

Toni Sinkkonen

OVEN KARMITUOTANNON HÄIRIÖTYYPPIEN SELVITTÄMINEN

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Huhtikuu 2018**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Huhtikuu 2018	Tekijä/tekijät Toni Sinkkonen
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi Oven karmituotannon häiriötyyppien selvittäminen		
Työn ohjaaja Tapio Malinen		Sivumäärä 34 + 4
Työelämäohjaaja Erik Samsonov		
<p>Opinnäyteyön tarkoitus oli selvittää oven karmituotannossa esiintyvät häiriötyypit ja poikkeamat sekä niiden määrät. Yksi työn vaiheista oli kerätä tilastollista faktaa tuotannosta, jotta voidaan paremmin ymmärtää siinä esiintyviä ongelmia. Tavoitteena oli saada selville esiintyvien häiriötyyppien yleisyys ja mihin tuotantoprosessin vaiheeseen ne sijoittuvat. Näin saataisiin selville, mitä asioita täytyy kehittää ja parantaa ensimmäisenä.</p> <p>Teoriaosuudessa käsiteltiin opinnäytetyöhön keskeisesti liittyviä Lean Six Sigman työkaluja ja menetelmiä. Itse työ alkoi datan keräämisellä tuotannosta. Keräyksen jälkeen data muokattiin helpommin ymmärrettävään muotoon analysointia varten. Analysoinnissa saatiin selville tavoitellut tiedot, eli yleisimmät häiriötyypit, niiden määrät ja millä työpisteellä ne esiintyvät. Näiden tietojen avulla voitiin myös päätellä millä työpisteillä on eniten ongelmia. Analysoinnin jälkeen käsiteltiin tuotannon parannus-, optimointi-, ohjaus- ja valvontavaiheita antamatta kuitenkaan suoraa ratkaisua siihen, miten yrityksen tulisi jatkossa toimia. Näistä seuraavista vaiheista ja niiden toteutuksesta yritys on itse vastuussa.</p>		

Asiasanat Häiriö, Karmi, Lean, Minitab, Ongelmanratkaisu, Ovi, Poikkeama, Six Sigma,
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date April 2018	Author Toni Sinkkonen
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis Finding out the disturbance types at door frame production		
Instructor Tapio Malinen	Pages 34 + 4	
Supervisor Erik Samsonov		
<p>The aim of the thesis was to find out the types of disturbances and deviations in the door frame production and the number of their occurrences. One of the stages of the work was to collect statistical data about production in order to better understand the existing problems. The aim was to find out the prevalence of the types of disturbances present and to which stage of the production process they are located. This would help to find out what things need to be developed and improved first.</p> <p>In the theoretical part, the Lean Six Sigma tools and methods that are central to the thesis are discussed. The work itself began by collecting data from production. After collection, the data was edited into a more easily understandable form for further analysis. The analysis provided the desired information sought, i.e. the most common types of disturbances, the number of their occurrences, and at which point of production they occur. This information also made it possible to find out which workstations have the most problems. After the analysis, the production improvement, optimization, control and control steps were discussed without giving a direct solution to how the company should work in the future. The following steps and their implementation are the responsibility of the company itself.</p>		
Key words Deviation, Disruption, Door, Frame, Lean, Minitab, Problem Solving, Six Sigma		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

5s	Menetelmä, jonka avulla pyritään kasvattamaan työn tuottavuutta muun muassa poistamalla ei-arvoa tuottavaa toimintaa sekä parantamalla laatua ja turvallisuutta.
Adjufix	Ainutlaatuinen menetelmä oven asentamiseen, jossa karmiin on porattu adjufix-holkki/hylsy.
Boxplot	Muuttujan arvojen vaihtelua kuvaava kuvio
DMAIC	Viisivaiheinen järjestelmällinen tapa ratkaista ongelmia ja kehittää liiketoimintaa.
DoE	Koesuunnittelu eli menetelmä, jonka avulla voidaan tutkia prosessin muuttujien ja ulostulojen syy-seuraussuhdetta
FMEA	Vika- ja vaikutusanalyysi, jonka avulla tunnistetaan, analysoidaan ja priorisoidaan mahdolliset viat ja niiden vaikutukset tuotteeseen ja prosessiin.
Gage R&R	Mittausjärjestelmän virheeseen liittyvä tutkimus, jossa määritetään vaihtelun määrä.
I-MR	Jatkuvan tiedon analysointiin käytettävä valvontakortti, joka sisältää kontrollirajat ja keskiarvon.
Input	Tekijä tai tekijöitä, joita prosessi vaatii toimiakseen, kuten raaka-aineet ja materiaalit.
Kanban	Visuaalinen työkalu, joka kuvaa tarkasteltavan asian todellista tilaa. Imujärjestelmässä sitä käytetään kertomaan koska tuotannon tulisi alkaa, ja tuotannossa se varmistaa, että raaka-aineita ja materiaaleja on riittävästi.
MSA	Sarja testejä, joilla määritetään mittaussysteemin luotettavuus.
OEE	Käytettävyyden, nopeuden ja laadun tulona laskettava tunnuskuulu, joka mittaa tuottavuutta.

Output	Ulostulo eli prosessista saatava tulos esimerkiksi jokin tuote.
Pareto Chart	Suomeksi käännettynä Paretosyytekijät, jotka keskeisesti vaikuttavat tarkasteltavaan asiaan.
PDCA	Nelivaiheinen kehittämisen kehä, johon kuuluvat vaiheet suunnittele, tee, opi ja toimi.
SIPOC	Prosessikartta ja tehokas kommunikointityökalu, joka auttaa kaikkia näkemään prosessin samalla tavalla.
SPC	Tilastollinen prosessinohjaus, jolla selvitetään, eliminoidaan ja hallitaan hajontaa tuotantoprosessissa. Kuvaa prosessin käyttäytymistä ja erottelee erityis- ja satunnaissyyt.
VOC	Asiakkaan ääni, joka kuvataan suunniteltuna rajana ja tuotteeseen kohdistuneena tavoitteena.
VSM	Arvovirtakuvaus kuvaa visuaalisesti materiaalien ja informaation virtausta kohti asiakasta. Tehdään yleensä kuvaamaan sekä nykytilaa että tavoiteltua tilaa.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PROSESSIN PARANNUS LEAN-TYÖKALUILLA	3
2.1 Lean-työkalut.....	3
2.2 Esteiden teoria - TOC	4
2.3 Arvovirtakuvaus (VSM)	5
2.4 Vaihtelu ja PDCA.....	5
3 SIX SIGMA OSANA LEANIA	7
3.1 Ongelmanratkaisumenetelmä (DMAIC)	7
3.1.1 Määrittely (Define).....	8
3.1.2 Mittaus	9
3.1.3 Analysointi	9
3.1.4 Parannus ja optimointi	10
3.1.5 Ohjaus ja valvonta	11
3.1.6 DMAIC-prosessin yhteenveto	11
3.2 SIPOC.....	12
3.3 Koesuunnittelu (DoE)	13
4 KARMITUOTANTOPROSESSI	14
5 HÄIRIÖTYYPPIEN SELVITTÄMINEN DMAIC-PROSESSIN AVULLA.....	15
5.1 Suunnittelu ja määrittely.....	15
5.2 Mittaus	15
5.3 Analysointi	16
5.3.1 Kokonaisprosessin analysointi ja tarkastelu	17
5.3.2 Karmikoneistuksen analysointi.....	20
5.3.3 Maalauksen analysointi	23
5.3.4 Heloituksen analysointi.....	26
5.3.5 Kasauksen analysointi	28
5.3.6 Yhteenveto analysointivaiheesta	30
5.4 Karmituotantoprosessin parannus ja optimointi	30
5.5 Karmituotantoprosessin ohjaus ja valvonta	31
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITTEET	

KUVIOT

KUVIO 1. DMAIC-prosessin vaiheet

KUVIO 2. Havainnoiva kuvio karmituotannon etenemisestä ja työvaiheista

KUVIO 3. I-MR-kortti häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana

KUVIO 4. Pareto Chart häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana

- KUVIO 5. Boxplot häiriömäärien jakautumisesta työpisteiden välillä 25.4.-4.5. välisenä aikana
- KUVIO 6. Pareto Chart häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana työpisteittäin
- KUVIO 7. I-MR-kortti karmikoneistuksen häiriömääristä
- KUVIO 8. Pareto Chart karmikoneistuksen häiriöistä
- KUVIO 9. Karmikoneistuksen tuotannon ja häiriömäärien vertailu
- KUVIO 10. I-MR-kortti maalauksen häiriömääristä
- KUVIO 11. Pareto Chart maalauksen häiriöistä
- KUVIO 12. I-MR-kortti heloituksen häiriömääristä
- KUVIO 13. Pareto Chart heloituksen häiriötyypeistä
- KUVIO 14. I-MR-kortti kasauksen häiriömääristä
- KUVIO 15. Pareto Chart kasauksen häiriötyypeistä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tekeminen alkoi aiheen valitsemisella. Olin ollut yhteydessä kohdeyritykseen opinnäytetyöstä ja sovimme, että kukin omilla tahoillaan pohtii mahdollisia aiheita, joista opinnäytetyön voisi tehdä. Kokoonnuimme yhdessä palaveriin, jossa oli minun lisäksi mukana yrityksen toimihenkilöitä ja Centrian edustaja. Esitin pohtimiani vaihtoehtoja aiheesta ja kuuntelin yrityksen mielipiteitä. Tarkoituksena oli löytää aihe, josta olisi yritykselle mahdollisimman paljon hyötyä, ja yritys nostikin esille ovien karmituotannon ongelmat. Yrityksessä oli havaittu, että ovien karmituotannon on haastavaa pysyä muun tuotannon tahdissa ja karmit loppuvat usein kesken. Aihe vaikutti sellaiselta, että siitä olisi yritykselle hyötyä ja kyseessä oli selvästi aihe, jota kannatti ryhtyä selvittämään.

Aiheen valinnan jälkeen keskityimme rajaamaan aihealuetta. Päätimme, että tärkein asia olisi selvittää karmituotannon häiriötyypit ja poikkeamat sekä niiden esiintyminen tuotannon eri vaiheissa. Lisäksi pohdittaisiin ehdotuksia karmituotannon kehittämiseen. Tarkoituksena onkin etsiä vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Miksi karmituotanto ei ole riittävän tehokasta? Millä työpisteillä on eniten ongelmia? Mitä hidastavia tekijöitä eli häiriötyyppejä ja poikkeamia tuotannossa esiintyy? Mitkä ovat yleisimpiä häiriötyyppejä? Mihin asioihin tulevaisuudessa täytyy kiinnittää huomiota ja etsiä toimivia kehittäviä toimenpiteitä, jotta tuotanto olisi sujuvampaa? Selvittämällä vastaukset näihin kysymyksiin voidaan yrityksessä ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin häiriömäärien ja poikkeamien vähentämiseksi.

Aiheen rajauksen jälkeen vuorossa oli datan keräyksen suunnittelu ja toteutus. Yrityksellä ei ollut ennestään käytössä mitään tapaa, jolla olisi seurattu ja kerätty tietoa tuotannossa esiintyvistä häiriöistä ja poikkeamista. Opinnäytetyötä varten täytyi siis erikseen suunnitella tapa, jolla data saataisiin kerättyä. Tässä vaiheessa oli järkevintä suunnitella mahdollisimman helppo ja yksinkertainen keino datan keräykseen, joka saataisiin myös nopeasti käyttöön opinnäytetyötä varten. Ei ollut siis tarkoitus rakentaa järjestelmää, joka voitaisiin sellaisenaan ottaa käyttöön myös tulevaisuudessa, koska sellaisen tekeminen olisi vienyt liikaa aikaa ja siitä olisi saanut toisen opinnäytetyön aiheen.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa esitellään Leanin ja Six Sigman eri työkaluja, joita voidaan hyödyntää muun muassa tuotannon seurannassa, hallinnassa ja kehittämisessä. Itse tutkimus noudatti pitkälti Six Sigman DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän vaiheita. Tuotannosta kerätyn datan analysoinnissa hyödynnettiin Minitab –ohjelmistoa havainnollistavien kuvioiden laatimiseen. Analysoinnin lisäksi työssä

pohdittiin myös mahdollisia syitä esiintyneille häiriötyypeille ja annetaan neuvoja seuraavien vaiheiden toteuttamiseen, mutta yksityiskohtaisten kehitystoimenpiteiden suunnittelu jäi yrityksen tehtäväksi.

2 PROSESSIN PARANNUS LEAN-TYÖKALUILLA

Lean on alun perin Japanista lähtöisin oleva Toyotan tuotantosysteemiin ja tuotantofilosofiaan perustuva tuotantostrategia, jossa tuottamiseen sovelletaan erilaisia laatujohtamisen periaatteita. Leanin avulla yritys pyrkii parantamaan organisaation virtaus- ja resurssitehokkuutta vähentämällä lisätyötä, tarpeetonta tuhlausta, hukkaa ja vaihtelua tuotannossa. Virtaustehokkuudella tarkoitetaan läpimenoajan ja arvoa lisäävän ajan suhdetta, jossa läpimenoaika tarkoittaa työn tekemiseen kulunutta aikaa ja arvoa lisäävä aika niitä asioita, joista asiakas on valmis maksamaan joko suoraan tai epäsuorasti. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

Läpimenoajan pituus vaikuttaa siihen, kuinka paljon aikaa kuluu muihin asioihin kuin arvon tuottamiseen asiakkaalle, jolloin resursseja kuluu ei-arvoa tuottaviin toimintoihin. Työn tekeminen vaatii jatkuvasti resursseja huolimatta siitä, tuottaako työ asiakkaan silmissä arvoa vai ei. Yrityksen sisällä resursseja kuluu muun muassa varastoihin, koneisiin, laitteisiin ja kaikkien tarvittavien resurssien hallintaan ylipäätään. Juuri tämän takia yrityksen tulisi Leania käyttäessään keskittyä enemmän virtaus- kuin resurssitehokkuuteen, sillä työn tuottavuus laskee, mikäli resursseja kuluu ei-arvoa tuottavaan työhön. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

Organisaation, joka käyttää tai on ottamassa käyttöön Leanin, täytyy muistaa, että Lean itsessään ei ole tavoite, vaan keino saavuttaa tavoitteet. Toyotan tuotantojärjestelmää ei myöskään tule kopioida, vaan ensin täytyy ymmärtää, miksi yritykset käyttävät Leania ja toimivat kyseisellä tavalla virtaustehokkuuden kasvattamiseksi. Kaikki keinot eivät välttämättä sovi jokaiseen ympäristöön, toimintamalliin ja strategiaan. Näiden asioiden pohjalta organisaation kannattaa arvioida, mitä ja miten sen kannattaa hyödyntää useita Leanin eri työkaluja. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017; Modig & Åhlström 2016, 124-126.)

