä suuria määriä roskiin. Osahävikeistä huomaa selvästi tietyt ongelmatuotteet, jotka ovat samalla volyymituotteita eristyslasiosastolle. Muiden linjojen osalta nämä

tuotteet ovat olleet seurannassa ja korjaavia toimenpiteitä on saatu tehtyä, niistä huolimatta näiden tuotteiden valmistaminen on haastavaa.



KUVIO 11. Osahävikkidata eristyslasiosastolta

Osahävikki väheni seurannan aikana selvästi ja viime aikojen tutkimusten mukaan sen määrä on pysynyt samalla tasolla kuin syksyllä 2021. Osahävikki on hävikkiä, joka olisi mahdollista estää tarkentamalla työtapoja edellisissä työvaiheissa ja lisäämällä huolellisuutta lasia käsiteltäessä, ettei lasiin tulisi naarmuja tai muita jälkiä esikäsittelyn jälkeen. Osahävikki aiheuttaa turhaa työtä niin siinä työvaiheessa missä osahävikin aiheuttava virhe lasiin tehdään kuin siinä työvaiheessa missä virheellinen osa hävitetään. Hukkaa muodostuu näin materiaalista, työajasta ja linjan käyttämisestä epäkurantin tuotteen valmistamisessa. Mitä aikaisemmassa vaiheessa epäkurantit tuotteet saadaan pois tuotannosta, sitä vähemmän osahävikkiä linjalla tulee.

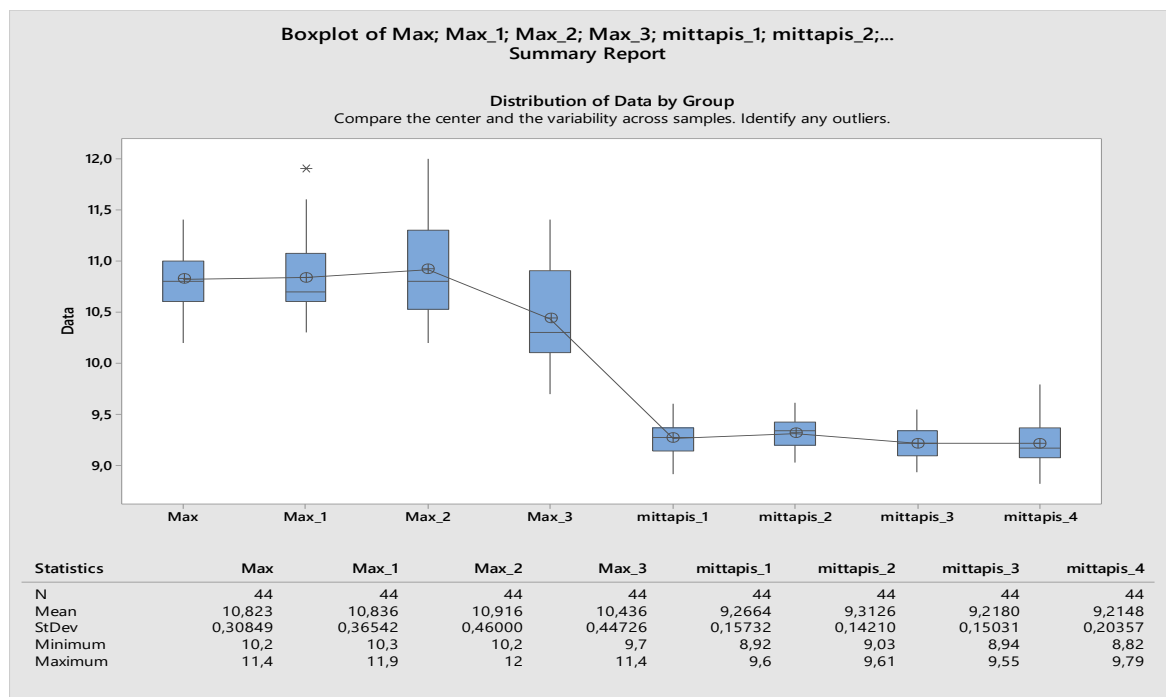
5.3 Mitkä ovat isoimmat menestystä tukevat tekijät, joilla pysymme kilpailussa mukana?

Opinnäytetyön tutkimusten perusteella linjan operaattoreiden osaaminen on tällä hetkellä hyvällä tasolla, lisäksi tämän hetken olosuhteet tukevat toimintaa ja antavat mahdollisuuden tehdä laadukkaita tuotteita asiakkaille. Parantuneiden

menetelmien myötä elementtien paksuuden vaihteluongelma tietyissä tuotteissa saatiin hallintaan ja samalla linjan suorituskykyä saatiin parannettua.

Suorituskyvyn selvittäminen parantaa uusien tuotteiden tuotteistamista, käytössä on selvää vertailudataa kuinka tietyt ominaisuudet vaikuttavat elementin kasaamiseen. Tämä antaa NMI-osastolle mahdollisuuden analysoida onko tuotteen toteuttaminen mahdollista, eikä toteuttamiskelvottomia tuotteita pääse prosessin läpi tuotantoon asti. Tätä tietoa on ollut mahdollista hyödyntää uusissa asiakaskyselyissä ja näin vähentää uusissa tuotteissa ilmeneviä ongelmia.