2.1 Lean-työkalut

Leaniin on sen historian aikana syntynyt useita eri työkaluja (5s, arvovirtakuvaus (VSM), esteiden teoria (TOC), imuohjaus (Kanban), tuotannon tehokkuuden tunnusluku (OEE) jne.), joiden tarkoitus on tunnistaa ja pienentää prosessien välistä hukkaa. Six Sigma puolestaan on tuonut mukanaan Leaniin lukuisia ongelmanratkaisu- ja tilastollisia työkaluja kehittämään toimintatapoja ja vähentämään prosessin vikoja.

Näitä Six Sigman työkaluja ovat muun muassa ongelmanratkaisumenetelmä (DMAIC), mittaussysteemin analysointi (MSA), koesuunnittelu (DoE), vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) sekä graafiset analyysit. Leanin työkalujen on tarkoitus muodostaa näkyvä osa tuotantoon ja sen johtamisjärjestelmään, mutta johtamisen ajattelutavat ja rutiinit jäävät työkalujen taustalle näkymättömiin. Suurin osa itse Lean-projektista koostuu toimintatavan muutoksista, joilla pyritään saavuttamaan uudet ja entistä paremmat käytäytymis- ja johtamistavat sekä sisäisten käytäntöjen muutokset. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

2.2 Esteiden teoria – TOC

TOC eli esteiden teoria tarkoittaa johtamismallia, jossa pyritään hallitsemaan tuotantoprosessissa esiintyviä suorituskyyä häiritseviä esteitä. Esteiden teorian ydinajatus on, että järjestelmässä on vähintään yksi, mahdollisesti useampi, suorituskyyä rajoittava tekijä. Mikäli estettä kuormitetaan liikaa, esteen eteen kertyy jonoa, mikä taas tarkoittaa läpimenoajan kasvua ja suorituskyyyn heikkenemistä. Tässä yhteydessä esteiden teoriassa tulee kiinnittää huomio läpimenoaika rajoittavan pisteen tunnistamiseen sekä tämän niin sanotun pullonkaulan kuormittamiseen ja kehittämiseen. Mikäli organisaatio haluaa kasvattaa tuotantoaan ja lyhentää läpimenoaika täytyy sen keskittyä kehittämään pullonkaulaa, joka määrittää koko prosessin läpimenoajan. Muita työpisteitä kehittämällä läpimenoajan lyhentäminen ei onnistu. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

Esteiden teoriaa on hyvä avata esimerkin avulla. Yrityksen tuotannossa on viisi eri työvaihetta ja asetettu tavoite tuotannon suhteen on 100-140 tuotetta päivässä. Työpiste 1 kykenee valmistamaan viikon aikana keskimäärin 140 tuotetta päivässä ja työpisteet 4 ja 5 pääsevät myös yli 100 tuotteeseen. Työpiste 3 valmistaa juuri ja juuri 100 tuotetta päivässä, mutta työpisteellä 2 valmistus jää alle 100 tuotteeseen. Tässä tapauksessa työpiste 2 on pullonkaula ja määrittää prosessin läpimenoajan sekä pääsyn tavoitteeseen tuotantomäärän suhteen. Työpisteiden 1 ja 2 väliin kertyy jonoa, mutta muilla työpisteillä tuotteet loppuvat kesken ja ne joutuvat odottamaan, vaikka työpiste 2 toimisi jatkuvasti. Parannustoimenpiteitä ei tässä tapauksessa tarvita työpisteillä 1, 3, 4 ja 5, sillä niillä ei saavuteta kasvua eikä varsinaista parannusta, vaikka joitakin säästöjä voidaankin saada aikaan. Parannustoimet tulisi keskittää ensimmäisenä työpisteeseen 2, jotta prosessia saataisiin tasapainotettua. On myös mahdollista, että läpimenoaika vaihtelee rajusti tuotantoprosessin sisällä, jolloin saattaa tuntua, että pullonkaulan sijainti vaihtelee. On mahdollista, että viikon aikana pullonkaula on eri päivinä työpiste 2 ja työpiste 3, jolloin täytyy riittävän

pitkällä aikavälillä tutkia, kumpi työpiste vaatii kiireellisemmin parannustoimenpiteitä. (Quality Know-how Karjalainen Oy 2017.)

2.3 Arvovirtakuvaus (VSM)

Arvovirtakuvauksen lyhenne VSM tulee englanninkielen sanoista Value Stream Map, ja sen käyttö keskittyy virtauksen esteiden tunnistamiseen ja priorisointiin. Kun prosessissa halutaan nostaa tehokkuutta, ovat oikeiden ongelmien tunnistaminen ja ratkaiseminen keskeisessä roolissa. Arvovirtakuvauksessa on tärkeämpää arvioida toimintaa asiakkaan kuin yrityksen näkökulmasta. Tarkemmin selitettynä arvovirralla tarkoitetaan läpimenoaikaa eli aikaa, joka kuluu asiakkaan tilauksesta siihen hetkeen, kun asiakas saa tilauksen käyttöönsä. Arvovirtaan sisältyy sekä arvoa lisäävää, että arvoa lisäämätöntä aikaa, jossa arvoa lisäävä aika tarkoittaa aikaa, jolloin tilausta tai tuotetta valmistetaan kohti sitä lopputulosta, jonka asiakas on tilannut. Arvoa lisäämätön aika taas tarkoittaa aikaa, joka kuluu varastointiin, kuljetuksiin, tilauksen käsittelyyn ja koneiden korjaamiseen eli kaikkeen siihen, jolloin tuotetta ei muokata kohti asiakkaan tilausta. Arvovirtakuvaus on visuaalinen malli siitä, kuinka asiakkaan tilaus etenee tilaushetkestä toimitukseen ja miten informaatiovirratt kulkevat tuotteen valmistukseen liittyen. Materiaali- ja informaatiovirran lisäksi arvovirtakuvaus sisältää läpimenoajan. Usein kuvaus tehdään kahtena versiona, joihin sisältyy nykytilan lisäksi tavoiteltu tila. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

2.4 Vaihtelu ja PDCA

Vaihtelun määrä vaikuttaa voimakkaasti koko prosessin suorituskykyyn. Mitä enemmän vaihtelua esiintyy, niin sitä enemmän se vaikuttaa alentavasti suorituskykyyn, ja juuri tämän takia vaihtelun pienentäminen on keskeisessä roolissa suorituskykyä parannettaessa. Vaihtelu voi olla joko ulkoista tai sisäistä. Ulkoinen vaihtelu voi tarkoittaa esimerkiksi alihankkijan myöhästynyttä tai viallista tavarantoimitusta, sisäinen vaihtelu taas kone-/laittehäiriötä tai työntekijän virhettä. Prosessissa tapahtuvaa vaihtelua on mahdollista vähentää erilaisten menetelmien ja työkalujen avulla. Vaihtelun pienentäminen ei kuitenkaan tapahdu hetkessä, vaan sen tulisi olla jatkuvaa, mikä mahdollistaa nopeamman reagoinnin erilaisiin poikkeamiin ja vaihtelu saadaan näin pidettyä mahdollisimman alhaisena. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2018.)

Vaihtelun luokitteluun ja kuvaamiseen käytetään tarkkuutta, täsmällisyyttä, ennustettavaa ja ei-ennustettavaa vaihtelua. Tarkkuus ja täsmällisyys sekoitetaan usein keskenään. Tarkkuus tarkoittaa ryhmien

välillä olevaa keskiarvoista poikkeamaa ja täsmällisyys taas ryhmän sisäistä poikkeamaa. Tarkkuutta ja täsmällisyyttä voidaan tarkastella esimerkiksi tuotteille asetetun laadullisen tavoitteen näkökulmasta. Tuotannon ollessa tarkka ja täsmällinen tarkoittaa tämä sitä, että tuotteiden välillä ei ole vaihtelua eli tuotteissa ei ole virheitä. Epätarkassa ja täsmällisessä tuotteiden välillä ei ole vaihtelua, mutta ne eivät myöskään täytä niille asetettuja laatukriteereitä. Tarkassa ja epätäsmällisessä tuotteiden välillä on hajontaa/vaihtelua, mutta keskiarvo pysyy silti laadullisessa tavoitteessa. Epätarkassa ja epätäsmällisessä on hajontaa/vaihtelua eikä keskiarvokaan pysy tavoitteessa. Tarkkuuden ja täsmällisyyden lisäksi vaihtelua voidaan tarkastella myös siitä näkökulmasta, onko se stabiilia vai epästabiilia. Stabiili tarkoittaa ennustettavaa vaihtelua ja epästabiili ei-ennustettavaa. Stabiili on yleistä, ennustettavaa vaihtelua, joka pysyy asetetun kontrollirajan sisällä. Epästabiilissa vaihtelussa vaihteluun vaikuttaa jokin tai jotkin erityisyys, joiden takia vaihtelu ei aina pysy näiden asetettujen kontrollirajojen sisällä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2018.)

Vaihtelun vähentämiseen ja hallitsemiseen on olemassa erilaisia menetelmiä, kuten erilaisten mallien määrien sekä niiden sisällä olevien mahdollisuuksien ja asiakkaan valittavissa olevien ominaisuuksien rajoittaminen. Lisäksi esimerkiksi Toyotalla pyritään pienentämään valmistuksen vaihtelua keskittymällä toiminnasta tulevaan vaihteluun. Toimittajien suhteen Toyotalla on kolme toimintatapaa: otetaan vain tarvittava, vaaditaan toimittajalta toimenpiteitä tuotteesta ja toiminnasta tulevan vaihtelun pienentämiseen sekä vaaditaan, että toimittajatkaan eivät pidä puskurivarastoja. Tuotannossa Toyotalla ei käytetä vuoron aikana koko kapasiteettia tuotantoon, vaan tehdään myös ennakoivia kunnossapitotöitä vuorojen lopussa, jotta seuraava vuoro voi aloittaa työt suunnitellusti. Lisäksi lopputuotevarastot ja kesken-eräisten töiden määrät pidetään alhaisina. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2018.)

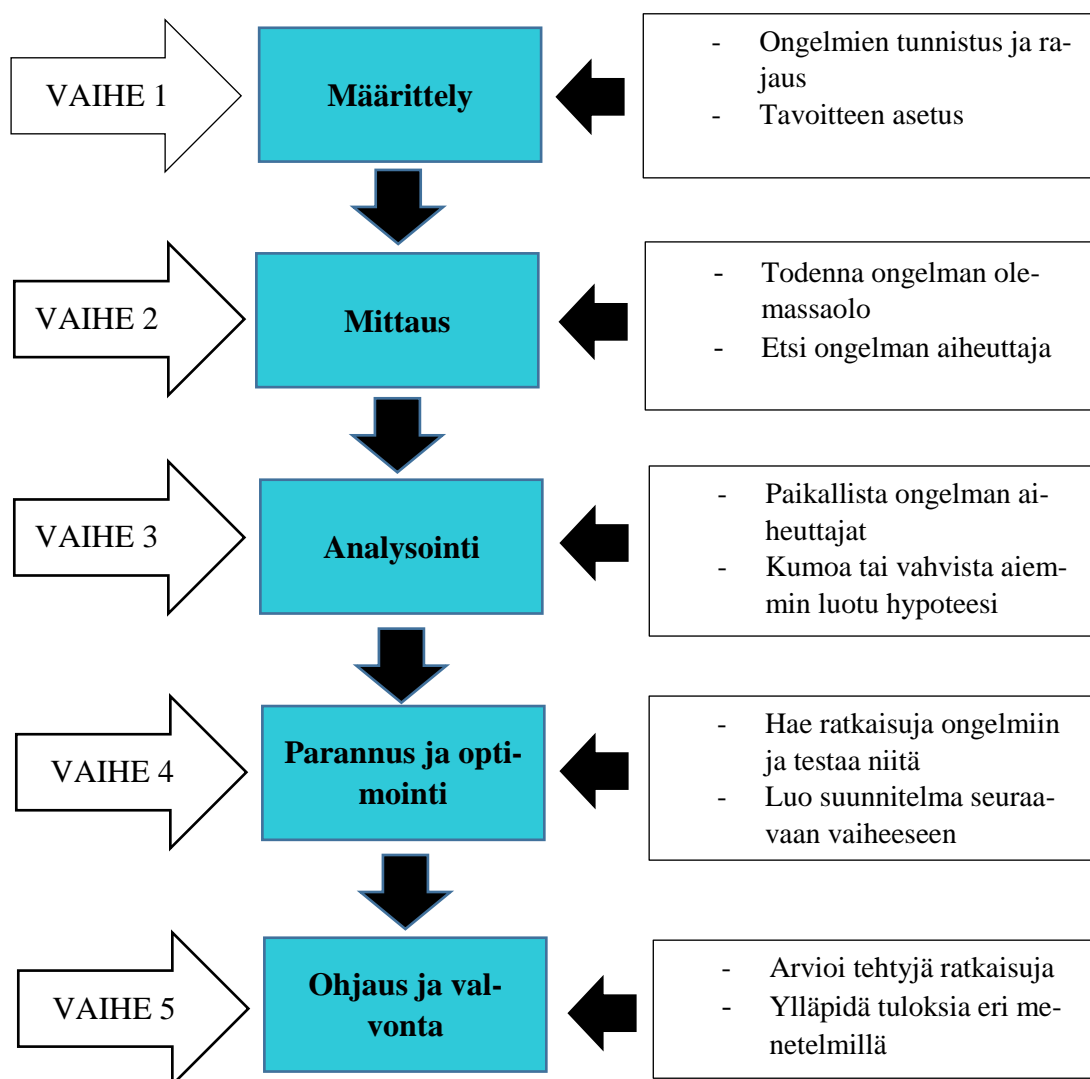
3 SIX SIGMA OSANA LEANIA

Six Sigma on johtamis- ja laatumenetelmä, jossa prosessia parannetaan systemaattisesti erilaisten menetelmien ja käytäntöjen avulla. Keskeisenä tavoitteena Six Sigmassa on tilastollista ajattelua ja menetelmiä hyödyntämällä pienentää vaihtelun määrää prosessissa, joka vähentää hukkaa ja tehostaa virtausta. Six Sigman yhdistyessä Leanin kanssa syntyi Lean Six Sigma ja Lean kehittyi entisestään. Leanissa Six Sigman työkaluja käytetään apuna ongelmanratkaisussa ja vaihtelun minimoimiseen, kun Lean taas keskittyy hukan poistamiseen. Six Sigman työkaluja käytettäessä asiakkaan tarpeet ja niiden ylittäminen ovat suuressa merkityksessä, ja asiakastyytyväisyys onkin yksi Six Sigman pääperiaatteista. Tuotteiden vikojen ja virheiden lisäksi Six Sigmaa voidaan käyttää yrityksen markkinoinnin ja strategisten kohteiden parantamiseen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2017.)