Elementin paksuus on tietyille asiakkaille erittäin tärkeä ominaisuus, liian paksu tai liian ohut elementti voi estää koko ajoneuvon valmistumisen, kun lasielementtiä ei saada sovitettua kokoonpanossa paikoilleen. Tästä syystä elementin paksuuden tolerointi otettiin merkittävänä tuotelaatuun ja näin myös kilpailukykyyn vaikuttavana seikkana tutkimukseen. Mikäli epäkurantteja elementtejä päätyisi, joko ulkoiselle asiakkaalle tai sisäiselle asiakkaalle tulee laatuongelmiin puuttua mahdollisimman nopeasti, jotta asiakaskokemus pysyy hyvänä ja nopea reagointi asiakkaan toiveisiin toteutuu.

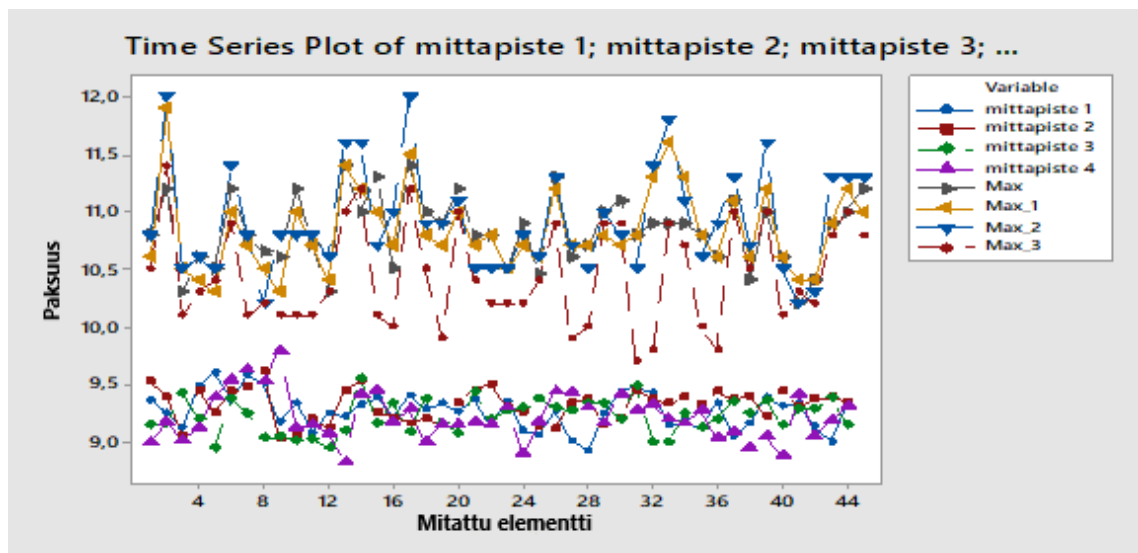


KUVA 9. Elementin paksuusmittauksien analysointia Minitabilla, keskihajonta pienentyi.

Elementin paksuuden keskihajonta pieneni mittauskohdasta riippuen 0,15-0,3 mm elementistä riippuen keskihajonnan muutos edustaa 5-20% osuutta koko elementin paksuuden vaihtelutoleranssista. Samalla elementin keskipaksuus pienentyi uuden työtavan myötä n.1,5 mm muutoksen voi sanoa olevan merkittävä, kun yleisesti käytettävä elementin paksuus toleranssi on +/- 1,5 mm tai +/- 2,0 mm (Heikkilä 2014, 63-64).

Vanhoilla työtavoilla merkittävä osa elementeistä olisi vaatinut korjaavia toimenpiteitä ennen asiakkaalle lähettämistä, joiden tekeminen valmiiseen eristyslasielementtiin on erittäin haastavaa tai jopa mahdotonta rikkomatta elementtiä kokonaan. Tämä tarkoittaa suoraan hävikkiin heitettäviä elementtejä, jos niiden korjaaminen on käytävissä olevilla keinoilla mahdotonta.

Uusilla työtavoilla valmistetut elementit, täyttävät asiakkaan vaatimukset suoraan ilman lisätyövaiheita. Operaattoreiden halu ratkaista ongelmia, kehittää omia työkalujaan ja heidän nopea reagointi työtapojen muutoksiin on merkittävä tekijä muutosten onnistumisessa.