3.1 Ongelmanratkaisumenetelmä (DMAIC)

DMAIC on viisivaiheinen dataan ja tilastoihin perustuva ongelmanratkaisumenetelmä, joka tulee sanoista define (määrittely), measurement (mittaus), analysis (analysointi), improvement (parannus) ja control (ohjaus). Menetelmän alussa on niin sanottu karakterisointivaihe, jossa kuvataan ongelma ja etsitään vaihtelua aiheuttavat syytekijät. Seuraava vaihe on optimointivaihe, jonka tarkoitus on tuotteen ja prosessin parantaminen ja optimointi löydettyjä syytekijöitä muuttamalla. Parannuksen ja optimoinnin jälkeen, kun prosessi on stabiloitu ja siitä on saatu kyvykäs, siirrytään ohjausvaiheeseen, jossa arvioidaan tehtyjä ratkaisuja, kehitetään suunnitelmia ja pyritään ylläpitämään saavutettuja tuloksia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43-44.)

DMAIC:ssa ei riitä, että ymmärretään ongelma, vaan se täytyy todistaa tosiasioilla eli datalla ja tilastoilla. Tehtyjen ratkaisujenkaan ei tulisi olla vain pieniä muutoksia vanhaan toimintamalliin, vaan todellisten muutosten ja tulosten avulla haetaan uusia ratkaisuja. Tehtyjä muutoksia ja ratkaisuja tulee aina seurata, hoitaa ja kehittää, jotta ne toimisivat mahdollisimman hyvin ja niistä saadaan kaikki mahdollinen hyöty. Mikäli näin ei toimita, muutos ei ole pysyvä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43-44.)



KUVIO 1. DMAIC-prosessin vaiheet

3.1.1 Määrittely (Define)

Define eli määrittelyvaihe on Six Sigma DMAIC –prosessin vaihe, jossa yksinkertaisesti tunnistetaan ja rajataan ongelma sekä asetetaan tavoite. Ongelman ja asiakasvaatimusten määrittely määrittelee samalla koko projektin tarkoituksen ja laajuuden. Parannuksen tavoitteen lisäksi vaiheen aikana määritellään ylätasen prosessikuvaus SIPOC sekä lista niistä asioista, jotka ovat tärkeitä asiakastyytyväisyydelle sekä kriittisiä laadun, toimitusajan ja kustannusten osalta. SIPOC tarkoittaa prosessikarttaa ja tehokasta kommunikointityökalua, joka auttaa kaikkia näkemään prosessin samalla tavalla. Määrittelyvaiheen aikana haetaan vastauksia kysymyksiin asiakkaasta ja asiakkaan vaatimuksista, minkä asian/ongelman parissa työskennellään ja miksi, miten työt hoidetaan tällä hetkellä sekä miten parannuksista hyödytään. Mikäli näitä kysymyksiä ei pohdita heti alussa, projekti saattaa helposti lähteä väärään suuntaan eikä sitä onnistuta rajaamaan tarpeeksi selvästi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 46.)

3.1.2 Mittaus

Määrittelyvaiheen jälkeen siirrytään mittaukseen, jossa valitaan yksi tai mahdollisesti useampia kriittisiä tuoteominaisuuksia, joita ovat laatu, toimitusaika ja kustannukset. Keskeisenä tavoitteena mittausvaiheessa on todentaa ongelman olemassaolo datan tai muun luotettavan informaation avulla. Aina ongelma ei kuitenkaan olekaan se alussa oletettu ja joudutaan hieman muuttamaan määrittelyvaiheen tavoitteita. Ongelman olemassaolon todentamisen lisäksi mittausvaiheessa aloitetaan ongelman juuri- ja ydinsyiden eli ongelman aiheuttajien etsintä. Vaiheen toisena tavoitteena on varmentaa mittauksen luotettavuus sekä keskittyä ja varmentaa, että mittaus on kykeneväinen havaitsemaan prosessista kuusi sigmaa. Käytännössä tällä tarkoitetaan suorituskyvyn määrittämistä, arviointia ja usein myös mittauksen kehittämistä. Tämä tapahtuu uusittavuus- ja toistettavuustestillä eli Gage R&R -analyysillä. Usein käy kuitenkin niin, että luotettavuuden varmentaminen laiminlyödään, koska mittauksen virhettä ei osata määrittää. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47-48.)

Mittauksille on kolme eri pääkategoriaa, joita ovat ulostulo tai seuraus, prosessi ja input. Prosessin lopputuloksen eli ulostulon tai seurauksen mittauksessa tarkennetaan välittömiä tuloksia ja seurauksia, jotka ovat pidempiaikaisia vaikutuksia. Välittömillä tuloksilla tarkoitetaan esimerkiksi kuljetuksia, asiakkaalta tulevia valituksia tai tuotteessa esiintyviä vikoja. Pidempiaikaisia vaikutuksia ovat esimerkiksi asiakkaan tyytyväisyys ja tuotto. Prosessin mittauskohteita ovat ne asiat, joita voidaan jäljittää ja mitata ja jotka yleensä auttavat aloittamaan ongelman syiden havaitsemisen. Kolmas kategoria eli input sisältää asioita, jotka tulevat prosessiin sisään ja muuttavat sen ulostuloa. Huonot inputit aiheuttavat huonoja ulostuloja, minkä vuoksi inputit auttavat tunnistamaan mahdollisen ongelman syitä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47-48.)

3.1.3 Analysointi

DMAIC-mallin kolmas vaihe on analysointi, jonka tarkoitus on analysoida, mikä on asiakkaalle kriittisen ominaisuuden todellinen suorituskky. Analysoinnissa käytetään hyödyksi kuvaavaa statistiikkaa, joka auttaa ymmärtämään kerättyä dataa. Tarkoitus analysoinnissa on ideoida ja paikallistaa ongelman aiheuttajat tai mahdollisuuden ratkaisijat, jotka on ilmaistu ydin- ja juurisyillä. Analysointivaiheessa myös joko kumotaan tai vahvistetaan hypoteesi datan ja tilastollisten analyysien avulla. Voidaan sanoa, että analyysivaiheessa on kaksi ikkunaa, joita ovat prosessi- ja dataikkuna. Prosessi-ikkunassa tarkastel-

laan nimensä mukaisesti prosessia sekä kaavioita, pullonkauloja ja jalostusarvon muodostumista. Dataikkuna sen sijaan vie näkökulman dataan, prosessiarvoihin ja tilastolliseen hypoteesitestaukseen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48-49.)

Prosessianalyysissä tehdään yksityiskohtainen tutkimus ydin- ja avainprosesseista, joiden sisällä syntyy asiakkaan vaatimukset täyttävä tuote. Tarkoituksena on tunnistaa prosessien alhaallaoloajat, jotka eivät lisää asiakasarvoa, sekä jakso- ja läpimenoajat ja korjaus- ja uusintatyöt. Data-analyysissä kerätyn datan avulla löydetään kuvioita, trendejä ja muita eroja. Analyysivaiheessa havaitut tulokset tukevat tai hylkäävät määrittelyvaiheessa luotuja teorioita ja hypoteeseja tuotannosta ja etenkin sen ongelmista. Datan avulla voidaan löytää myös uusia teorioita ja hypoteeseja. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 49.)

Analyysivaihe voi johtaa yhteen tai useampaan ongelmaan eli juurisyyhyn. Datan analysoinnissa tulisi olla avoin ja löytää juuri ne ongelmat, jotka vaikuttavat eniten. Tuloksena analyysivaiheesta saadaan hypoteesi ongelmasta/ongelmista sekä mistä ne johtuivat. Hypoteesi varmistetaan aina prosessissa tehtävillä kokeilla ja testeillä. Kaikki tämä luo perustan DMAIC-prosessin seuraavalle vaiheelle. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48-51.)

3.1.4 Parannus ja optimointi

Parannusvaiheessa haetaan kokeilemalla ja soveltamalla ratkaisuja niihin ydin- ja juurisyihin, jotka löytyivät mittaus- ja analyysivaiheen aikana. Siinä käytetään avuksi erilaisia kokeita, kuten haravointi-, karakterisointi- ja optimointikokeita. Koko Six Sigma -menetelmän ydin on siinä, miten parannus ja optimointi tapahtuvat, jotta saavutetaan Six Sigma laatutaso. Ratkaisu parannuksen ja optimoinnin onnistumiseen on vaihtelun pienentäminen, etenkin silloin, kun prosessin suorituskyky ei ole riittävä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51.)

Parannuksen eli vaihtelun pienentämisen ja optimoinnin päätyökaluna on koesuunnittelu. Käytännössä koesuunnittelu tarkoittaa sitä, että aluksi muodostetaan teoria niistä tekijöistä, jotka aiheuttavat vaihtelua. Seuraavaksi teoria muutetaan hypoteesiksi eli tilastolliseksi ongelmaksi, joka tilastollisten testien avulla todetaan oikeaksi tai hylätään. Optimoinnissa on muistettava, että hajonnan keskusta eli keskiarvo saatetaan toleranssialueen tai spesifikaation eli teknisten tietojen keskelle. Standardipoikkeamaa eli kriittisen ominaisuuden vaihtelun määrää pienennettäessä määritetään pää- ja keskinäisvaikutukset tärkeiden input-tekijöiden osalta sekä tunnistetaan näiden tekijöiden optimitasot ulostulon suhteen. Tiivistettynä

parannusvaiheen ulostulona saadaan ongelman ratkaisu testattujen toimenpiteiden ja suunnitelmien avulla. Nämä toimenpiteet pienentävät tai eliminoivat juuri- ja ydinsyiden vaikutuksia. Lisäksi saadaan suunnitelma siitä, miten saavutettuja tuloksia voidaan arvioida seuraavassa vaiheessa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51-52.)

3.1.5 Ohjaus ja valvonta

DMAIC-prosessin viides ja viimeinen vaihe on ohjaus ja valvonta, jossa sovelletaan edellisen vaiheen ratkaisuja ja pyritään varmentamaan saavutettujen tulosten pysyvyys prosessijohtamisen menetelmillä ja laatujärjestelmillä. Tavoitteena on arvioida tehtyjä ratkaisuja sekä kehittää suunnitelmia, menetelmiä, standardeja, ohjeita ja mittauksia, joilla tuloksia ylläpidetään. Ohjaus ja valvonta tapahtuvat erilaisten mittareiden avulla, joita voi prosessia kohti olla käytössä jopa 30-50. SPC on prosessin valvonta ja ohjausvaiheessa käytettävä tilastollisten menetelmien sovellustapa, jonka avulla mittauksesta saatava tieto analysoidaan ja muutetaan helposti ymmärrettävään muotoon. Se auttaa syy-seuraus-suhteiden hahmotamista pitkällä aikavälillä. SPC sisältää myös sovelluksia, kuten ohjauskortteja, joiden avulla prosessin kykyä ja toimintaa voidaan kuvata ja seurata. Kaiken tämän lisäksi ohjausvaiheessa luodaan myös suuntaviivat jatkuvalle parannukselle sekä tutkitaan mahdollisuutta monistaa ratkaisua. Tiivistettynä ohjausvaiheesta saatavia tuloksia ovat parannusprojektin tulosanalyysi, eli mitä saavutettiin ja mikä vaikutus sillä on liiketoimintaan, monitorointi ja seurantajärjestelmät, dokumentit tuloksista, muutokset laatujärjestelmään ja päivitetty johtamisjärjestelmän menettelyt sekä päivitetty riskianalyysi FMEA. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 52-53; Ihalainen & Hölttä 2001, 23.)

3.1.6 DMAIC-prosessin yhteenveto

Todellisuudessa Six Sigma sisältää huomattavasti paljon enemmän tilastollisia työkaluja kuin edellä mainittiin. Ideoiden ja tosiasioiden vuorottelu on oleellista, sillä nämä vaiheet täydentävät toisiaan ja syntyy kumulatiivinen oppimiskierre. Kierteet antavat uutta tietoa ja samalla ongelma-alue (x:t) eli syytekijät supistuvat. Suppenevan kierteen aikaansaamiseksi tarvitaan ongelmanratkaisutyökaluja, jotka mahdollistavat kehityksen. Nämä työkalut voidaan jakaa viiteen eri luokkaan, joita ovat ideoiden luontiin ja informaation luontiin (aivoriihi, syy & seuraus, prosessikartta, jne.), datan keräämiseen (VOC, näytteenotto, MSA, jne.), prosessin ja datan analysointiin (prosessikaaviot, käyrät, kuvaajat, kyvykkyys-

analyysit, jne.), tilastolliseen analyysiin (koesuunnittelu, ANOVA, regressio, jne.) sekä ratkaisun soveltamiseen ja prosessin johtamiseen (SPC, FMEA, ISO 9000, projektinjohtamistyökalut jne.) tarvittavat työkalut. Kaiken kaikkiaan erilaisia Six Sigman menetelmiä ja työkaluja on pitkälle yli toista sataa ja niiden oikea valinta oikeaan aikaan ilman määritettyä reittiä on todella vaikeaa. DMAIC-prosessi auttaa työkalujen valinnassa oikeaan aikaan, jolloin ne vahvistavat toisiaan ja saavat ongelman ydinsyyn näkyville. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 54-55.)

3.2 SIPOC

SIPOC tulee englanninkielen sanoista Suppliers (toimittajat), Inputs (inputit), Process (prosessi), Outputs (outputit) ja Customers (asiakkaat). Se on prosessikartta, jota käytetään prosessin dokumentoimiseen ja esittämään prosessi visuaalisesti yksinkertaisena diagrammina, joka lähtee toimittajista ja päättyy asiakkaisiin. Inputteja ja prosessin muuttujia analysoimalla parannetaan ulostulon laatua. SIPOC varmistaa, että tiimin sisällä toimivat jäsenet näkevät kaikki prosessin samalla tavalla, ja se onkin tehokas kommunikointityökalu. SIPOC tiedottaa yrityksen johdolle, mitä tiimi tekee, ja juuri tämän takia se tulisi ottaa käyttöön heti projektin alkuvaiheessa. Lisäksi SIPOC tunnistaa ja esittää asiakkaiden ja toimittajien lisäksi yhtymä- ja liitoskohdat prosessista sekä tarvittavat datankeräyskohdat. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100.)

SIPOC sisältää kahdeksan komponenttia, jotka ovat: prosessin kuvaus, input ja output rajapinnat, ulostulot (output), asiakkaat, asiakasvaatimukset ja mittaukset, inputit, input vaatimukset ja mittaukset sekä toimittajat. Prosessin kuvaus tarkoittaa ulostuloja tuottavan prosessin selvitystä. Prosessin aloitus ja lopetuskohdat määrittävät input- ja output-rajapinnat. Prosessin tuloksia ovat ulostulot eli outputit, ja näihin täytyykin kiinnittää huomiota, kun määritetään, kuinka ulostulot liittyvät asiakkaan odotuksiin ja pystyvätkö ne täyttämään asiakkaan niille asettamat vaatimukset. Inputit taas ovat niitä tekijöitä, joita prosessi tarvitsee toimiakseen. Asiakkaat voivat olla joko yrityksen sisäisiä tai ulkoisia jotka vastaanottavat ulostulot ja asettavat niiden vaatimukset. Prosessin ulostulojen määrällisiä odotuksia ovat asiakasvaatimukset ja mittaukset. Asiakastyytyväisyyden selvittämiseksi täytyy ulostuloja mitata ja verrata mittauksia asiakkaan vaatimuksiin. Input-vaatimuksilla ja mittauksilla tarkoitetaan prosessiin laitettavien inputtien määrällisiä odotuksia. Inputtien tulee täyttää vaatimukset, jotta prosessi pystyy tuottamaan asiakkaan vaatimukset täyttäviä ulostuloja. Ennen prosessin käynnistämistä inputtien vaatimukset täytyy dokumentoida. Prosessiin tarvittavat inputit tuottavat toimittajat, joille täytyy riittävän tarkasti määritellä toimittajainformaatio. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100-101.)