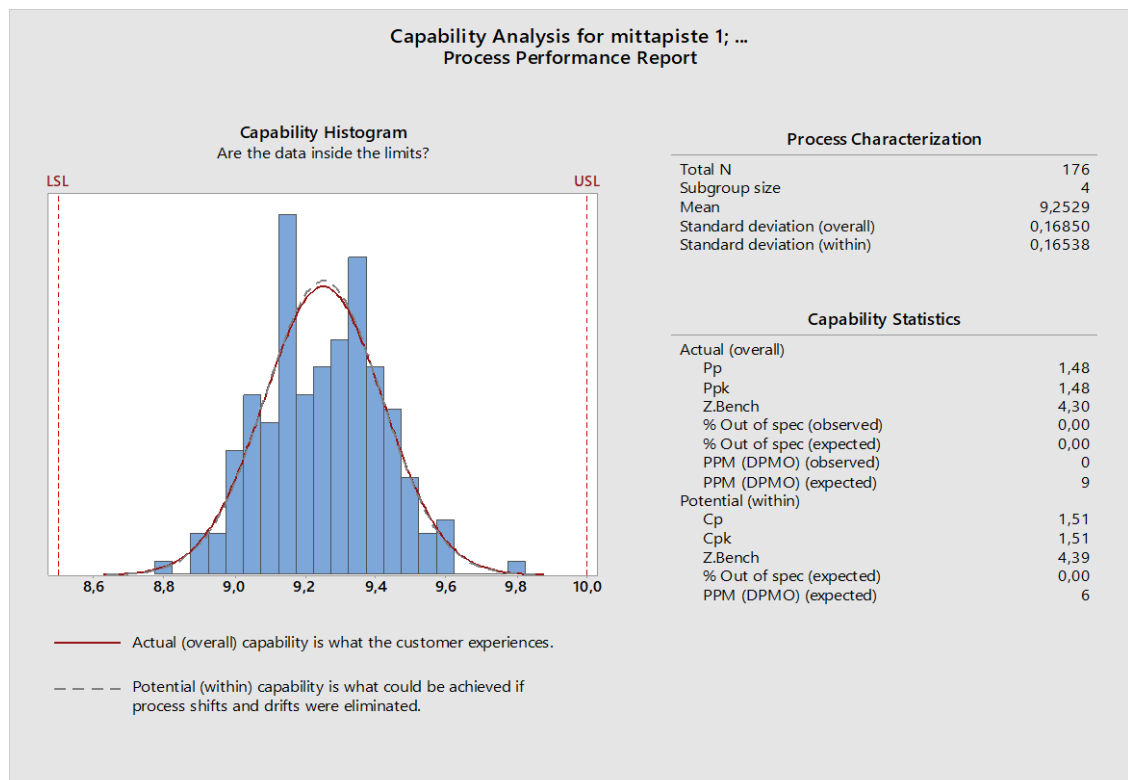
KUVA 10. Elementin paksuuden muutos vanhat työtavat verrattuna uusiin työtapoihin.

Y-akselilla on nähtävissä elementin paksuuden muutos vanhoilla työtavoilla, verrattuna uusiin työtapoihin, pisteet Max-Max3 ovat vanhojen työtapojen mukaisesti toteutettuja, uuden työtavan mittatulokset näkyvät mittapiste1-4 kohdissa. X-akselilla on nähtävissä mitattujen kappaleiden määrät, kyseisen

elementin paksuutta saatiin vakioitua nominaaliin nähden lähes 1,5 mm, jonka myötä linjan heikko suorituskyky saatiin palautettua erittäin hyväksi. Näin merkittävän tuotelaadun parantamisen perusteella voidaan päätellä operaattoreiden osaaminen hyväksi ja sen myötä myös linjan laaduntuottokyky on hyvä. Tätä päätelmää tukee myös linjan saannon kehitys, joka on trendin omaisesti noussut ylöspäin viimeiset kaksi vuotta.

Eristyslasiosaston elementinpaksuuden suorituskykymittauksen tulos 1,51 Cpk kertoo linjan suorituskyvyn olevan elementinpaksuuden toleroinnissa hyvä ja pitkälti käsityönä tehdyssä tuotannossa lukema on erittäin hyvä. Suorituskyky on yhtenä laatuvaatimuksena osalla asiakkaista, tämä kertoo myös ominaisuuden isosta merkityksestä asiakkaille.

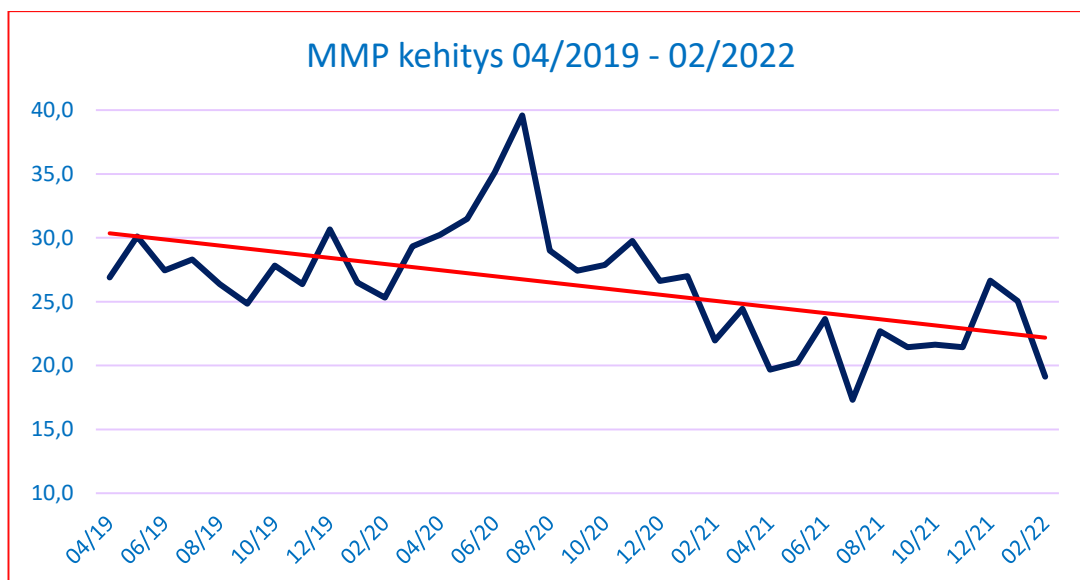
Kerätyn tiedon perusteella tämä suorituskyky tuottaa noin kuusi virheellistä, joko liian paksua tai liian ohutta tuotetta miljoonaa valmistettua tuotetta kohden kyseisen virheen osalta (Heikkilä 2014, 66). Muihin mahdollisiin tuotevirheisiin ja niiden syntymiseen ei suorituskykymittaus elementin paksuudesta ota kantaa, niiden tutkimiseen on kerättävä lisää aineistoa muista hävikkisistä ja mitattava niiden esiintymistä.