3.3 Koesuunnittelu (DoE)

Design of Experiments DoE eli koesuunnittelu on testi tai sarja testejä, joita käytetään, jotta ymmärretään ulostuloon vaikuttavien tekijöiden vaikutus ja niiden keskinäisvaikutus. Koesuunnittelun testien perusteella tehdään muutoksia prosessin tai systeemin sisääntulomuuttujiin, jotta voidaan havaita ja tunnistaa ulostulon muutosten syyt. Koesuunnittelussa tutkitaan listaa niistä tekijöistä, jotka saattavat vaikuttaa vaihtelun tai ohjauksen kautta ulostuloon. Tekijät voidaan löytää useita lähteistä, kuten FMEA, syy-seurausmatriisit, prosessikuvaus, kalanruotokaavio tai aivoriihitekniikka. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 163.)

Keskeisiä koesuunnittelutyppejä on neljä ja ne ovat Screening, Karakterisointi, Optimointi ja Varmistus. Screening-kokeiden avulla määritellään se tekijä prosessin sisältä, jolla on eniten vaikutusta prosessiin. Siinä sivuutetaan korkeimman tason keskinäisvaikutukset, jotta päästään lähemmän tärkeitä tekijöitä vähentämällä mahdollisten tekijöiden joukkoa. Karakterisointikokeessa käytetään kaikkein tärkeimpiä tekijöitä tuottamaan yhtälöä:

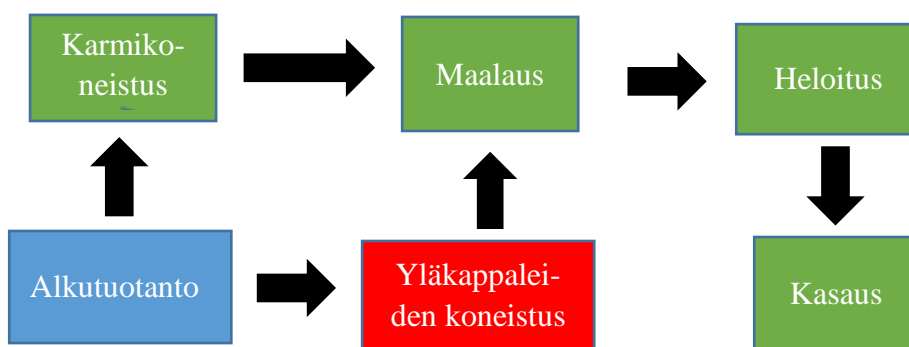
$$Y=F(x)$$

jossa Y on ulostulomuuttuja ja x input-muuttuja. Kokeet tarjoavat ennusteyhtälön arvioimalla päätekijöitä ja keskinäisvaikutuksia. Optimointikokeilla etsitään optimaalista toimintakohtaa prosessin sisältä. Optimointikokeet ovat monimutkaisempia suunnitelmia kuten vastepintakokeet (RSM) tai yksinkertainen EVOP. Varmistuskokeilla on tarkoitus varmistaa ennusteyhtälön toimivuus. Siinä neljä koetta voidaan asettaa seuraavaan hierarkkiseen järjestykseen: yksi tekijä kerrallaan, Screening, Karakterisointi ja Optimointi. Tätä järjestystä noudattamalla voidaan luoda entistä enemmän hyödyllistä dataa. Toisaalta se tuo mukanaan myös suuremman ja kalliimman kokeen ja lisää sekä monimutkaisuutta että näytteiden määrää. Tämän takia täytyykin osata määritellä tarvittavan informaation laatu huolellisesti, jotta parannus olisi mahdollista. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 163-164.)

4 KARMITUOTANTOPROSESSI

Tässä vaiheessa opinnäytetyötä on järkevä tutustua tarkemmin karmituotantoprosessiin. Koko prosessi alkaa höyläyspisteeltä, jossa höylätään ja katkotaan oikean mittainen aihio koneistusta varten. Karmikoneistuksessa aihioon koneistetaan paikat saranoille, vastaraudoille ja lukkorungoille sekä tehdään mahdolliset adjufix- tai karmireikäporaukset karmin kiinnitystä varten. Yläkappaleisiin tehdään mahdollinen aukipitolaitteen koneistus toisella työpisteellä. Koneistuksessa varmistetaan, että karmin pinta on mahdollisimman tasainen. Mikäli epätasaisuuksia tai muita laatuvirheitä havaitaan, ne korjataan ennen maalausta. Koneistuksesta karmisivut ja yläkappaleet kuljetetaan panostukseen, jossa ne nostetaan maalauslinjalle. Maalauslinjalla valkoiseksi maalattavat karmit ja yläkappaleet kulkevat linjaa pitkin aina purkupisteelle saakka, mutta kaikki muut värit nostetaan pois linjalta ja maalataan käsiruiskulla. Maalauksen jälkeen kuivuneet karmisivut ja yläkappaleet kuljetetaan heloitukseen. Heloituksessa karmeihin asennetaan saranat, vastaraudat, lukkorungot, tiivisteet ja alumiinipintaisiin oviin pelti. Heloituksen jälkeen karmit kasataan. Kasauksen jälkeen seuraava työvaihe ovituotannossa olisi oven kokoonpano, jossa valmiiksi kasattuihin karmeihin asennetaan ovilehti ja mahdolliset muut osat kuten lasi.

Prosessi on havainnollistettu alla olevalla kuviolla (KUVIO 1), jossa vihreään laatikkoon on merkitty ne työpisteet, joista saatiin kerättyä dataa tätä opinnäytetyötä varten. Punainen laatikko taas kuvaa työpistettä josta haluttiin dataa, mutta sitä ei saatu. Alkutuotannosta ei ollut tarkoitus kerätä dataa ollenkaan, vaan seuranta haluttiin aloittaa koneistuksesta.



KUVIO 2. Havainnoiva kuvio karmituotantoprosessin etenemisestä ja sen työvaiheista

5 HÄIRIÖTYYPPIEN SELVITTÄMINEN DMAIC-PROSESSIN AVULLA

Opinnäytetyön toteutus noudatti pitkälti Six Sigma -menetelmän DMAIC-prosessin vaiheita. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä avattiin aiemmin luvussa 3.1. Seuraavista alaluvuista käy ilmi, miten DMAIC-prosessia on hyödynnetty oven karmituotannon häiriötyyppien ja niiden määrien selvittämiseen.

5.1 Suunnittelu ja määrittely

Ennen mittausten aloittamista on suunniteltava ja määriteltävä valitun projektin toteutus ja mitä sillä tavoitellaan. Karmituotantoprosessin häiriöiden ja ongelmien selvittäminen päätettiin aloittaa, koska kohdeyrityksessä oli havaittu, että ovituotannossa juuri karmituotanto on liian hidasta muuhun tuotantoon verrattuna. Tämä näkyi etenkin heloitus- ja kasauspisteillä, joissa karmit loppuivat usein kesken. Projektin tarkoituksena olikin selvittää, mitä häiriöitä ja ongelmia tuotannossa esiintyy ja mitä näistä tulisi korjata ensimmäisenä virtauksen tehostamiseksi. Samalla saataisiin mahdollisesti parannettua tuotteiden laatua. Kuten muissakin Six Sigma -projekteissa, asiakkaan mielipiteet, toiveet ja vaatimukset olivat tärkeitä tässäkin projektissa. Asiakkaalle on tärkeää saada laadukkaita tuotteita ajoissa. Mikäli tuotannossa esiintyy häiriöitä ja ongelmia eikä virtaus ole riittävän tehokas ja sujuva, voi tämä aiheuttaa ongelmia tuotteiden toimitukseen ja laatuun. Miten nämä mahdolliset häiriöt ja ongelmat olisi helpointa selvittää? Ennen mittausvaihetta laadin mahdollisimman yksinkertaisen tavan datan keräämiseen kohdeyrityksen karmituotannosta.

5.2 Mittaus

Mittausvaihetta ryhdyttiin toteuttamaan tukkimiehenkirjanpidolla valmiiseen taulukkopohjaan, johon etukäteen tiedossa olevat tuotannossa esiintyvät häiriöt merkittiin valmiiksi kohdeyrityksen työntekijöiden kommenttien perusteella. Lisäksi taulukkoon jätettiin tyhjää tilaa muita häiriöitä ja huomioita varten. Jokaiselle työpisteelle eli karminkoneistukseen (LIITE 1), maalaukseen (LIITE 2), heloitukseen (LIITE 3) ja kasaukseen (LIITE 4) laadittiin oma työpistekohtainen pohjansa häiriöiden merkitsemistä varten.

Tavoitteena oli kerätä dataan ensin kahden viikon ajalta, minkä jälkeen oli tarkoitus arvioida, onko mittausvaihetta tarpeen jatkaa. Kaksi viikkoa valittiin ajaksi yrityksen toiveen perusteella ja vasta myöhemmissä vaiheissa selvisi, saatiinko dataa riittävästi. Mittausvaihe ei kuitenkaan aluksi onnistunut toivotulla tavalla, eikä dataa saatu kerättyä riittävästi analysointia varten. Järjestimme uuden palaverin, jossa kävimme läpi asian tärkeyden tuotannon työntekijöille ja teimme pieniä muutoksia taulukkopohjaan. Tämän jälkeen dataa kerättiin kahden viikon ajan, minkä jälkeen aloitin tulosten analysoinnin.

Mittausvaihe osoitti, että datan kerääminen kohdeyrityksen tuotannosta on haastavaa, koska sitä ei ole totuttu tekemään. Tätä olisi syytä kehittää, sillä oikeilla jatkuvasti käytössä olevilla mittareilla yrityksen johdon olisi mahdollista saada tuotannosta hyödyllistä ja tärkeää tietoa jatkuvan kehityksen takamiseksi. Mittarit sen sijaan täytyy pohtia sen mukaan, mitä tietoa halutaan ja mitä halutaan kehittää ja valvoa. Jatkuvasti käytössä olevien mittareiden lisäksi tai niiden ohella on myös mahdollista toteuttaa erilaisia projekteja, kuten tässä tapauksessa.

5.3 Analysointi

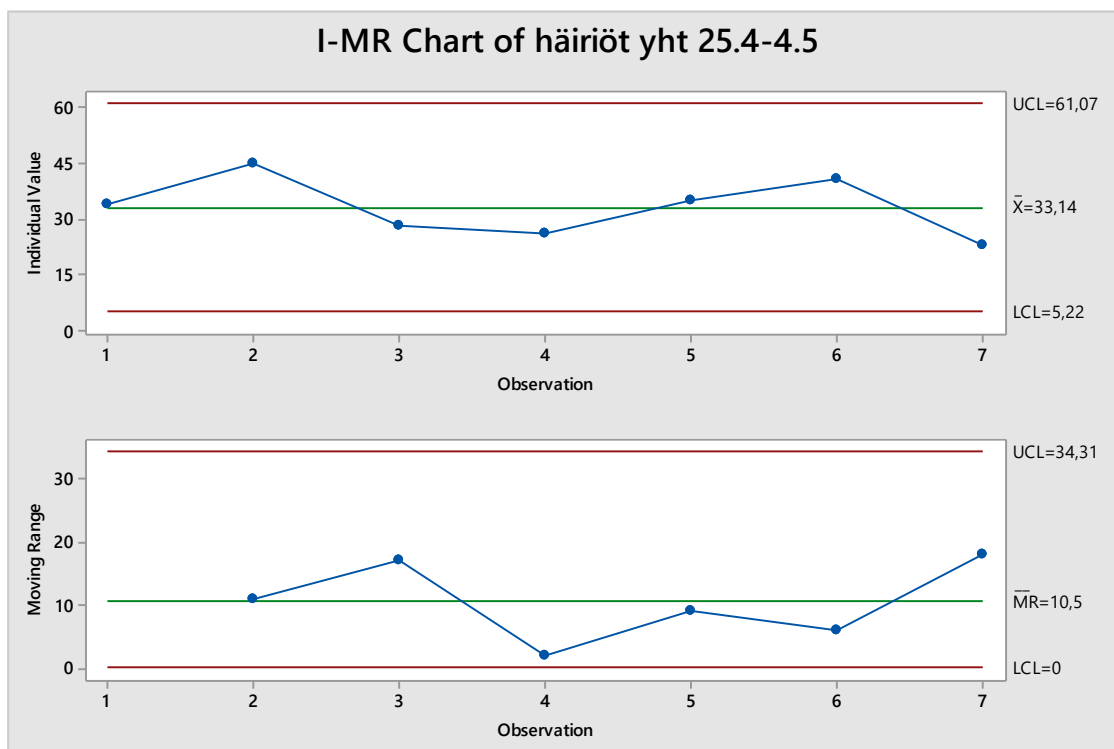
Analysointivaiheessa oli tarkoitus tutkia kerättyä dataa ja selvittää, mitä häiriötyyppejä tuotannossa esiintyy ja millä työpisteillä on eniten ongelmia. Näin saataisiin selville häiriöt, joiden parannus olisi ensisijaisinta ja mitkä työpisteet vaatisivat eniten kehittämistä. Analysointivaiheen yksi tarkoitus oli antaa varmistus siihen, oliko teoria siitä, että eniten ongelmia on karmikoneistuksessa ja maalauksessa oikea. Tämä hypoteesi oli luotu, koska oli havaittu, että heloitus- ja kasauspisteiltä karmit loppuvat usein kesken, mikä pahimmassa tapauksessa luo ongelmia myös loppukokoonpanoon. Tavoitteena olikin etsiä ne ydin- ja juurisyyt, jotka ongelman aiheuttavat. Analysoinnissa hyödynnän Minitab-ohjelmiston eri työkaluja, joiden avulla kerätty data saatiin havainnollistettua paremmin ja selkeämmin.

Tärkeimmät tässä työssä käytetyt Minitabin työkalut ovat I-MR-kortti sekä Pareto Chart ja Boxplot. I-MR-kortissa (KUVIO 3) ylempi kuvaaja, Individual Value, kuvaa häiriöiden tarkkoja määriä. Moving Range puolestaan on vaihtoehtoinen tapa esittää prosessin vaihtelua, jonka Minitab laskee kahden tai useamman peräkkäisen havainnon alueesta. Tässä opinnäytetyössä oli kuitenkin järkevämpi keskittyä vain Individual Valuen tarkasteluun. Kaaviossa on lisäksi kolme vaakaviiva, joista keskimäinen on vaihtelun keskiarvo ja uloimmat kuvaavat prosessin ylemmän ja alemman kontrollirajaa. Minitab laskee nämä rajat automaattisesti tai vaihtoehtoisesti ne voidaan asettaa itse.

Pareto Chart (KUVIO 4) on pylväsdiagrammi, josta näkee esiintyneiden häiriötyyppien kappalemäärän ja prosenttiosuuden kaikista häiriöistä sekä häiriöiden kumulatiivisen prosentin. Boxplotissa (KUVIO 5) sininen palkki kuvastaa 50% häiriöistä, jonka palkin sisällä oleva poikkiviiva jakaa puoliksi. Palkkien ulkopuolella olevat pystyviivat kuvaavat molemmat 25% häiriöistä, joista yhteensä tulee siis loput 50%. Edellä mainittujen alueiden ulkopuolella olevat tähdet kuvaavat yksittäisiä poikkeuksia.

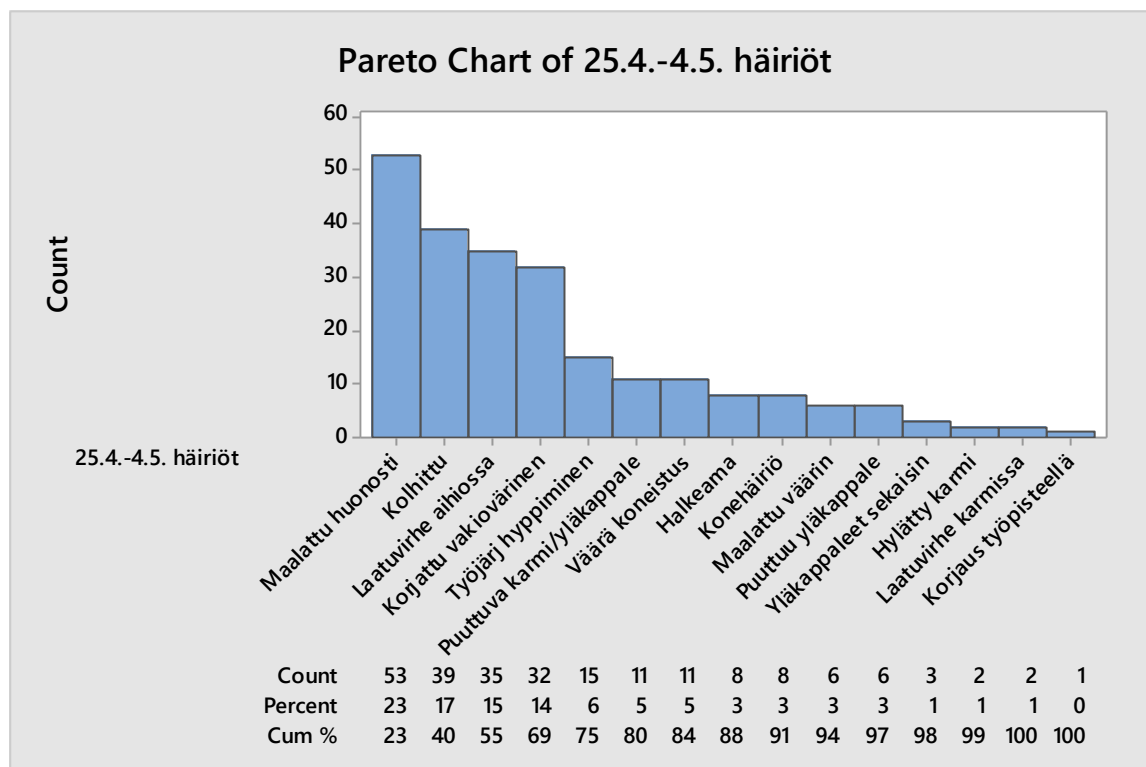
5.3.1 Kokonaisprosessin analysointi ja tarkastelu

Kokonaisprosessia tarkastellessa on huomattava, että datan keräys ei onnistunut täydellisesti eikä sitä voida pitää riittävän laajana, vaikka saatu tulos onkin suuntaa antava. Tarkoituksena oli kerätä dataa vähintään 10 työpäivän ajan, mutta lopulta dataa saatiin kerättyä samanaikaisesti kaikilta neljältä työpisteeltä vain 25.4.-4.5. välisenä aikana. Edellä mainittu ajanjakso sisälsi yhteensä seitsemän työpäivää. Tästä syystä johtuen jätin kokonaisprosessia tarkastellessa huomioimatta ne päivät, jolloin jokainen työpiste ei ollut kerännyt dataa, ettei tulos vääristyisi. Myöhemmissä vaiheissa, joissa dataa analysoitiin työpistekohtaisesti, huomioitiin kaikki työpisteellä kerätty data. Näin saatiin selville ongelmallisimmat työpisteet ja voitiin vertailla esiintyneiden häiriöiden määriä. Työpistekohtaisessa tarkastelussa taas päästiin mahdollisimman tarkasti tutkimaan työpisteen ongelmia.



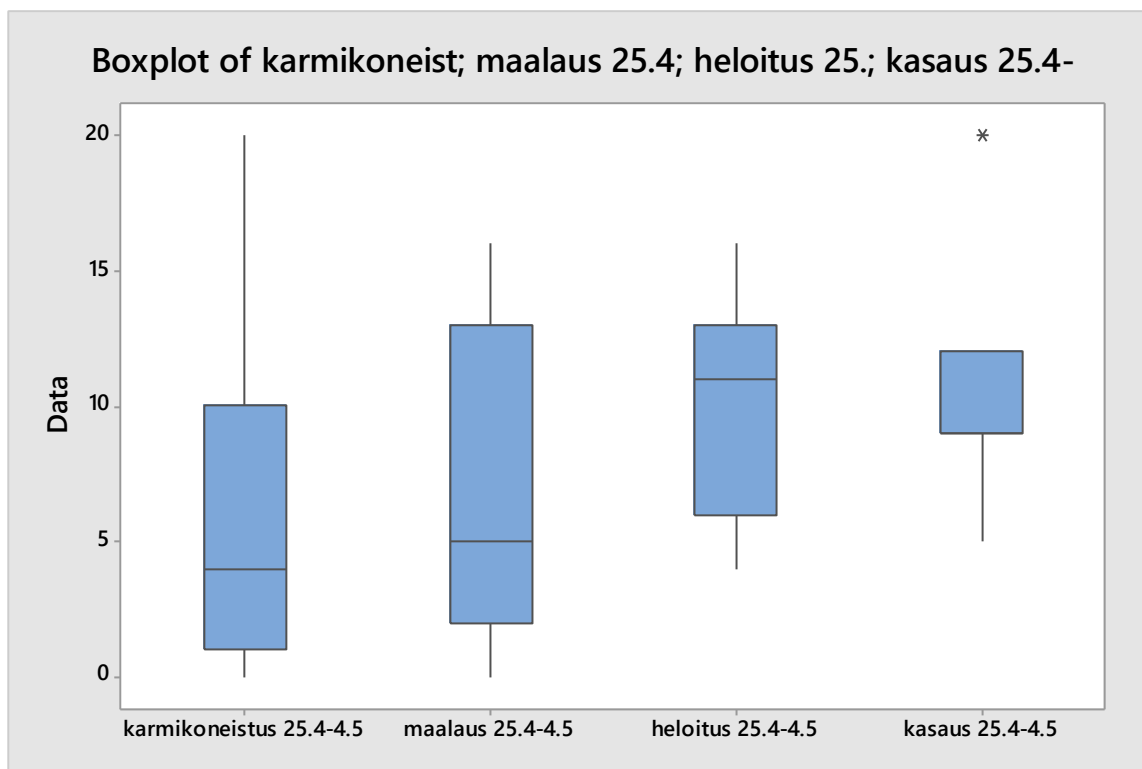
KUVIO 3. I-MR kortti häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana

I-MR-korttia (KUVIO 3) tarkasteltaessa nähdään karmituotannossa esiintyvien häiriömäärien päivittäisen vaihtelu. Minkään päivän häiriömäärä ei erotu selvästi, vaan kaikki pysyvät kohtuullisen lähellä keskiarvoa 33,14 häiriötä päivässä. Tästä voidaan siis päätellä, että suurempia, normaalista poikkeavia ongelmia ei seurantajakson aikana tuotannossa esiintynyt tai ne eivät ainakaan vaikuttaneet merkittävästi häiriöiden määriin. Häiriömäärien pienentäminen tulee aloittaa selvittämällä, mitä häiriöitä esiintyy eniten ja mitkä tekijät ne aiheuttavat. Tämän jälkeen ongelmiin voidaan reagoida ja aloittaa korjaavat toimenpiteet.



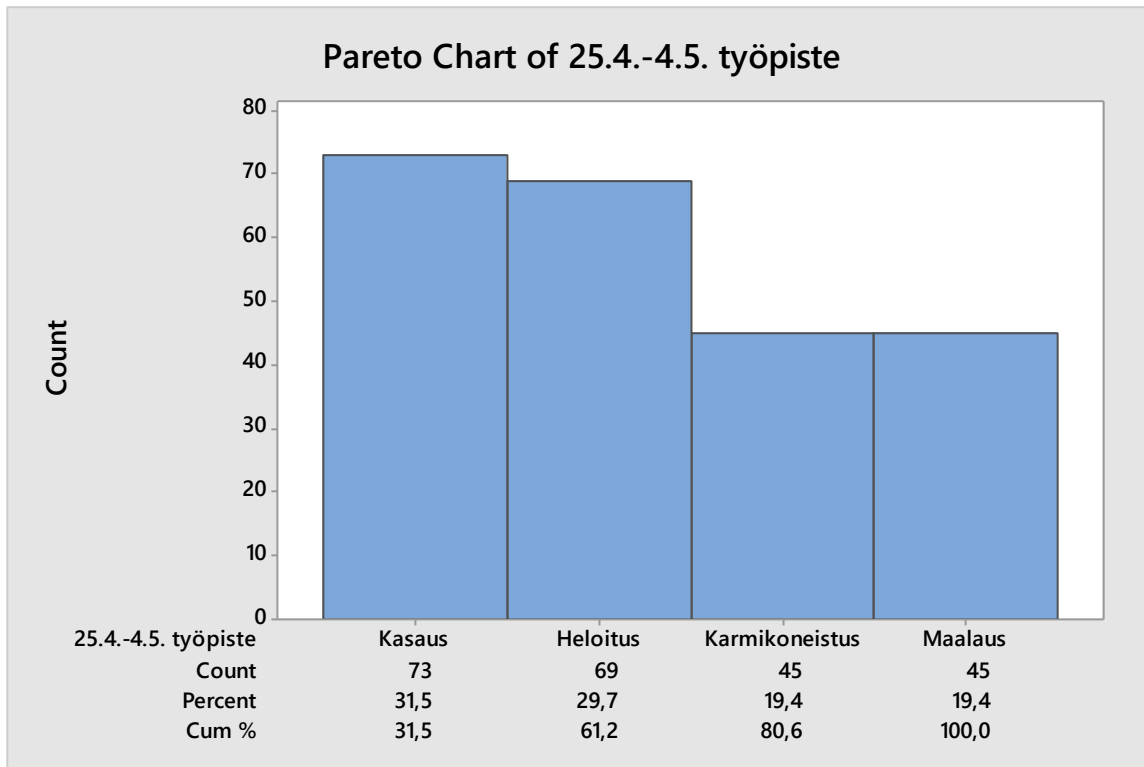
KUVIO 4. Pareto Chart häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana

Esiintyneiden häiriötyyppien määriä kuvaavan Pareto Chartin (KUVIO 4) mukaan peräti 69% esiintyneistä 232 häiriöstä jakautui neljän häiriötyypin välille. Jäljelle jääneet 31% jakautuivat 11 esiintyneelle häiriötyypille. Nämä neljä yleisintä häiriötyyppiä ovat maalattu huonosti, kolhittu, laatuvirhe aihiossa sekä korjattu vakiovärinen.



KUVIO 5. Boxplot häiriömäärien jakautumisesta työpisteiden välillä 25.4.-4.5. välisenä aikana

Boxplot (KUVIO 5) näyttää, miten häiriömäärät jakautuivat eri työpisteillä. Suurin päivittäinen vaihtelu oli karmikoneistuksessa, jossa vaihteluväli oli 0-20 häiriötä päivässä. Tasaisimmin häiriöitä oli kasauksessa, jossa yhtä päivää lukuun ottamatta päivittäinen häiriömäärä oli 5-12. Toiseksi tasaisin vaihtelu, 4-16 häiriötä päivässä, oli heloituksessa.

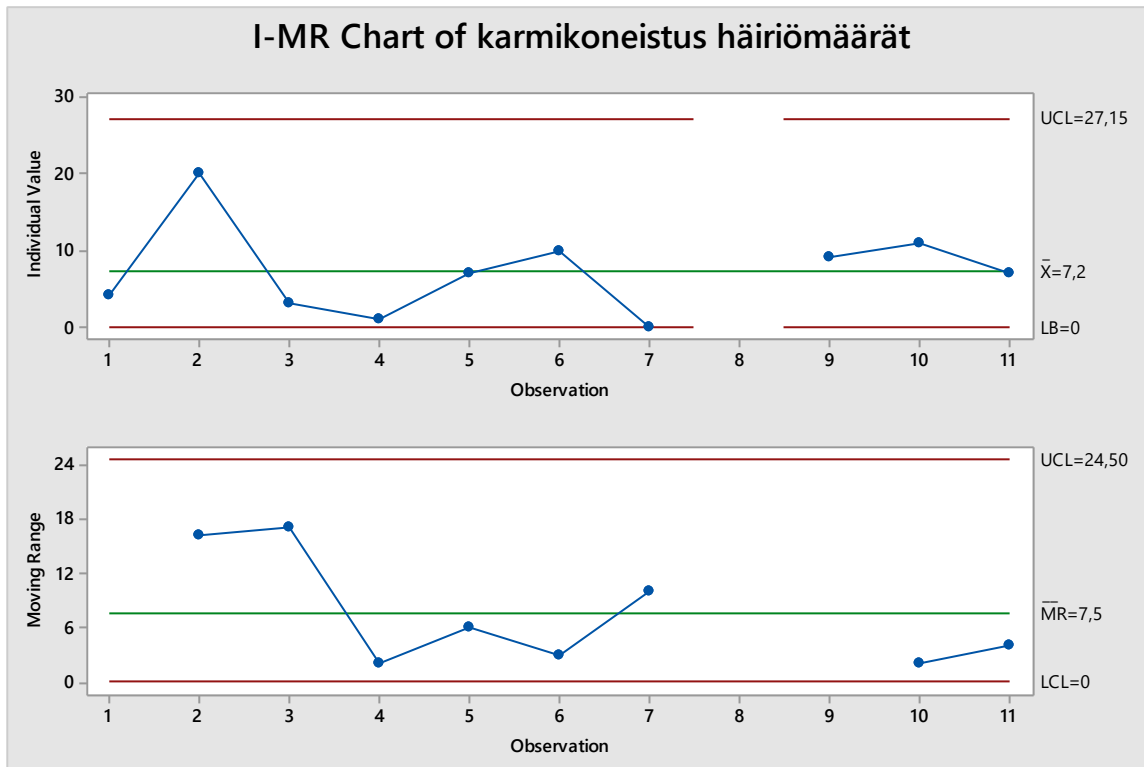


KUVIO 6. Pareto Chart häiriömääristä 25.4.-4.5. välisenä aikana työpisteittäin

Työpistekohtaisia häiriömääriä kuvaava Pareto Chart (KUVIO 6) osoittaa, että tasaisesta vaihtelusta huolimatta eniten häiriöitä seurantajakson aikana esiintyi juuri kasauksessa (31,5%) ja heloituksessa (29,7%). Karmikoneistuksessa ja maalauksessa molempien prosentuaalinen häiriömäärä kaikista 232 esiintyneistä häiriöistä seurantajakson aikana oli 19,4%. Kokonaisprosessin tarkastelu siis osoittaa, että neljä selvästi yleisintä häiriötyyppiä ovat huonosti maalattu ja kolhittu karmi, karmiaihion laatuvirhe sekä vakiovärisen korjausmaalaus.