KUVA 11. Eristyslasiosaston lopullinen suorituskykymittaustulos

Suorituskyvyn parantumista tukee myös linjan MMP-lukemien kehitys, opinnäytetyön aikana. Merkittävimpänä syynä MMP-lukemien parantumiseen on ollut operaattoreiden korkea henkilökohtainen osaaminen ja heidän ongelman ratkaisukykyä, lisäksi hyvien työskentely olosuhteiden luomisesta osastolle. Operaattoreiden osaamisen laatua ja heidän halua puuttua laatu poikkeamiin, jotka heijastuvat kilpailukykyyn tukee myös virheiden väheneminen. Linjan operaattoreiden aiheuttamien tuotevirheiden määrä on vähentynyt merkittävästi ja se tukee havaintoja heidän osaamisensa laadusta.

MMP lukema kertoo kuinka monta minuuttia operaattorin työaika käytetään yhtä valmistunutta kappaletta kohden. MMP-lukemaa on mahdollista parantaa tehokkuuden tai turhan työn vähentämisen lisäksi myös henkilöstöratkaisuilla, jolloin yhteen työhön ei kohdistu ylimääräisiä työtunteja. MMP kertoo linjan tehokkuudesta omalla tavallaan, mutta kuten flowrate se ei kerro tuotteiden valmistuksen vaikeudesta tai mahdollista tuotantohäiriöistä ja konerikoista mitään.



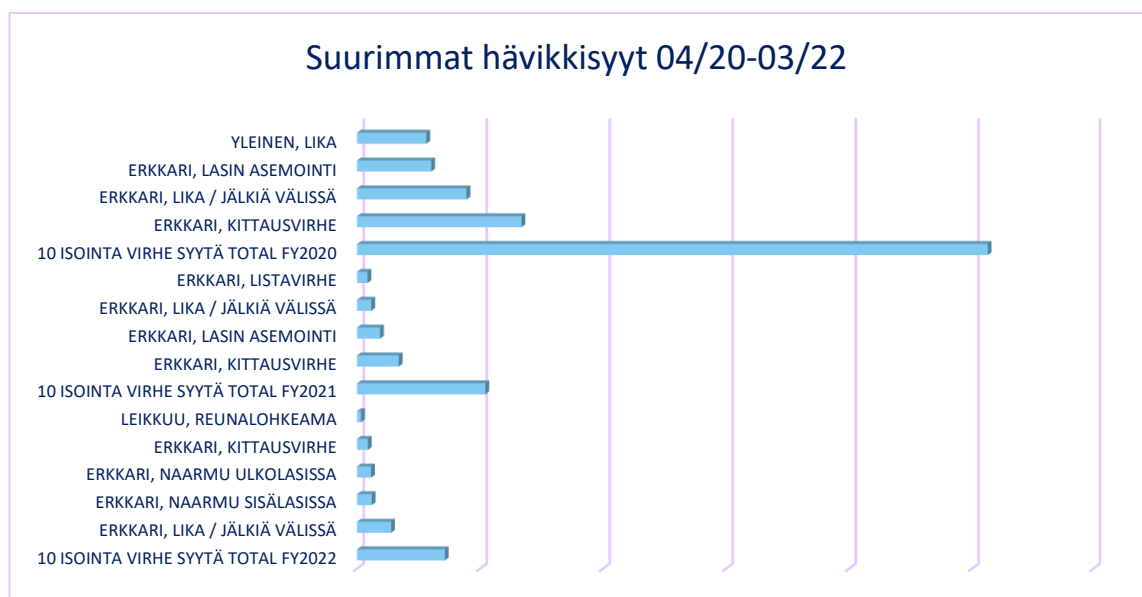
KUVIO 12. Eristyslasiosaston MMP lukeman kehitys ja trendiviiva

Eristyslasiosaston flowrate on täysin riippuvainen tuotannossa olevasta tuotteesta ja sen perusteella ei voida todeta onko tuotanto onnistunut kyseessä olevan tuotteen osalta. Tietyissä tuotteissa flowrate on merkittävästi tavoitteita isompi, johtuen tuotteen rakenteesta ja sen helposta toteuttavuudesta. Tietyt

tuotteet ovat hankalia ja hitaita valmistaa, jolloin flowrate linjalla vähenee, vaikka kyseisen tuote-erän valmistus onnistuisi täydellisesti. Tähän voi vaikuttaa tuotteeseen lisättävät osat, joiden liittämiseen kestää pidempi aika kuin normaalin eristyslaselementin kokoonpanossa.