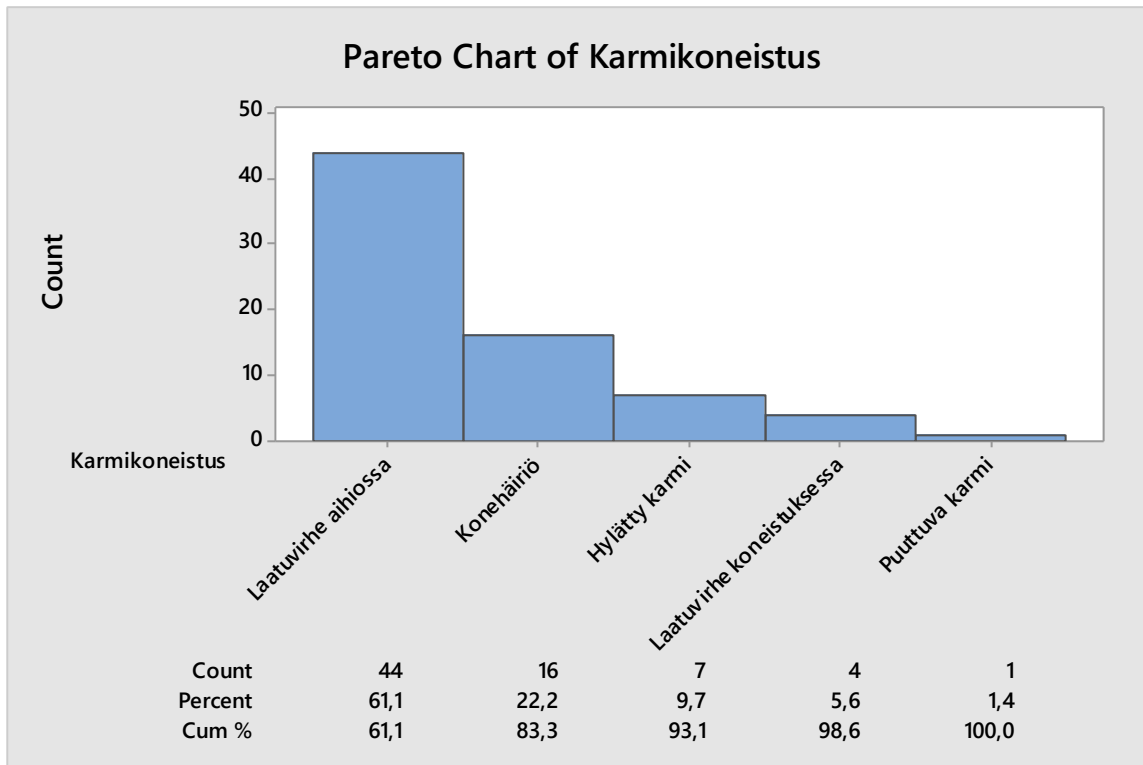
5.3.2 Karmikoneistuksen analysointi

Karmikoneistuksen analyysissä syvennytään häiriömääriin päivittäin, häiriötyyppien määriin seurantajakson aikana sekä tarkastellaan häiriömäärien vaikutusta tuotantoon. Analyysiin saatiin dataa yhtä päivää lukuun ottamatta aikaväliltä 25.4.-10.5. Karmikoneistus on ainut työpiste, jonka analyysissä voitiin tarkastella häiriömäärien vaikutusta tuotantomääriin, sillä muilta työpisteiltä ei saatu tietoon tuotantomääriä tai tuotanto- ja häiriömäärät eivät jostain syystä ole verrattavissa keskenään.



KUVIO 7. I-MR –kortti karmikoneistuksen häiriömääristä

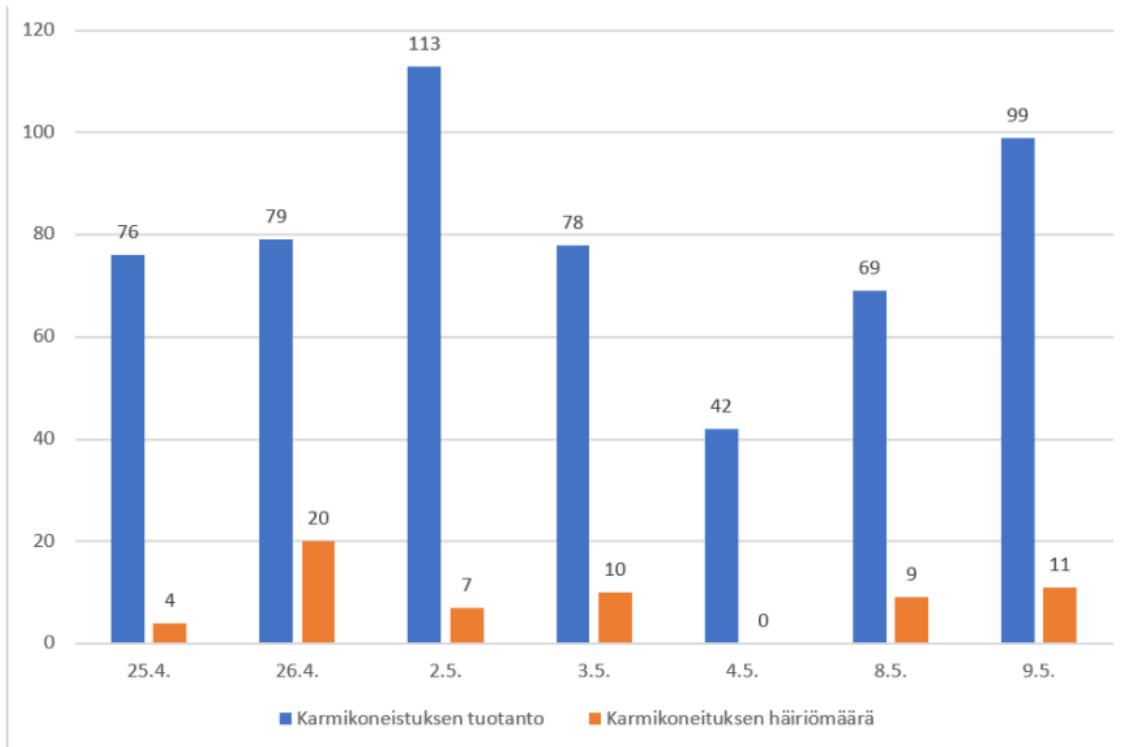
I-MR-kortti (KUVIO 7) osoittaa, että päivittäinen vaihteluväli seurantajakson aikana oli 0-20 häiriötä päivässä. Keskimäärin häiriötä esiintyi päivittäin 7,2. Mikäli tilastot otetaan samoilta päiviltä kuin kokonaisprosessin tarkastelussa, silloin vaihteluväli pysyy samana, mutta keskiarvo on 6,4 häiriötä päivässä.



KUVIO 8. Pareto Chart karmikoneistuksen häiriöistä

Kymmenen työpäivän aikana karmikoneistuksessa esiintyi yhteensä 72 häiriötä. Pareto Chartista (KUVIO 8) nähdään, että selvästi eniten, hieman yli 60% kaikista häiriöistä oli karmiaihion laatuvirheitä. Suuresta aihioden laatuvirheiden määrästä huolimatta vain seitsemän karmia hylättiin. Laatuvirheet aihioissa ja koneistuksessa sekä hylätyt karmit aiheuttavat aina ylimääräistä työtä. Lähes aina niitä joudutaan joko korjaamaan tai pahimmassa tapauksessa jopa tekemään kokonaan uusi karmi ja tämä aika on pois tuotannosta. Konehäiriöiden vaikutusta on mahdotonta mitata pelkkien määrien avulla, vaan tarvittaisiin myös jokaisen häiriön kesto. Joissain tapauksissa häiriö voi kestää useita tunteja, jolloin koko tuotanto kyseisellä työpisteellä pysähtyy tai häiriö voi olla hyvinkin lyhytkestoinen eikä merkittävästi vaikuta tuotantoon.

Yleisin häiriö karmiaihion laatuvihe voidaan paikantaa höyläykseen ja materiaalin laatuongelmiin. Tarkemman tiedon saamiseksi täytyisi selvittää, millaisia laatuvirheitä havaittiin, jotta niihin voitaisiin reagoida ja aloittaa korjaavat toimenpiteet.



KUVIO 9. Karmikoneistuksen tuotannon ja häiriömäärien vertailu

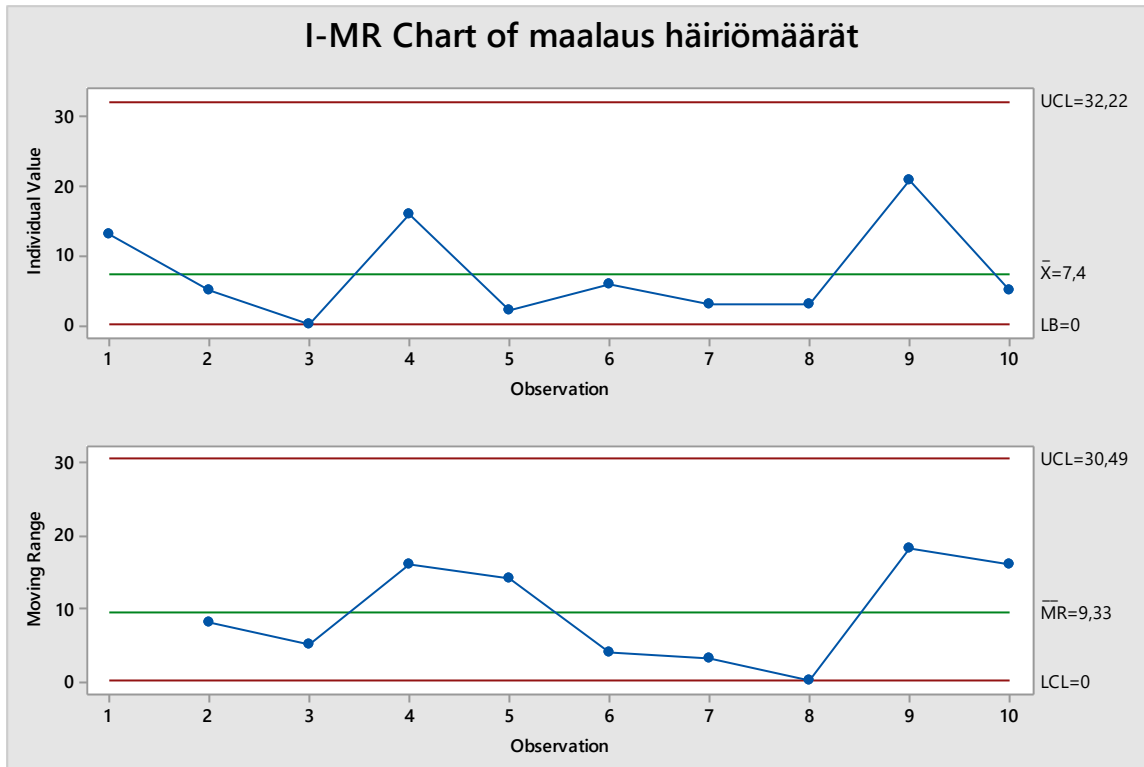
Karmikoneistuksen tuotanto- ja häiriömääriä verrattaessa (KUVIO 9) ei ole havaittavissa, että päivän aikana esiintyneiden häiriöiden määrä vaikuttaisi selvästi päivän tuotantoon. Kyse onkin enemmän häiriöiden laadusta eli esimerkiksi siitä, kuinka kauan konehäiriö vie aikaa ja hidastaa tuotantoa. Lisäksi työt ja työpäivät ovat erilaisia. Mikäli työpäivään kuuluu paljon erilaisia töitä, joiden välillä täytyy vaihtaa koneen asetuksia, hidastaa tämäkin tuotantoa, vaikka häiriöstä ei olekaan kyse.

Jotta häiriöiden vaikutusta tuotantoon voisi analysoida tarkemmin, täytyisi niistä tietää enemmän kuin pelkät määrät. Etenkin konehäiriöiden osalta täytyisi tietää myös, kuinka kauan aikaa häiriöihin kuluu ja joudutaanko sen takia tuotanto keskeyttämään kokonaan, kunnes häiriö on korjattu. Konehäiriöiden pituus voi vaihdella hyvinkin paljon, minuuteista tunteihin tai jopa päiviin. Yksi ajallisesti pitkä häiriö voi siis kestää pidempään kuin esimerkiksi viisi lyhyttä, jolloin tämä yksi häiriö on kuitenkin aiheuttanut tuotantoon enemmän ongelmia.

5.3.3 Maalauksen analysointi

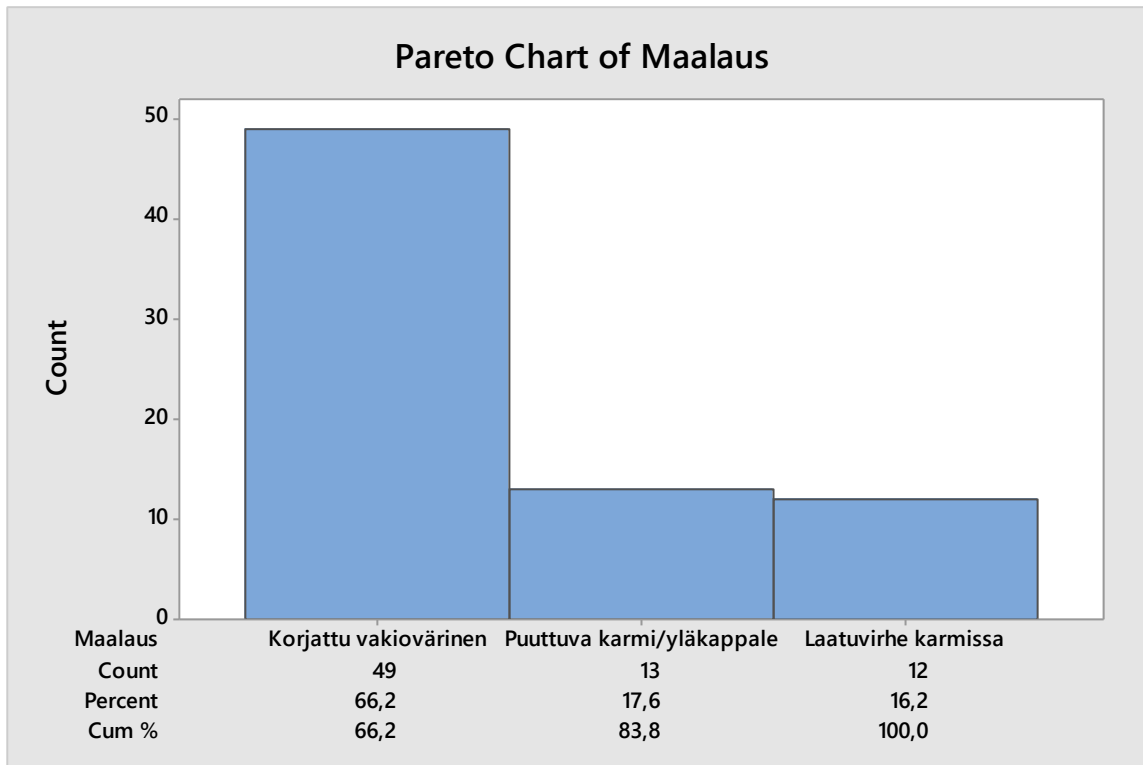
Maalauksen analyysissä keskitytään vain päivittäisiin häiriömääriin ja eri häiriötyyppien määriin seurantajakson aikana. Seurannan aikana merkittiin vain käsiruiskulla maalattavien erikoisväristen tuotanto,

eikä ole huomioitu linjalla menevien valkoisten tuotantoa. Lisäksi käsiruiskulla päiväkohtainen tuotantomäärä vaihtelee paljon sen mukaan, millaisia töitä on päivittäin, ja häiriötyypeissä havaittiin myös vakiovärisen korjaus, joka sisältää valkoiset karmit, joten tuotanto- ja häiriömääriä on mahdoton vertailla.



KUVIO 10. I-MR –kortti maalauksen häiriömääristä

I-MR-kortin (KUVIO 10) mukaan maalauksesta saatiin kerättyä dataa kymmenen työpäivää. Seurantajakson keskiarvo oli 7,4 häiriötä päivässä ja päivittäinen häiriömäärä vaihteli 0-21 välillä. Kokonaisprosessin tarkastelun ajankohtana vaihteluväli oli 0-16 ja keskiarvo 6,4.

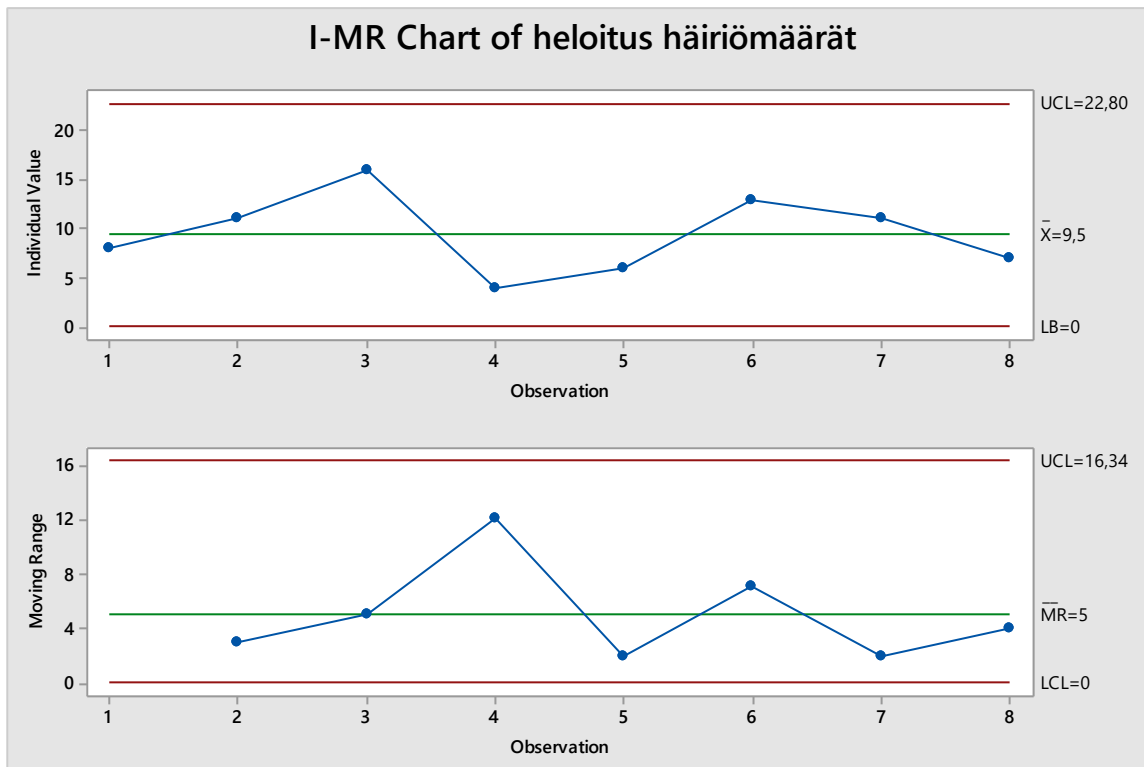


KUVIO 11. Pareto Chart maalauksen häiriöistä

Pareto Chart (KUVIO 11) osoittaa yhden häiriötyypin olevan selvästi muita yleisempi. Datan keräyksen aikana havaittiin vain kolme häiriötyyppiä, joista hieman yli 66% oli korjattuja vakiovärisiä. Päivän aikana korjaus maalataan siis keskimäärin lähes viisi vakioväristä karmia. Tässä vaiheessa ei ole tiedossa, onko korjauksen tarve huomattu jo maalaamossa vai onko karmit/yläkappaleet tuotu seuraavilta työpisteiltä. Puuttuvia karmeja/yläkappaleita ja karmin laatuvirheitä esiintyi huomattavasti vähemmän.

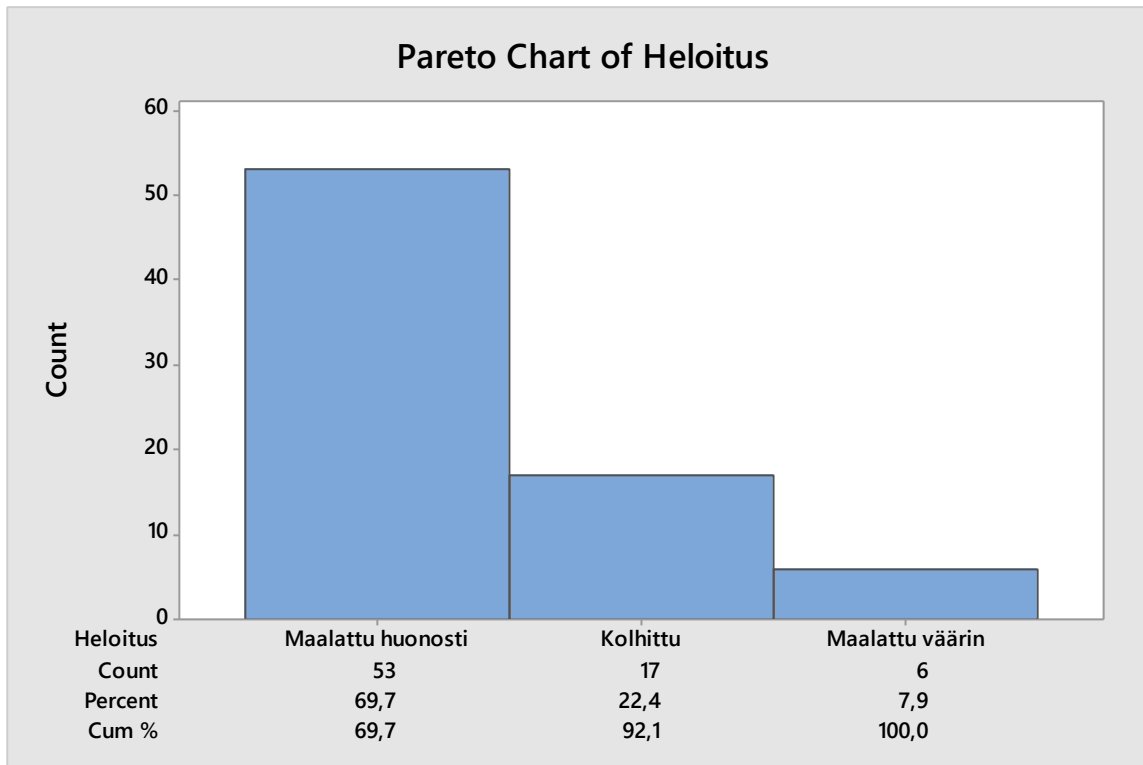
Yrityksessä vakiovärisiin karmeihin lasketaan linjalla maalattavan valkoisen lisäksi kaksi käsiruiskulla maalattavaa väriä. Datasta ei kuitenkaan käy selville, onko korjaustarpeita ollut enemmän linjalla vai käsiruiskulla maalattavissa karmeissa ja yläkappaleissa. Tässä vaiheessa ei myöskään ole selvillä, mistä syystä karmeja on jouduttu korjaamaan. Tämä täytyy selvittää ennen kuin voidaan aloittaa toimenpiteet korjaustarpeen pienentämiseksi.

5.3.4 Heloituksen analysointi



KUVIO 12. I-MR-kortti heloituksen häiriömääristä

Heloituksen I-MR-kortti (KUVIO 12) havainnollistaa heloituksen häiriömäärät seurantajakson aikana. Dataa kertyi kahdeksalta työpäivältä keskimääräisen häiriömäärän ollessa 9,5. Vaihteluväli näiden kahdeksan työpäivän aikana oli 3-16 eli tuotantoa häiritseviä tekijöitä esiintyi päivittäin. Kokonaisprosessin tarkastelun ajanjakson aikana vaihteluväli oli sama ja keskiarvo lähes 9,9.

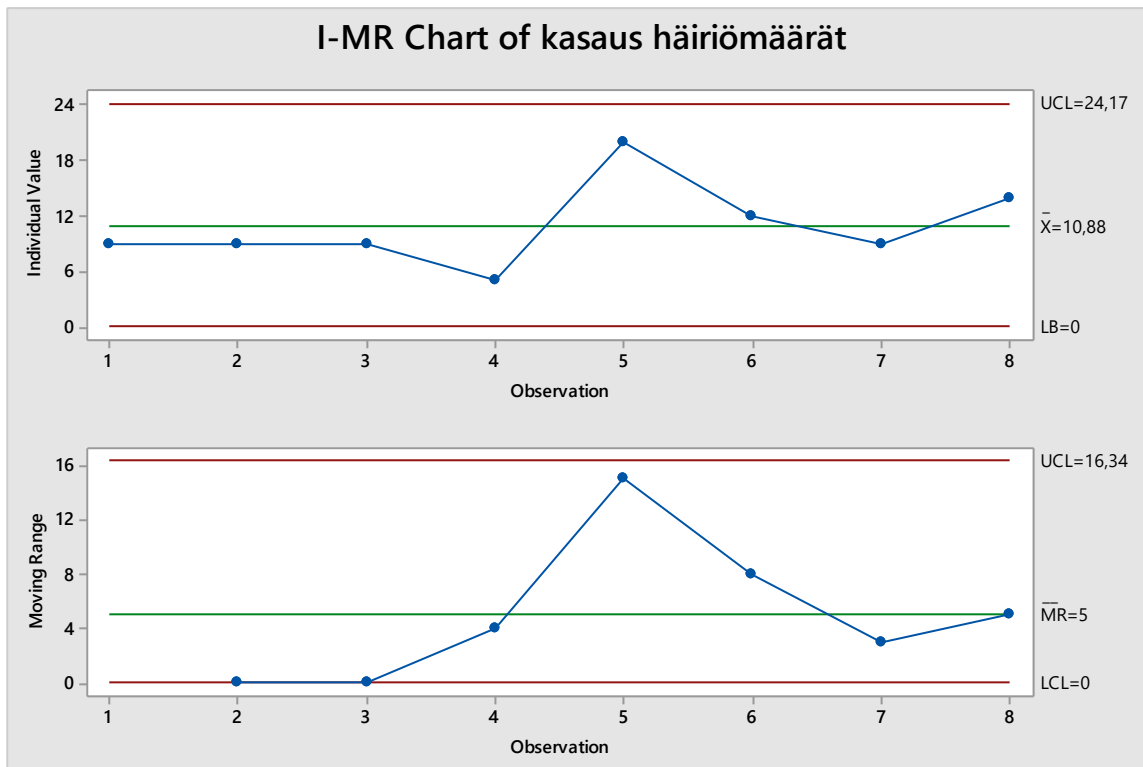


KUVIO 13. Pareto Chart heloituksen häiriötyypeistä

Kuten maalausta käsittelevässä kappaleessa myös heloituksen häiriötyypeistä laadittu Pareto Chart (KUVIO 13) osoittaa, että yksi häiriötyyppi oli selvästi yleisempi kuin muut. Huonosti maalattujen karmien osuus kaikista heloituspisteen häiriöistä oli peräti lähes 70% eli päivää kohti 6,6 karmia. Tämän perusteella voidaan olettaa, että heloituksesta on viety useita karmeja korjattavaksi maalaamoon ja niitä on mahdollisesti korjattu myös heloituspisteellä. Kolhittuja ja väärin maalattuja esiintyi huomattavasti vähemmän.