Samalla tämä lisäarvotyö missä lisätään tuotteen arvoa asiakkaalle, siihen asennettavien lisätarvikkeiden avulla on asia, jolla voidaan lisätä linjan kilpailukykyä. Vastaavat lisäyksen lasiin on myös helppo toteuttaa linjan kokoonpanon toimiessa käsityönä. Näiden toteuttaminen on tarkistettava, jokaisen tuotteen osalta erikseen sillä lasiin ei voida lisätä esimerkiksi silikonia sisältäviä tiivisteitä kuin valvotuissa tiloissa, ettei silikonia joudu muuhun tuotantoon. Silikoni estää useissa tapauksessa lasin liimaamisen lopulliseen käyttökohteeseen.

Operaattoreiden osaamisen laatua ja heidän halua puuttua laatupoikkeamiin, jotka heijastuvat kilpailukykyyn tukee myös virheiden väheneminen. Linjan operaattoreiden virheiden määrä on vähentynyt merkittävästi ja se tukee havaintoja heidän osaamisensa laadusta. Linjan operaattoreiden tekemiä virheitä ovat kittausvirheet, lasin asemointiin ja listoihin liittyvät virheet. Naarmut ovat pääsääntöisesti virheitä, jotka ovat aiheutuneet edellisissä vaiheissa mutta ilmenevät vasta eristyslaselementtiä tehtäessä.

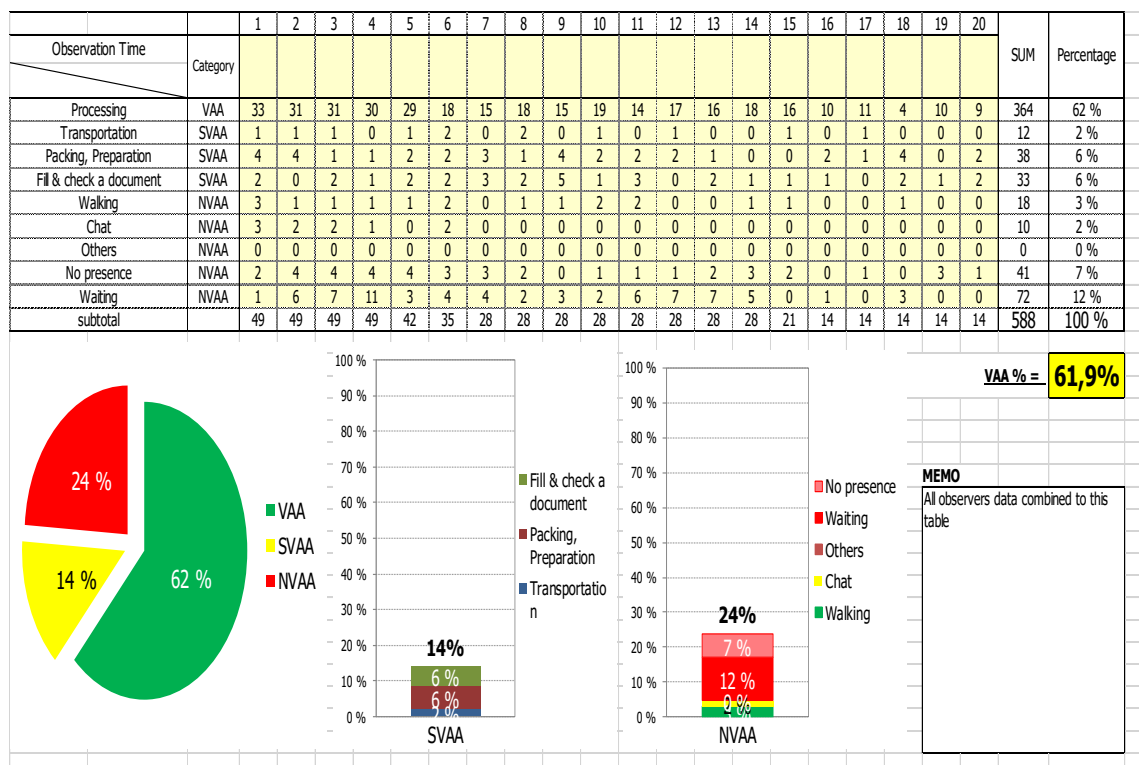


KUVIO 13. Eristyslaseosaston tuotevirheiden määrä kolmella edeltävällä tilikaudella.

Kittausvirheiden määrä on vähentynyt n.12 % kaikista laatuvirheistä, aloitus ajankohdan n.25 % tasosta, kokonaishävikin suhteen tällä on merkittävä vaikutus. Lisäksi operaattoreiden eristyslasiosastolla aiheuttamien virheiden määrä on laskenut lähtötason n.40 % osuudesta n.18 % osuuteen. Näin merkittävä pudotus kertoo operaattoreiden osaamisesta ja paremmasta mahdollisuudesta löytää edellisestä vaiheesta tulevat virheet. Lisäksi osahävikki seurannan vaikutus näkyy kokonaishävikissä, edellisissä vaiheissa tulleiden virheiden kokonaiskappalemäärä on pienentynyt. Niiden prosentuaalinen osuus eristyslasiosastolla havaittavista virheistä on sen sijaan kasvanut se vahvistaa havaintoja, operaattoreiden osaamisen parantumisesta. Vaikeampien tuotteiden valmistuksessa kittausvirheiden määrä korostuu ja sen myötä on vielä tärkeämpää pitää huolta operaattoreiden osaamisesta, joka alkaa huolellisesta perehdyttämisestä linjan toimintaan.

Ensimmäinen VAA-analyysi tehtiin ennen muutoksia, jolloin toimittiin vanhaan tapaan. Tuotantolinjaan tehtyjen muutosten jälkeen suoritettiin toinen VAA-analyysi, jotta voitaisiin nähdä oliko tehdyillä muutoksilla vaikutusta operaattoreiden lisäarvoa tuottavan työmäärään.

Taulukko 2. VAA-analyysi lähtötilanne.



Muutosten myötä ei tuottavaa työtä eli Non value added-työtä oli vähemmän, samanaikaisesti Semi value added-työn eli osittain lisäarvoa tuottavan työn määrä lisääntyi ja lisäarvoa tuottavan Value added-työn määrä väheni. Tuottavan työn vähenemisen selitti tässä analyysissä sen hetkinen tuotanto, joissa on asiakasvaatimuksena tarkempi tarkastusvaatimus ja määritelty pakkaustapa, joka vaatii yhdessä tarkastuksen kanssa enemmän valmistelua kuin tavalliset tuotantolasit. Tämä analyysimenetelmä tuo operaattorin työn selvästi esille ja samalla siitä on mahdollista erottaa seikkoja, jotka eivät tuota lisäarvoa loppuasiakkaalle.

Taulukko 3. VAA-analyysi muutosten jälkeen.

Observation Time	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	Percentage
Processing	VAA	14	14	11	14	10	15	10	12	12	9	11	11	12	13	13	8	9	7	7	9	221	51 %
Transportation	SVAA	1	3	3	5	5	1	3	0	2	3	2	3	1	2	0	1	1	1	3	1	41	10 %
Packing, Preparation	SVAA	3	4	4	4	4	4	4	4	5	2	3	3	3	1	2	1	2	1	2	2	58	13 %
Fill & check a document	SVAA	2	2	2	3	3	1	3	1	1	3	2	2	1	2	2	0	1	2	1	1	35	8 %
Walking	NVAA	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	10	2 %
Chat	NVAA	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	2 %
Others	NVAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 %
No presence	NVAA	4	1	5	0	1	2	2	1	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	20	5 %
Waiting	NVAA	2	4	3	1	5	4	5	2	0	2	2	1	0	1	1	1	0	2	1	1	38	9 %
subtotal		28	28	28	28	28	28	28	21	21	21	21	21	20	20	20	13	14	14	14	14	430	100 %

VAA % = **51,4%**

MEMO
All observers data combined to this table

Analyysiin aiheuttaa vaihtelua myös sen havaintomenetelmä, jossa havainnoitsija kirjaa ylös ensimmäisen tehtävän mitä paikalla oleva operaattori tekee hänen saapuessa paikalle. Analyysi tulisi tehdä aina samalla tavalla mutta ihmisen tehdessä havainnointia siihen tulee vaihtelua, havainnoitsijoiden välillä miten tiettyä työvaihetta tulkitaan ja montako havainnointi kierrosta havainnoitsija suorittaa (Heikkilä 2014, 84). Automaattisesti mitattavissa suureissa vastaavaa varianssia havaintojen välillä ei ilmene ja se on tämän havainnointi menetelmän heikkous, joka aiheuttaa mahdollisesti tulosten vääristymistä.

Taulukko 4. VAA-analyysin työn jaottelu

Processing	VAA
Transportation	SVAA
Packing, Preparation	SVAA
Fill & check a document	SVAA
Walking	NVAA
Chat	NVAA
Others	NVAA
No presence	NVAA
Waiting	NVAA

Eristyslasiosaston kannalta elementin kuivumisolosuhteiden vakiointi oli laadun parantamisen ohella isoin muutos. Olosuhteiden vakioinnin jälkeen on mahdollista tuottaa lasia vakio flowratella kuivatusuunin osalta. Mahdollinen pullonkaula ei ole enää uuni vaan kasaamo tai listanvalmistus. Tämä on merkittävä parannus, kyseessä on linjan ainut automaattisesti toimiva osa, sen toiminnan hidastuminen heikkojen kuivatusolosuhteiden takia on heikentäminen linjan virtausta kokonaisuudessaan.

Vakioiduissa kuivatusolosuhteissa lasia voidaan ajaa kuivatusuunin läpi 2800 s läpimenoajalla entisen vaihtelevan 2800- 4500 s läpimenoajan sijaan. Vuositasolla tästä on saatavissa isot hyödyt, mikäli tuotannossa oleva tuotevalikoima mahdollistaa uunin käytön täydellä kapasiteetilla. Eristyslasi osaston pullonkaula vaihe ei ole muutoksen jälkeen enää kuivatusuuni vaan elementin kasaus- ja kittausvaihe.

Panostukset kiertäviin ja kevyempiin pakkauksiin, luovat mahdollisuuksia ympäristötietoisuuden kasvaessa. Näistä kehityshankkeista tietoja ja niistä saatuja tuloksia on mahdollista jakaa tietoisesti eteenpäin konsernin sisällä ja parantaa koko konsernin kilpailukykyä.

5.4 Mitkä ovat suurimmat haasteet, jotka estävät menestyksemme?

Miten kauan nykyinen bussisektorin tilanne jatkuu, on suurin kysymys ja kuinka pystymme reagoimaan tulevan nousun tullessa. Bussien lasitusten ollessa käytännössä yksilöllisiä ei varastoja voida pitää isoina ja tällöin tilausmäärien

kasvaessa on riski, että toimitusajat kasvavat merkittävästi. Miten asiakkaat reagoivat kasvaviin toimitusaikoihin vai onko se täysin merkityksetön asia siinä vaiheessa, kun markkinat alkavat taas kasvaa?

Tapahtuuko bussisektorin nousu ensiksi kaupunkibussien puolella, jossa vihreän siirtymän myötä tarvitaan entistä enemmän sähköbussseja, kun dieselbussit eivät täytä ympäristövaatimuksia ja niillä voi ajaa kaikissa kaupungeissa. Kaupunkibussien valmistusmäärät ovat myös merkittävästi suurempia, jolloin asiakaskohtainen tuoteräätelöinti ei ole yhtä iso asia kuin turistibussien kohdalla. Kaupunkibussimarkkinan nousu voi myös antaa uusia turistibussien lasitusten asiakkaita, isot volyymivalmistajat keskittyvät pelkästään volyymituotteiden valmistukseen ja räätälöidyt tuotteet jäävät yrityksemme valmistukseen.

Energian ja polttoaineen hintojen nousu on samalla uhka ja myös mahdollisuus, Suomessa energian tuotanto ei ole vain fossiilisten polttoaineiden varassa, joten sähköä ja lämpöä on saatavissa ympäristöystävällisesti tuotettuna. Samoin panostuksen kiertäviin ja kevyempiin pakkauksiin, luovat mahdollisuuksia ympäristötietoisuuden kasvaessa.

5.5 Tulevia tutkimusaiheita

Tulevaisuuden osalta eristyslasiosastolla on selkeitä tutkimusaiheita yhteistyörobotiikan eli cobottien käytön osalta. Yhteistyörobotiikka olisi soveltuva tähän toimintaan sillä kustannustehokkaat konenäkökamerat eivät vielä tällä hetkellä toimi kunnolla lasin tunnistamisesta, ellei lasissa ole niitä varten ylimääräisiä tunnistusmerkkejä. Ylimääräisiä merkkejä useimmat asiakkaat eivät lasiin halua, jolloin yhteistyörobotiikan avulla toteutettavat vastaavat sovellukset olisivat mahdollisia toteuttaa, ihmisen läsnäoloa vaaditaan mm. tarkastuksessa, joka tapauksessa. Tavallisten teollisuusrobottien osalta turvajärjestelmien olisi oltava tiukemmat ja näin robottien hyöty nopeista liikkeistä ja niiden suuremmasta kuormankantokyvystä jää käyttämättä.

Kittaussuuttimien osalta tutkimuksia on syytä jatkaa, jotta kittauksesta saataisiin poistettua turhaa työtä mm. teippaamisen poistamisella. Lisäksi sopivilla

suuttimilla olisi mahdollista saada virtausnopeutta tasaisemmaksi, jolloin laadukkaan kittaamisen tuottaminen ei edellytä merkittävää osaamista kuten nykyisin. Kittaamisen kehittämiseen liittyy osaltaan myös robotiikka, joko robotit tai cobotit pystyisivät tekemään tiettyjä työvaiheita, ihmisen rooli olisi enemmän asennus- ja tarkistustehtävissä. Pitkällä tarkastelujaksolla olisi tätä myötä vähemmän laadun vaihteluita, niiden vaihtelut olisivat pienempiä ja linjan kokonaissuorituskyky olisi vieläkin parempi kuin tällä hetkellä.

Tulevaisuuden asiakasvaatimusten merkitys tulee tarpeita hakea erilaisia sertifikaatteja, jotta voidaan valmistaa tuotteita tietyille asiakkaille ja mitä näiden sertifikaattien saaminen vaatii?

LÄHTEET

Alsterman, H. Broman, M. Blücher, D. Johansson, O. Lundström, T. Olsson, B. Petersson, P. 2018. Johtajuus – Tee leanista menestys!

Alsterman, H. Broman, M. Blücher, D. Johansson, O. Lundström, T. Olsson, B. Petersson, P. 2018. Lean – Muuta poikkeamat menestykseksi!

DNV. IATF 16949 – Autoteollisuuden laadunhallinta. Luettu 31.3.2022. <https://www.dnv.fi/services/iatf-16949-autoteollisuuden-laadunhallinta--3284>

Elinkeinoelämän keskusliitto. Luettu 28.3.2022. <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/tietoa-suomen-taloudesta/kilpailukyky/>

Fogelholm, J. Karjalainen, J. 2001. Tuotantotoiminnan mittaaminen. WSOY

Hannula, M. Lönnqvist, A. 2002. Concepts of performance measurement. Suorituskyvyn mittauksen käsitteet. Metalliteollisuuden keskusliitto.

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Edita

Heimonen, I. Hemmilä, K. 1999. Eristyslasin täytekaasun ja lasien toimivuus ja toteaminen. VTT Rakennustekniikka.

Hiilamo, E-A. 2022. Energian hinta voi nousta Suomessa ällistyttyviin lukemiin jos Venäjä-kytköksistä riuhtaistaan irti hetkessä – selvitimme, mitä seurauksia siteiden katkaisemisesta olisi. YLE. Luettu 9.5.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12340753>

Honkala, P. Kortetjärvi-Nurmi, S. Rosenström, A. Siira-Jokinen, S. 2017. Linkki työyhteisön viestintä

Hurri, J. 2022. Kommentti: Venäjän kaasulle on kalliita vaihtoehtoja – siirtymä voi vaatia sähkön ja lämmön sääntelyä. Taloussanommat. Luettu 9.5.2022. <https://www.is.fi/taloussanommat/art-2000008675222.html>

International Automotive Task Force. Luettu 31.3.2022. <https://www.iatfglobaloversight.org/about-iatf/>

Jyväskylän yliopisto. Koppa. Luettu 7.5.2022. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Järvenpää, E. Lanz, M. 2020. Lean Manufacturing and Sustainable Development. Faculty of Engineering and Natural Sciences. Tampere University. Tampere. Finland

Koivisto, K. 1999. Lasi taipuu. Pilkington Lamino 50 vuotta.

Karjalainen, E. Karjalainen, T. 2020. Lean Six Sigma 2.0 ja laatuteknologia. Quality Knowhow Karjalainen Oy

Laatuakatemia. Luettu 3.4.2022. <http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>

Leanopedia. What is Value Added Analysis? A Guide to Show How it Works
Luettu 28.3.2022. <https://leanopedia.com/what-is-value-added-analysis/>

Millard, M. 2021. Six Core Principles of the Continuous Improvement Model
Luettu 3.4.2022. <https://blog.kainexus.com/continuous-improvement/6-principles-of-the-continuous-improvement-model>

Modig, N. Åhlström, P. 2018. Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin.

NSG Group esittely Luettu 30.11.2021. <https://www.nsg.com/en/about-nsg>

Paronen, R. 2020. Pilkington Automotive Finland irtisanoo 102 työntekijää –
Irtisanomiset koskevat Tampereen ja Laitilan yksiköitä: ”Joudumme tekemään
kipeitä päätöksiä”. Aamulehti. Luettu 30.11.2021
<https://www.aamulehti.fi/talous/art-2000007527863.html>

Pilkington Esittely Luettu 30.11.2021.
<https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta/pilkington-suomessa>

Quality Knowhow Karjalainen. Luettu 30.3.2022. <https://sixsigma.fi/dmaic-3/>

Quality Knowhow Karjalainen. Luettu 30.3.2022.
<https://sixsigma.fi/leansixsigmasta/>

Rooney, J J. Vande Heuvel, L N. 2004. Root Cause Analysis For Beginners.

Saari, S. 2006. Tuottavuus – Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa.
tuottavuuden käsikirja.

Sara, O. Global Key Account Manager at NSG Group. Pilkington Automotive
Finland, haastattelu 30.10.2020.

Sayer, N J, Williams, B. 2012. Lean For Dummies. 2nd Edition. John Wiley &
Sons. Inc.. Hoboken. New Jersey

SixSigma study guide. Luettu 3.4.2022.
<https://sixsigmastudyguide.com/repeatability-and-reproducibility-rr/>

STT. 2020. Sähköbussien määrä viisinkertaistuu paikallisliikenteessä ensi
vuonna. Luettu 30.3.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11707734>

Tampereen yliopisto. Tutkimusmenetelmien verkkokäsikirja, Luettu 7.5.2022,
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metodologia/>

Tuominen, K. 2010. Lean käytännössä – Yritysesimerkkejä tehokkaista lean-
periaatteista ja -käytännöistä.

Vähämäki, H. 2020. Pilkington irtisanoo vajaat 50 henkilöä Laitilan tehtaalta,
YLE, Luettu 30.11.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11504506>

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset peruspohja

Eristyslasiosaston kilpailukyvyyn parantaminen:

Miten näet bussiputken tilanteen tällä hetkellä ja tulevaisuudessa?

Miten paljon rajoitteita lasien koko asettaa tarjousten osalta?

Kuinka paljon erkkarin kustannustaso vaikuttaa tilausten määrään?

Näetkö selkeitä kehityskohteita erkkarissa?

Mitkä ovat myynnin kannalta tärkeimmät seikat erkkarin kilpailukyvyssä?

Kuinka paljon läpimenoajat vaikuttavat kauppojen closaamiseen?

Miten uskot KL18 vaikuttavan erkkarin tulevaisuuteen?

Mitä flowratea käytetään laskelmissa?

Mitä tahtiaikaa käytetään laskelmissa?