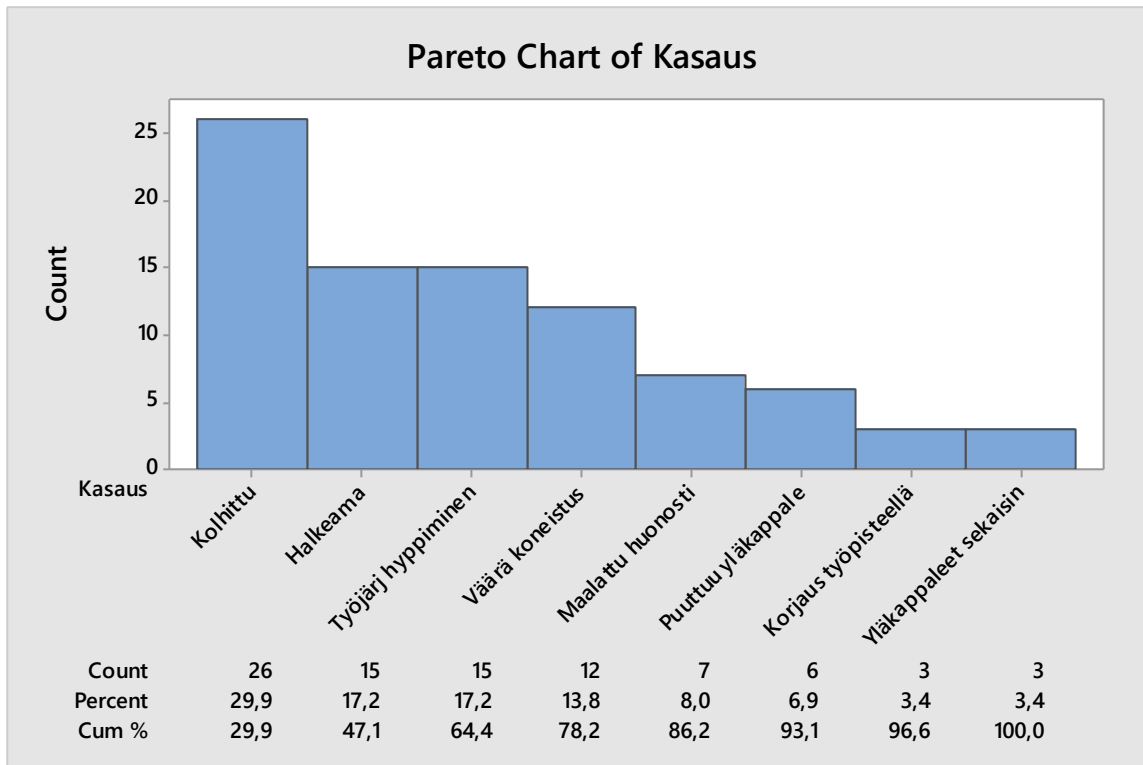
Kaikki havaitut häiriötyypit vaativat karmin korjauksen. Huonosti ja väärin maalatut karmit osoittavat, että maalauksessa on ollut ongelmia. Häiriöiden datankeräyksen ohella heloituksesta huomattiin erityisesti, että huonosti maalatuissa karmeissa vika on lähes poikkeuksesta karmin valssin vähäinen maali-määrä. Yleisimmin tämä vika esiintyy linjalla maalattavissa valkoisissa karmeissa. Väärin maalaus voi johtua joko maalaamon virheestä tai karmikoneistuksessa tehdystä virheellisestä merkinnästä, jonka mukaan maalarit maalaavat karmit. Karmeissa esiintyvien kolhujen suhteen täytyy tehdä vielä tarkempia selvityksiä, mistä kolhut aiheutuvat. On mahdollista, että kolhut ovat syntyneet jo ennen maalausta tai maalauksen jälkeen, kun karmeja puretaan pois maalauslinjalta. Yleensä maalatut karmisivut lastataan niille suunniteltuihin kärryihin, mutta myös poikkeuksia voi tapahtua ja karmit lastataan lavalle mahdollisesti useampaan kerrokseen, jolloin kolhuja ja painaumuksia voi syntyä herkemmin.

5.3.5 Kasauksen analysointi



KUVIO 14. I-MR-kortti kasauksen häiriömääristä

I-MR-kortin (KUVIO 14) mukaan seurantajakson aikana kasauksessa esiintyi eniten häiriöitä muihin työpisteisiin verrattuna. Kahdeksan päivän aikana häiriöitä esiintyi keskimäärin 10,88 ja vaihteluväli oli 5-20. Kokonaisprosessin tarkastelun ajanjakson aikana esiintyi keskimäärin 10,4 häiriötä päivässä ja vaihteluväli pysyi samana.



KUVIO 15. Pareto Chart kasauksen häiriötyypeistä

Kuten Pareto Chart (KUVIO 15) osoittaa, kasauksessa esiintyi eniten, yhteensä kahdeksan erilaista häiriötyyppiä. Neljän yleisimmän häiriötyypin (kolhittu yläkappale, halkeama, työjärjestyksessä hyppiminen ja väärä koneistus) osuus kaikista häiriöistä oli 78,2%, joista selvästi eniten oli kolhittuja yläkappaleita. Kolhittujen yläkappaleiden osuus kaikista esiintyneistä häiriötyypeistä oli seurantajakson aikana 29,9%.

Kasauksen yleisin häiriötyyppi eli kolhittu yläkappale aiheutuu luultavasti samasta syystä, kun karmisivujen kolhut. Toisin kuin karmisivut, yläkappaleet lastataan aina lavoille ja useaan kerrokseen, joka voi olla syy siihen, miksi kolhuja esiintyy näin paljon. On myös mahdollista, että kolhut voivat syntyä ennen maalausta. Seuraavaksi olisi kuitenkin tärkeintä selvittää tarkemmin syy, mistä kolhut todellisuudessa johtuvat ja keksiä ratkaisu, miten niitä voidaan vähentää. Tämän jälkeen voidaan keskittyä muihin häiriötyyppeihin ja ennen kaikkea kaikista yleisimpiin. Halkeaman suhteen ei datan keräyksessä saatu sen enempää tietoa siitä, halesiko yläkappale kasauksen yhteydessä vai oliko halkeama syntynyt jo aiemmin. Koska materiaalina on puu, on halkeamiset haastavaa estää kokonaan, mutta niitä voidaan kuitenkin ehkäistä oikeilla toimenpiteillä. Työjärjestyksessä hyppimisen aiheuttaa useimmiten se, että työstä puuttuu jotain osia, jolloin sitä ei voi tai ei kannata tehdä, jos puutteet ovat ovilinjalla. Näitä yleisimpiä puuttuvia osia ovat esimerkiksi karmit, yläkappaleet, alumiinit, lasit ja ovilehdet. Sujuva tuotanto vaatii,

että oikeat osat ja materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Väärä koneistus tarkoittaa kasauksessa yläkappaleen aukipitolaitteen koneistusta, joka on tehty väärään paikkaan. On myös mahdollista, että koneistus on tehty turhaan tai se on jäänyt puuttumaan.

5.3.6 Yhteenveto analysointivaiheesta

Seurannan aikana karmituotannossa havaittiin yhteensä 15 erilaista häiriötyyppiä, joista neljä erottui muista määrällisesti. Kokonaisprosessin tarkastelun ajanjakson aikana karmituotannossa esiintyi keskimäärin noin 33 häiriötä päivässä. Kun koko tuotantoprosessin päiväkohtainen häiriömäärien keskiarvo lasketaan työpistekohtaisessa tarkastelussa saatujen arvojen perusteella, niin keskiarvo on noin 35. Tarkempaa ja paremmin todellisuutta vastaavaa tulosta varten täytyisi dataa kerätä pidemmältä ajalta. Mikäli datan keräys olisi jatkuvaa, olisi helpommin myös havaittavissa mahdollisten tuotantoon tehtävien muutosten vaikutus.

Tätä opinnäytetyötä varten kerätty data osoittaa, että eniten ongelmia on maalaamossa. Vaikka heloituksessa ja kasauksessa esiintyi määrällisesti selvästi enemmän häiriöitä kuin karmikoneistuksessa ja maalauksessa, niin silti kahdella neljästä häiriötyypistä (maalattu huonosti ja korjattu vakiovärinen) on suora yhteys maalaamoon, ja tämän lisäksi voidaan myös vahvasti epäillä, että kolhut tulevat maalaamossa. Kolhujen syntymistä täytyy toki tutkia vielä tarkemmin, sillä niitä voi tulla myös alkutuotannossa ennen maalausta.

5.4 Karmituotantoprosessin parannus ja optimointi

Seuraavassa DMAIC-prosessin vaiheessa yrityksen tulisi erilaisia kokeita käyttämällä etsiä ratkaisuja ydin- ja juurisyiden, eli tässä tapauksessa neljän yleisimmän häiriötyypin esiintyvyyden vähentämiseen. Parannus ja optimointivaihe on selitetty tarkemmin luvussa 3.1.4, mutta tiivistettynä siinä koesuunnittelun avulla luodaan teoria vaihtelua aiheuttavista tekijöistä, jotka testien avulla muutetaan tilastolliseksi ongelmaksi ja teorioiden oikeellisuus hylätään tai hyväksytään. Toisin sanoen etsitään kokeilemalla ja soveltamalla ratkaisuja, joilla häiriöiden määriä voidaan vähentää. Testattujen toimenpiteiden ja suunnitelmien avulla saadun ratkaisun lisäksi tämä vaihe antaa suunnitelman, miten saavutettuja tuloksia voidaan arvioida seuraavassa vaiheessa.

5.5 Karmituotantoprosessin ohjaus ja valvonta

Viimeinen vaihe DMAIC-prosessissa on ohjaus ja valvonta, josta on kerrottu enemmän luvussa 3.1.5. Tiivistettynä tässä vaiheessa sovelletaan edellisen vaiheen ratkaisuja ja pyritään varmentamaan saavutettujen tulosten pysyvyys käyttämällä hyödyksi erilaisia prosessijohtamisen ja laatujohtamisen mittareita, suunnitelmia, menetelmiä, ohjeita ja standardeja. Tavoitteena on arvioida tehtyjä ratkaisuja ja luoda suuntaviivat prosessin jatkuvalla parantamiselle. Lisäksi saadaan aikaan menetelmä, jota voidaan mahdollisesti hyödyntää ja soveltaa muissakin prosesseissa. Tässä tapauksessa siis seurataan jatkuvasti tuotantoa ja saadaan reaaliaikaisesti tietoon, kuinka paljon häiriöitä ja poikkeamia milläkin työpisteellä tuotannossa esiintyy.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön toteutus alkoi aiheen valinnalla. Tarkoituksen oli löytää kohdeyritystä hyödyttävä aihe ja ovien karmituotannon häiriötyyppien selvittäminen valikoitui aiheeksi yrityksen havainnon perusteella, jonka mukaan ovien karmituotanto ei ole riittävän tehokasta muuhun tuotantoon verrattuna ja siinä esiintyi muitakin ongelmia. Kuten johdannossa kerroin, tarkoitus oli löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Miksi karmituotanto ei ole riittävän tehokasta? Millä työpisteillä on eniten ongelmia? Mitä hidastavia tekijöitä eli häiriötyyppejä ja poikkeamia tuotannossa esiintyy? Mitkä ovat yleisimpiä häiriötyyppejä? Mihin asioihin tulevaisuudessa täytyy kiinnittää huomiota ja etsiä toimivia kehittäviä toimenpiteitä, jotta tuotanto olisi sujuvampaa?

Opinnäytetyö seurasi pitkälti DMAIC–prosessin vaiheita. Aiheen valinnan, rajauksen ja datan keräyksen sekä opinnäytetyön toteutuksen suunnittelun jälkeen vuorossa oli itse datan keräys. Datan keräyksessä ilmeni ongelmia, sillä se ei aluksi onnistunut ja se jouduttiin aloittamaan uudestaan, koska dataa ei saatu lähellekään riittävästi. Toisella kerralla dataa saatiin jo enemmän, mutta otantaa olisi silti pitänyt saada pidemmältä ajalta, jotta olisi saatu kokonaisvaltainen ja tarkempi kuva tuotannon tilasta. Analyysivaihe tarjoaa kuitenkin suuntaa antavan kuvan siitä, millä työpisteillä on eniten ongelmia ja mitkä ovat yleisimmät häiriötyypit ja poikkeamat, jotka vaativat eniten korjaavia toimenpiteitä.

Analyysivaiheessa karmituotannosta kerätty data muokattiin helpommin ymmärrettävään muotoon Minitab–ohjelman avulla. Laadituista kuvioista on nähtävillä kaikki tuotannossa esiintyneet häiriötyypit ja niiden määrät ja jakautuminen eri työpisteille. Lisäksi tarkastellaan työpistekohtaisesti työpisteellä esiintyneiden häiriötyyppien määriä.

Vaikka määrällisesti eniten häiriöitä esiintyi karminkasauksessa ja heloituksessa, analyysivaiheessa havaittiin kuitenkin, että eniten ongelmia olisi maalauksessa. Erilaisia häiriötyyppejä havaittiin tuotannossa 15, joista neljä selvästi muita yleisempiä olivat maalattu huonosti, kolhittu, laatuvirhe aihiossa ja korjattu vakiovärinen. Seuraavat vaiheet yrityksessä olisi DMAIC–prosessin vaiheita seuraten parannus ja optimointi sekä ohjaus ja valvonta. Tiivistettynä siis täytyisi etsiä keinoja, joilla yleisimpien häiriötyyppien ja poikkeamien määriä voidaan vähentää sekä luoda menetelmä häiriöiden vakituiseen seuraamiseen. Vakituinen häiriömäärien seuraaminen näyttää, ovatko parannukset toimineet ja jatkossa nähdään heti, jos jollain työpisteellä alkaa esiintyä erityisen paljon jotain häiriöitä ja poikkeamia. Reaaliaikainen tuotannon seurauksen ohjaus ja valvonta mahdollistavat sen, että ongelmiin ja vaihteluun voidaan

reagoida nopeasti. Mielestäni opinnäytetyö vastasi kaikkiin näihin kysymyksiin ja antoi ohjeet siihen, mitkä olisivat seuraavat vaiheet. Näiden seuraavien vaiheiden yksityiskohtainen suunnittelu ja toteutus jäävät kuitenkin yrityksen vastuulle, jotta löytyisi juuri heille sopiva ja toimiva ratkaisu.

LÄHTEET

- Ihalainen, P. & Hölttä, T. 2001. Six Sigma pähkinänkuoressa. Tampere: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean: Ratkaisu Tehokkuusparadoksiin. 6.painos. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2002. Six Sigma: Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Kolmas painos. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Quality Knowhow Karjalainen. a. Tätä on Lean. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>. Viitattu 19.4.2017.
- Quality Knowhow Karjalainen. b. Lean-työkalut. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/lean-tyoekalut/>. Viitattu 27.4.2017.
- Quality Knowhow Karjalainen. c. Esteiden teoria (TOC). Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>. Viitattu: 15.11.2017.
- Quality Knowhow Karjalainen. d. Arvovirtakuvaus (VSM). Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/arvovirtakuvaus-vsm/>. Viitattu: 22.4.2017.
- Quality Knowhow Karjalainen. e. Vaihtelu ja PDCA. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/>. Viitattu: 13.4.2018.
- Quality Knowhow Karjalainen. f. Six Sigma. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/>. Viitattu: 21.12.2017.

Karmikoneistus **Pvm.** **Tuotantomäärä**

Konehäiriö	Laatuvirhe alhiossa	Laatuvirhe koneistuksessa	Virhe työpapereissa	Puuttuva karmi
Hylätty karmi				

Muita huomioita:

Maalaus

Pvm.

Tuotantomäärä sivut (kpl):

yläkappaleet (kpl):

Valk. ja erik. värit sekaisin	Laatuvirhe karmissa	Puuttuva karmi/yläkappale	Korjatut vakioväriset	Virheitä/puutteita merkinnoissa

Muita huomioita:

Heloitus		Pvm.	Tuotantomäärä			
Maalattu huonosti		Maalattu väärin	Kolhittu	Korjaukseen maalaamoon	Korjaus työpiisteellä	
Karmit sekaisin kärryssä		Väärä koneistus	Puuttuu karmi			

Muita huomioita:

Kasaus		Pvm.	Tuotantomäärä		
Maalattu huonosti		Maalattu väärin	Kolhittu	Korjaukseen maalaamoon	Korjaus työpisteellä
Yläkappaleet sekaisin		Väärä koneistus	Puuttuu yläkappale		

Muita huomioita: