

Milla Kallioinen

VALUTYÖKALUJEN LÄMPÖTILAN VAIKUTUS TUOTTEEN  
LAATUUN

Tuotantotalouden koulutusohjelma  
2019

# VALUTYÖKALUJEN LÄMPÖTILAN VAIKUTUS TUOTTEEN LAATUUN

Kallioinen, Milla  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Toukokuu 2019  
Ohjaaja: Rastas-Tuominen, Johanna  
Sivumäärä: 36  
Liitteitä: 7

Asiasanat: messinki, valu, lämpötila

---

Opinnäytetyön aiheena on tutkia messinkivalussa käytettävien valutyökalujen lämpötilan vaikutusta valukappaleen pinnanlaatuun. Tutkittavaksi valukappaleeksi valikoitui suurivolyyminen hanarunko 199209.

Aiheen valintaan vaikutti myös aikaisemmat tutkimukset, jotka oli tehty vuosien 1992–1996 välisenä aikana. Tutkimuksissa saatu tulos antoi viitteitä korkeamman työkalulämpötilan olevan vaikutukseltaan positiivinen valukappaleiden onnistumiselle. Nykyisin käytössä olevassa työohjeessa on kuitenkin matalampi valulämpö.

Tutkimus tehtiin kolmella eri koelämmöllä normaalin valutuotannon aikana. Testauksessa oli 120 asteen, 130 asteen ja 140 asteen valutyökalujen lämpötilat. Koe-erien toteuttaminen sujui jouhevasti ja erät valmistuivat tuotannosta kahden viikon aikana.

Tutkimustulosten tulkinnassa tuli haasteita ja tulokseksi saatiin enemmänkin koe-erätoiminnan kehittämis ehdotuksia, kuin työkalujen lämpötilaan liittyvää muutoksiin johtavaa tietoa. Kehittämis ehdotuksen jatkona tuli myös harkita tuottavuuden nimessä projektihenkilöä, joka voisi kehittää ja kerätä tuotannon aikaista tietoa kappaleiden valmistettavuudesta.

## OPINNÄYTETYÖN NIMI ENGLANNIKSI

Kallioinen, Milla

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Industrial Management.

May 2019

Supervisor: Rastas-Tuominen, Johanna

Number of pages: 36

Appendices: 7

Keywords: brass, casting, temperature

---

The purpose of this thesis was to analyze effect of casting tool temperature on brass casting surface. Faucet body 199209 was chosen on this project because of high production volume.

Older thesis's made between years 1992-1996 had evidence better casting surface on higher casting tool temperature. These studies was also affecting choosing this subject of thesis. The purpose was to prove the effect of heat on casting tool. Working instructions in use are for lower temperature.

This study was made on three different casting tool temperature: 120 degrees, 130 degrees and 140 degrees. Testing was made very smoothly and test batches were ready within two weeks from the production.

Some difficulties arose when studying the results and one suggestion of improvement was to improve the process of test batches. Investigation didn't offer information enough to change casting tool temperature. Development proposal was to consider hiring one person for developing process and collecting information from production.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet.....	7
1.2	Projektin rajaukset .....	7
1.3	Tutkimustapa.....	8
2	YRITYSESITELY .....	9
2.1	Oras Oy ja Oras Group .....	9
3	PERUSTAA AIHEVALINNALLE .....	9
4	MESSINKIVALMISTUKSEN PROSESSIKUVAUS .....	14
4.1	Messinkivalmistuksen tuotantoketju.....	14
4.2	Valimo.....	15
4.2.1	Keernan valmistus .....	15
4.2.2	Valu .....	16
4.2.3	Valun puhdistus ja sahaus .....	17
4.3	Koneistus.....	18
4.4	Hionta-kiillotus .....	18
4.5	Kromaus .....	19
5	LAADUNOHJAUS.....	19
5.1	Lean.....	19
5.1.1	Vaihtelu ja SPC .....	20
5.1.2	Pareto-analyysi .....	21
5.2	Laadunohjaus Oraksella.....	22
5.2.1	Tuotteen koe-erä.....	23
5.2.2	Seurantaerä .....	23
5.3	Yleisimmät valuvirheet.....	24
5.4	Tutkittavassa tuotteessa esiintyviä valuvirheitä.....	25
5.4.1	Imuviat .....	25
5.4.2	Halkeamat .....	26
6	PROJEKTIN ETENEMINEN.....	28
6.1	Projektin aikataulu ja eteneminen.....	29
6.2	Koe-erien analysointi .....	30
7	YHTEENVETO .....	34
7.1	Tutkimustulokset.....	34
7.2	Jatkoehdotus.....	35
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET	

## SANASTO

### Dippausmenetelmä

Valusyklissä tapahtuva valumuottien upottaminen (kastaminen, kasto) jäädytysveteen. Tarkoituksena on jäädyttää kuuma valumuotti grafiitin ja veden sekoituksessa.

**Grafiittivesi** Veden ja grafiitin sekoite, jonka tehtävä on jäädyttää valumuottia valukertojen välillä. Grafiittiveden tehtävä on myös pinnoittaa ja estää messinkiä tarttumassa valumuotin pintaan.

**Green Belt** Perustuu Six Sigman koulutusoppeihin, joilla pienennetään vaihtelua. Ovat koulutettuja henkilöitä, jotka oman työnsä ohella työskentelevät laadunparantamisprojekteissa yrityksissä.

**Keerna** Kvartsihiekan, sideaineen ja kovetteen sekoite, joka kuumennettaessa kovettuu muotissa. Asetetaan valumuottiin muodostamaan sisämuodot valukappaleen sisälle. Poistetaan valun jälkeen kappaleen sisältä.

**Koe-erä** Seurattava tuotantoerä kappaleita, joiden romutussyyt ja saanto kirjataan koe-eräsaatteeseen. Käytössä oleva työtapo tehtyjen muutosten todentamiseksi.

**Kokilli** Valumuotti, joka on valmistettu kuparista. Sula messinki jäähtyy muotissa lopulliseen muotoonsa.

### Kvalitatiivinen tutkimus

laadullinen tutkimus, pyrkii selvittämään ilmiötä suppean ja harkinnanvaraisen näytteen pohjalta. Vastaa kysymyksiin miksi, miten ja millainen.

### Kvantitatiivinen tutkimus

määrällinen tutkimus, pyrkii selvittämään ilmiötä numeerisen tiedon pohjalta. Vastaa kysymyksiin mitä, missä ja paljonko.

Lean	Johtamismenetelmä, jonka avulla pyritään parantamaan laatua, poistamaan tuotannosta arvoa tuottamattomia asioita ja lyhentämään tuotannon läpimenoaikaa.
Mogulointi	Tiivistysprosessi, jolla valukappaleen seinämät tiivistetään paineenalaisessa tilassa.
Pareto-analyysi	Merkittävien havaintotekijöiden seulomista suuremmasta joukosta. Matemaattinen menetelmä.
Ohjauskortti	Prosessin käyttäytymiskäyrä. (Statistical Process Control = tilastollinen prosessin ohjaus)
PDM-järjestelmä	Tuotetiedon hallintajärjestelmä (Product Data Management)
Peitoste	Valumuotin pintaan tuleva pinnoite, joka estää messingin tarttumisen muotin pintaan. Vaikuttaa myös valun pinnanlaatuun.
Six Sigma	Joukko menetelmiä ja käytäntöjä, joilla parannetaan systemaattisesti prosessia. Tavoitteena on pienentää prosessin vaihtelua ja parantaa syntyneen tuotteen laatua.
SPC	Tilastollinen prosessinohjaus (Statistical Process Control)
Syöttö	Valukanaviston osa, jonka tehtävänä on kuljettaa kappaleessa jäähtyvään kohtaan lisää sulaa valumateriaalia, ettei synny kappaleeseen tyhjää onkaloa. Jäähtyvä metalli kutistuu ja muodostaa kappaleeseen tyhjän kohdan.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Työn tarkoituksena on selvittää valutyökalujen lämpötilan vaikutukset tuotteen pinnan laatuun. Aikaisemmin on tehty tutkimusta Oraksella vuonna 1996 Tampereen Teknillisen Korkeakoulun M. Lahdensuon ja J. Aution toimesta. Tutkimuksessa on saatu viitteitä korkeamman lämpötilan olevan suotuisampi valuvirheiden vähentämisessä. Kuitenkin matalapainevalu-uunien toimittajaohjeissa työkalun valulämpötilaksi on ohjeistettu 120 astetta. Tässä työssä on tarkoituksena todentaa koe-eräseurannalla, miten valutyökalujen käyttölämpötila vaikuttaa tuotteen pinnan laatuun. Ongelmana on prosessin lämpötilan hallittavuus normaalissa työrytmissä, kun työhön liittyvät keskeytykset ovat oleellinen osa valuprosessia. Lopuksi vertaillaan miten koe-erien lämpötilaerot vaikuttivat lopulliseen tuotteen saantoon.

## 1.2 Projektin rajaukset

Valuprosessi itsessään on tapahtuma, jossa pienetkin muutokset voivat vaikuttaa moneen valuun vaikuttavaan tekijään. Tässä työssä pysytellään valutyökalujen lämpötilaan liittyvissä tekijöissä. Projektille valikoitui tutkittavaksi tuotteeksi 199209-hanarunko, jota on tutkittu paljon pinnan laadun parantamiseksi. Nyt tapahtuva tutkimus keskittyy kokillin lämpötilaan ja sen tuottamaan erilaisiin lopputuloksiin.

Työssä ei oteta kantaa työkalumateriaalien lämmönjohtavuuteen tai kokillin pinnassa eristeenä käytettävien peitosteaineiden pinnanpaksuuteen. Valutapahtuman aikaiset muut muuttujat pyritään pitämään mahdollisimman vakioina ja poissulkemaan niiden vaikutukset valupinnan lopputulokseen.

### 1.3 Tutkimustapa

Tutkimus toteutetaan empiirisenä tutkimuksena, jossa todennetaan jo aikaisemmin esitettyä väitettä valutyökalujen lämmön vaikutus valun pinnan laatuun. Empiirisellä tutkimuksella tarkoitetaan kokeellista tutkimusta. Tutkimuksessa todennetaan jotain jo olemassa olevaa väitettä ja tutkimuksen tuloksesta tehdään johtopäätökset väitteen oikeellisuudesta. Tutkimustoiminta jakautuu empiiriseen ja teoreettiseen tutkimukseen. Empiirinen tutkimus jaetaan vielä kvantitatiiviseen tutkimukseen ja kvalitatiiviseen tutkimukseen. (Heikkilä 2008, 13.) Tässä tutkimuksessa käytetään kvantitatiivista tutkimusotetta.

Tutkimuksen teoriaosassa selvitetään mitä aikaisempaa tutkimustulosta on aiheesta ja tutkimuksen toteutusosassa todennetaan eri lähteistä saatua tietoa kokeellisen tutkimuksen keinoin. Tutkimuksen aineisto kerätään koe-erätoiminnan avulla. Yrityksen sisällä yleisimmin käytetyissä koe-erissä on erä koko ollut 100 kpl, jota tässäkin tutkimuksessa käytetään. Kaikki koe-erään valmistettavat kappaleet vaikuttavat lopputulokseen. Työrytmissä esiintyy normaalisti erilaista vaihtelua, kuten työskentelyn nopeus tai käytetyn peitosteen levityspaksuus, ja jotta saadaan edustava otos työvuoron aikaisesta vaihtelusta, on kaikkien kappaleiden lopputulos laskettava tulokseen.



## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 Oras Oy ja Oras Group

Raumalainen Erkki Paasikivi perusti Oras Oy:n vuonna 1945. Hanavalmistaja Oras kasvoi 1980-luvulla suureksi vaikuttajaksi, kun se osti pahimman kilpailijansa Osy Oy:n ja muutamaa vuotta myöhemmin norjalaisen Lung Armatur A/S:n.. Ensimmäiset kosketusvapaat hanat esiteltiin markkinoille 1990-luvun lopussa. Uusimman innovaationsa Oras on tuonut markkinoille vuonna 2018 tarjoamalla kännykkäsovellusta Oras App julkisten tilojen elektronisten hanojen vedenkulutuksen seuraamiseen ja säätämiseen. (Oras Oy:n www-sivut 2019.)

Oras Oy osti vuonna 2013 saksalaisen Hansa Metallwerkin. Tämän jälkeen perustettu Oras Group on noussut merkittäväksi eurooppalaiseksi vesikalustetoimittajaksi. Yrityksen missiona on tehdä veden käytöstä helppoa sekä ympäristöä säästävää sekä sen visiona on tulla kehittyneiden vesikalusteiden eurooppalaiseksi markkinajohtajaksi. Konsernilla on kaksi vahvaa brändiä, Oras ja Hansa. Omistajana Oras Groupissa on perheyhtiö, teollinen Oras Invest. (Oras Oy:n www-sivut 2019.)

Konserni toimii 20 markkina-alueella ja sen pääkonttori sijaitsee Raumalla. Tehtaat sijaitsevat Raumalla, Saksan Burglengenfeldissä, Tsekin Kralovicessa ja Puolan Olesnossa. Oras Groupin liikevaihto vuodelta 2018 oli 228 miljoonaa euroa ja tilikauden lopussa 1443 henkilöä työskenteli konsernin kirjoilla. Vuoden 2019 alusta lähtien yrityksen toimitusjohtajana on toiminut Kari Lehtinen. (Oras Invest Oy:n www-sivut 2019.)

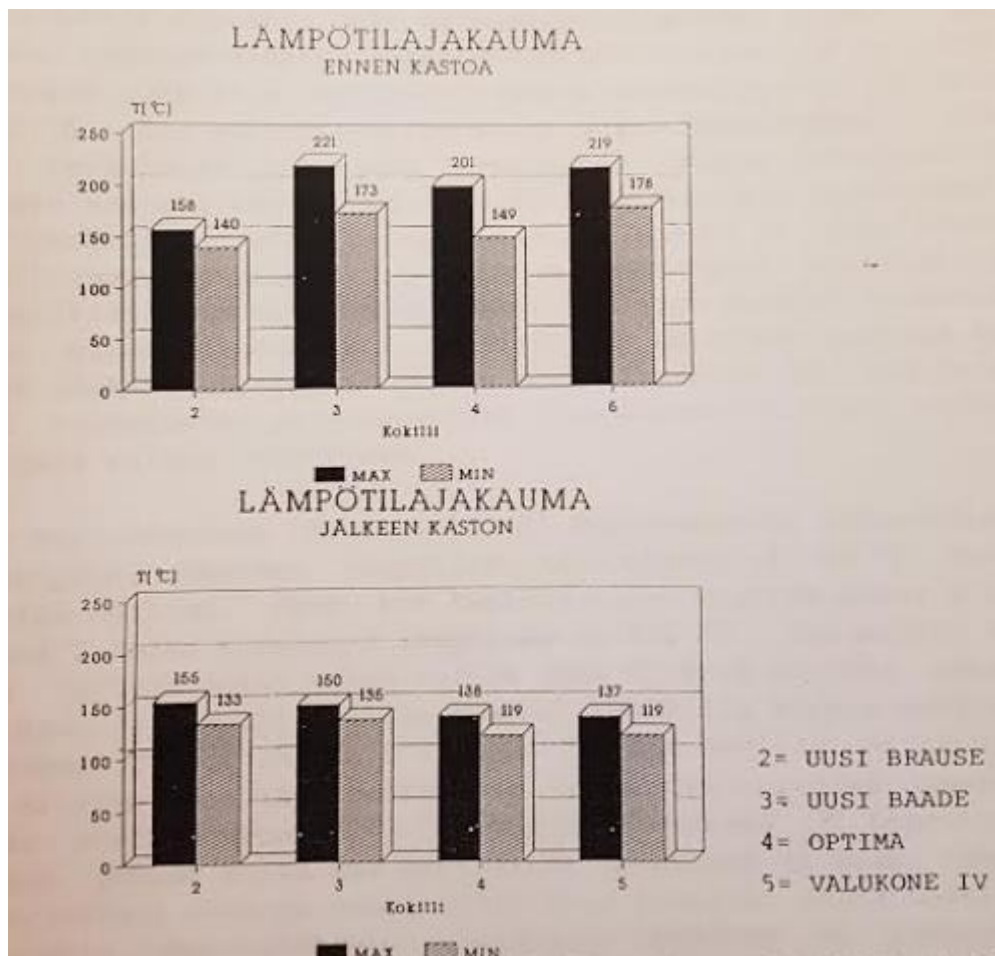
## 3 PERUSTAA AIHEVALINNALLE

Tutkittava aihe on valikoitunut oman työni toimenkuvani vuoksi. Olen työssäni messinkivalimon esimiehenä saanut perehtyä lähemmin erilaisiin valutapahtumaan vaikuttavien ominaisuuksien vaikutuksesta valuun. Valuun vaikuttavat asiat on herkkiä pie-

nillekin muutoksille ja tämän työn tarkoitus on auttaa todentamaan työkalujen lämpötilan muutoksen vaikutus valukappaleeseen. Asiasta on valimossa monta eri mielipidettä ja tästä onkin mielenkiintoista saada omakohtaista tietoa. Erityisen mielenkiintoista on lämpötilan hallinnan haastavuus valukoneella. Koneet ovat olleet käytössä kauan, eikä niissä ole kokillien lämpötilan hallintaa helpottavaa automaatiota. Tarvitavat kokillien lämpötilaan liittyvät säädöt pitää tehdä käsin ohjelmointipaneeliin ja mitattava kokillien lämpötilat käsikäyttöisellä lämpötilamittarilla.

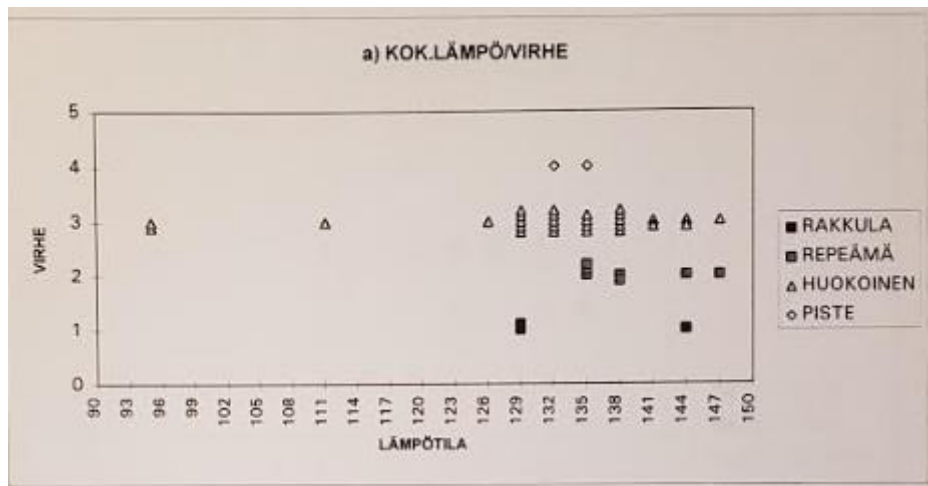
Onnistuneen valun perustana on prosessin lämpötilan tasaisuuden hallinta. Tärkeimpiä valuprosessiin vaikuttavia muuttujia ovat sulan messingin ja kokillin lämpötilat valuprosessin aikana sekä sulan metallin virtauksen hallinta kokillissa. Lämpötilojen hallinnan kautta pystytään kontrolloimaan sulan jäähtymistä, joka määrittää kappaleen mikrorakenteen syntyä. Kontrolloidulla lämpötilalla päästään hallittuun sulan metallin jäähtymiseen, joka määrittää muodostuvan kappaleen mikrorakenteen. (Lintunen & Autio 1992, 3.)

Tampereen Teknillisen korkeakoulun raportissa on todettu kokillien lämpökamerakuvausilla ja suoritettujen mittausten tuloksena saatiin, että kokillien puolikkaiden lämpötilaerot olivat aloituksessa suuret, mutta erot tasoittuivat nopeasti kaston jälkeen, erojen ollessa 20 °C:n sisällä. Todettiin jähmettymisen kannalta olevan edullista, että kokillin lämpötilaerot tulisivat olla mahdollisimman pienet, jotta lämmön siirtyminen olisi mahdollisimman tasaista joka suuntaan. (Lintunen ym. 1992, 14.) Kuvan 1 alempi kuvaaja näyttää kaston jälkeiset erot kokilleissa. Mitatut lämpötilaerot ovat 15–22 asteen sisällä. Erot ovat tasoittuneet kaston jälkeen ennen kasta mitattuihin lämpötilaeroihin verrattuna.

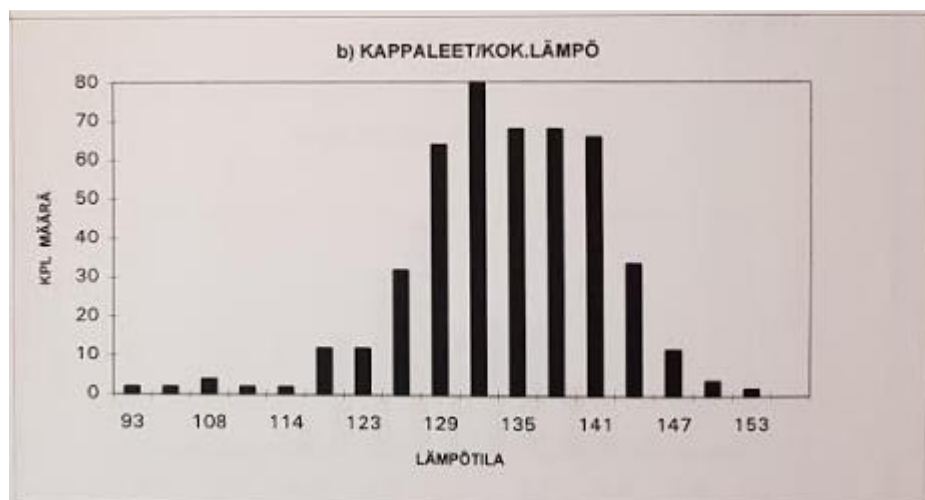


Kuva 1. Eräiden kokillien minimi- ja maksimilämpötiloja ennen (yläkuva) ja jälkeen (alakuva) kaston (Lintunen ym. 1992, 14)

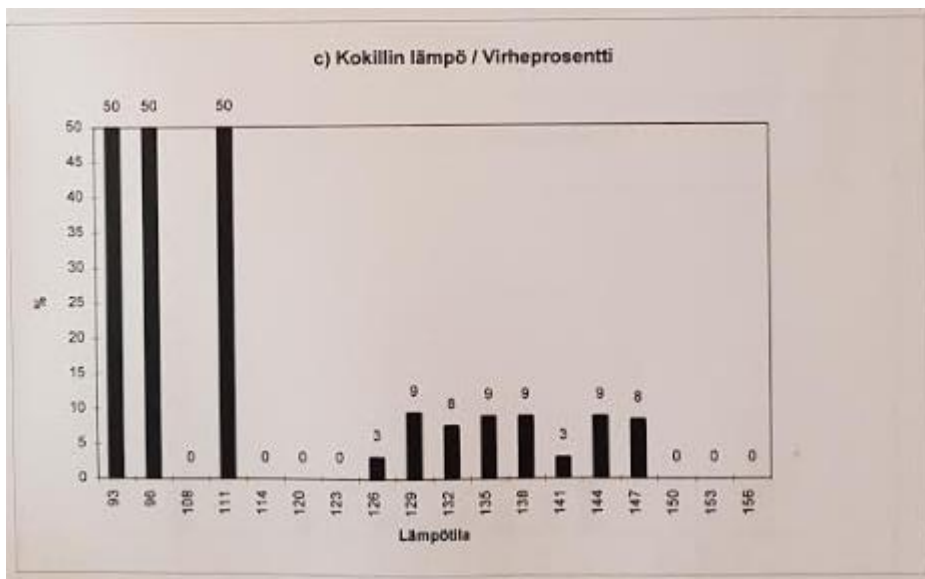
Vuonna 1996 tehdyssä tutkimuksessa Tampereen Teknillisen Korkeakoulun tutkijoiden selvityksessä Oras Oy:n valuprosessin tuotanto-olosuhteiden vakiointiraportin tuloksissa mainittiin mittaustuloksien olleen 129° – 143 °C:n välillä ja jakaumien todistavan, että lämpötilavälin 141° – 143 °C hylkyykseen johtaneiden kappaleiden määrä oli laskenut kolmanneksella. (Lahdensuo & Autio, 1996.)



Kuva 2. Valuvirheiden syyt ja niiden esiintyminen eri lämpötiloilla valettuna. (Lahdensuo & Autio 1996)



Kuva 3. Valettujen kappaleiden määrä eri lämpötiloilla. (Lahdensuo & Autio 1996)

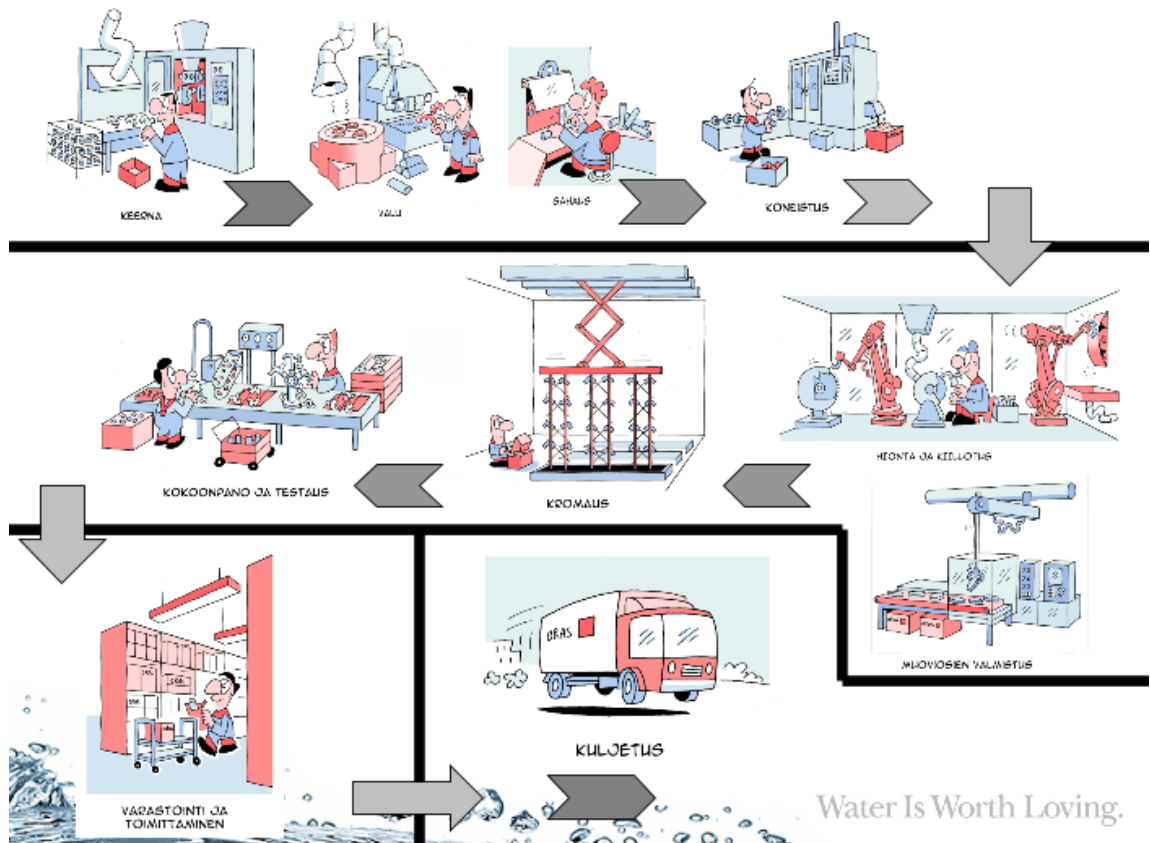


Kuva 4. Kokillin lämpötilan ja virheprosentin funktio. (Lahdensuo & Autio 1996)

Tässä työssä lähdettiin tämän Lahdensuon ja Aution tekemän tutkimuksen mittaustuloksen todentamiseen. Edeltävän tutkimuksen innoittamana tätä tutkimusta lähdettiin toteuttamaan lämpötiloilla 120, 130 ja 140 astetta. Testierää suunnitellessa on syytä ottaa huomioon kokillien alkulämpötila. Testaus tehdään siten, että työsykli on ollut käynnissä ja kokillien lämpötila on tasaantunut valun aloituksesta. Kokillien lämmitys tapahtuu valun aloituksessa nestekaasuliekillä, jolloin kokillien valupinta kuumenee. Lämmitysaika riippuu kokillien paksuudesta ja massasta. Muita valuun vaikuttavia asioita ovat valusyklin aika, uunin huoltotoimet syklin aikana, valulämpötila, uunin lämpötila, kokillien lämpötila, kastoveden lämpötila. Mahdollista on myös, että tulokseen vaikuttaa valettavan valukappaleen massa ja sen geometriset muodot sekä valusuunnittelijan toteuttamat ratkaisut valutyökaluissa. (Lahtinen henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019). Näiden kaikkien osioiden vakioiminen on haasteellista ja vaikeaa hallita käytännössä. Niitä ei tämän työn puitteissa huomioida.

## 4 MESSINKIVALMISTUKSEN PROSESSIKUVAUS

### 4.1 Messinkivalmistuksen tuotantoketju



Kuva 5. Messinkivalmistuksen tuotantoketju. (Oras Oy intranet 2019)

Messinkikomponenttien ja hanan valmistuksen prosessiketju voidaan jakaa seuraaviin päävaiheisiin:

1. Keernan teko
2. Valu
3. Sahaus
4. Koneistus
5. Hionta ja kiillotus
6. Kromaus
7. Kokoonpano ja testaus
8. Varastointi ja toimitus

## 9. Kuljetus

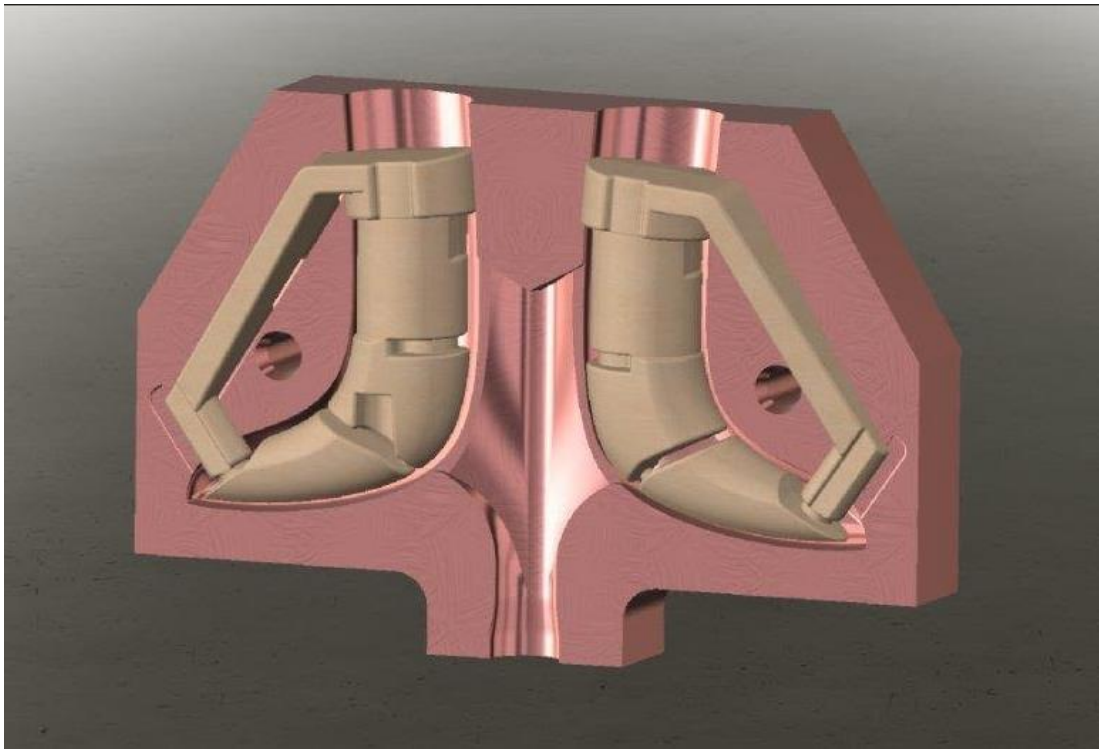
### 4.2 Valimo

#### 4.2.1 Keernan valmistus

Valimossa hanan valmistus alkaa keernan teosta. Keernalla valuun saadaan tarvittavat sisämuodot ja onkalot. Keerna valmistetaan kvartsihiekan ja sideaineiden sekoituksesta, joka prosessoidaan Hot-box-menetelmällä. Prosessissa hiekka kuumennetaan keernalaatikossa yli 200 asteessa, jolloin sideaineet kovettavat hiekan muotin sisällä. Pinta kovettuu, jolloin keerna voidaan poistaa laatikosta ehjänä. Keernan koosta riippuen se kuivuu tunneista muutamaan päivään ennen valua. Keernahiekan raekoko on noin 0,30 mm. Keernan avulla valuun saadaan sisäosien ontot vesikanavat.



Kuva 6. 199209-hanarungon keerna. (Oras Oy PDM-järjestelmä 2019)



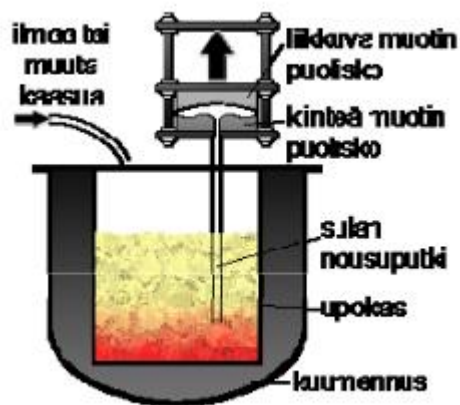
Kuva 7. Keernat sijoitettuna valumuottiin, josta syntyy valussa 2 hanarunkoa. (Oras PDM-järjestelmä 2019)

#### 4.2.2 Valu

Valuprosessi käynnistyy, kun kokillit on lämmitetty tavoiteltuun valulämpöön ja valuuuni on saavuttanut työohjeessa olevan valulämpötilan (noin 980 °C). Työsykli käynnistyy kokillien peitostuksella kappaleesta riippuen joko pelkällä grafiittipeitosteella tai paineruiskulla levitettävän Dycote D6ESS peitosteen ja grafiittipeitosteen lisäyksellä. Grafiittipeitoste on veden ja grafiittijauheen sekoitus, jonka sekoitusuhde on 13–18 % välillä. Grafiittipeitoste on dipkausmenetelmällä lisättävä pinnoite, jonka tehtävä on edistää valun pinnan laatua, messingin virtausta valutapahtuman aikana ja toimia irrotusaineena valun jälkeen. (Valuatlas 2015, 25.) Peitostelisäyksen jälkeen keernat asetetaan kokilliin, kokillit suljetaan ja kokillit siirtyvät uunille, jolloin valutapahtuma alkaa. Uuniin ohjataan painetta 0,3 bar, jolloin messinki nousee ylös valusuutinta pitkin kokilliin. Paine pidetään riittävän pitkään, jolloin valun suuttimella oleva osa ehtii jähmettyä ja suuttimella oleva ylimääräinen messinki palautuu takaisin uuniin



paineen laskettua. Ensiarvoisen tärkeää valun onnistumiselle on uunin paineen pitävyys. Vuodot uunissa aiheuttavat valuun huokoisuutta ja vajautta.

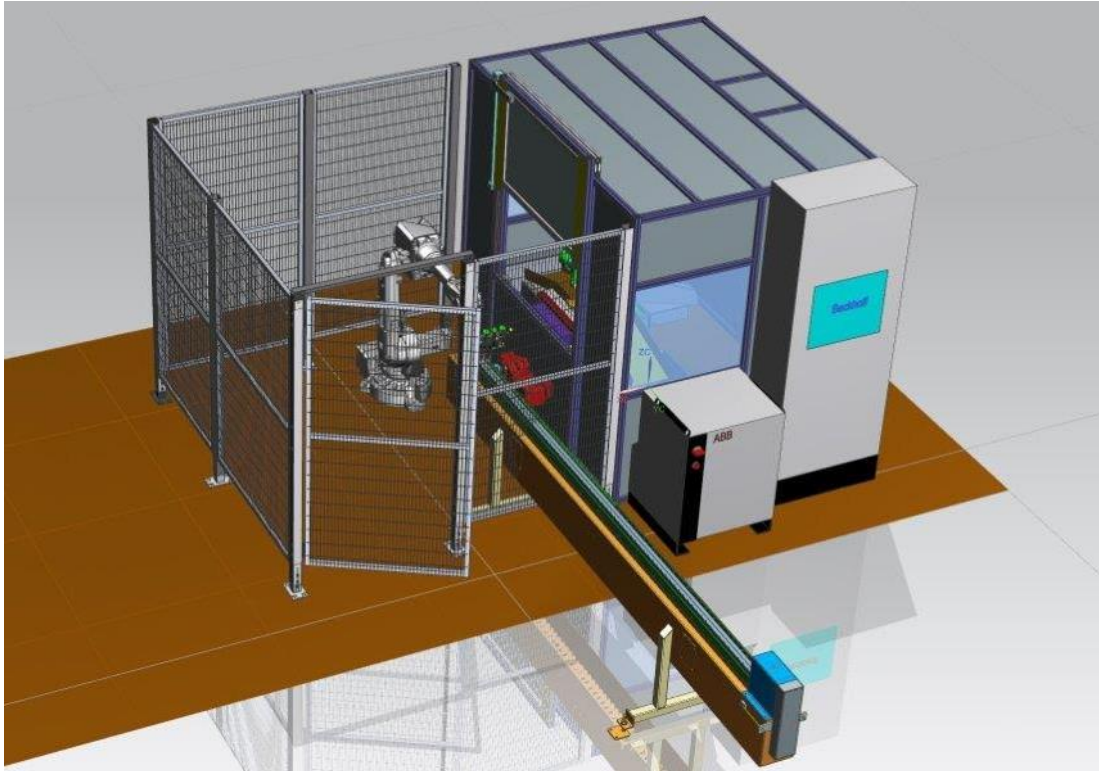


Kuva 8. Matalapainevalu-uunin periaatekuva. (Meskanen & Höök 2015, 25)

Valu poistetaan kokillista valukappaleen jäähdyttämisen jälkeen ja valuri tarkastaa valun laadun. Valumuotit upotetaan grafiittiveteen valun jälkeen, tarkoituksena on jäädyttää muotti takaisin soveltuvaan valulämpötilaan. Valun tarkastuksen jälkeen valukierto lähtee uudelleen käyntiin.

#### 4.2.3 Valun puhdistus ja sahaus

Valun jälkeen jäähtyneet valokset menevät teräskuulapuhalluslaitteeseen, jossa kappaleen sisältä poistuu keernahiekka. Keernan sideaineet palavat valutapahtuman aikana ja hiekka murenee jättäen valun ontoksi. Puhdistuneet kappaleet menevät teräskuulapuhalluksen jälkeen sahaukseen, jossa valukappaleista poistetaan valukana-  
vistot ja ylimääräiset osat. Sahaus voidaan suorittaa käsin vannesahalla tai automaattisesti koneistuksen yhteydessä olevalla linjastolla.



Kuva 9. Automaattilinja valukappaleiden sahaukselle. (Oras PDM-järjestelmä 2019)

#### 4.3 Koneistus

Koneistuksessa valusta poistetaan työstökoneilla ylimääräinen materiaali ja tehdään tarvittavat poraukset, kierteet ja tiivistepinnat hanan kokoonpanoa varten. Koneistuksessa tehdään tuotteeseen myös tartuntapintoja, jotta seuraavissa vaiheissa koneellisen käsittelyn onnistuminen olisi varmempaa. Työkappaleiden mittatarkkuus varmistetaan säännöllisin väliajoin työvuoron aikana. Koneistuksen jälkeen sovitut tuotteet koeponnistetaan paineilmalla valun tiiveyden varmistamiseksi. Koneistuksen jälkeen hanojen sisäosat jatkavat matkaa suoraan kokoonpanoon, pintatuotteet siirretään hiontaan.

#### 4.4 Hionta-kiillotus

Hionnassa valun pinnasta poistetaan keskimäärin 0,5 mm. Hionta tehdään pääosin koneellisesti. Hionta on 2-vaiheinen prosessi, jossa ensin suoritetaan karkeampi hionta. Viimeistelyhionnassa kappaleen pinnankarheus on noin  $0,8\mu\text{m}$ , jonka jälkeen kappale menee tarkastuksen jälkeen kiillotukseen. Jos kappaleessa havaitaan hionnan jälkeen

pintavirheitä, pienemmät pintavirheelliset menevät käsin tapahtuvaan korjaukseen. Hiannon jälkeen valukappaleet kiillotetaan koneellisesti. Kiillotus tapahtuu käyttäen robotteja, puuvillakankaisia kiillotuslaikkoja ja nestemäistä kiillotusvahaa. Kiillotuksen jälkeen kappaleessa ei sallita pintavirheitä. Korjauskiillotuksessa käsin voidaan vielä pieniä pintavirheitä yrittää korjata. Jos näitä virheitä ei saada pois, kappale hylätään.

#### 4.5 Kromaus

Messingin kromaus on monivaiheinen prosessi, jossa valukappaleet saavat vesikalusteille ominaisen kiiltävän pinnoitteen. Kromattu valukappaleen pinta on kirkas, hyvin heijastava ja herkkä naarmuuntumaan. (Aaltonen ym. 2005, 398). Alla olevan pinnan on oltava virheetön, koska kromatussa pinnassa ne näkyvät selvästi. Kromauksen pinnan paksuus on noin 10 µm, joka ei peitä pinnan alla piileviä virheitä. Kromauksen prosessissa kappaleet asetellaan niille suunniteltuihin telineisiin kromauksen ajaksi. Telineet kulkevat linjastossa tietokoneohjatusti ja niillä on tuotekohtaiset virta-arvot ja prosessikäsittely. Kromauksen jälkeen tuotteet tarkistetaan ja pakataan laatikoihin kokoonpanon käytettäväksi.

## 5 LAADUNOHJAUS

### 5.1 Lean

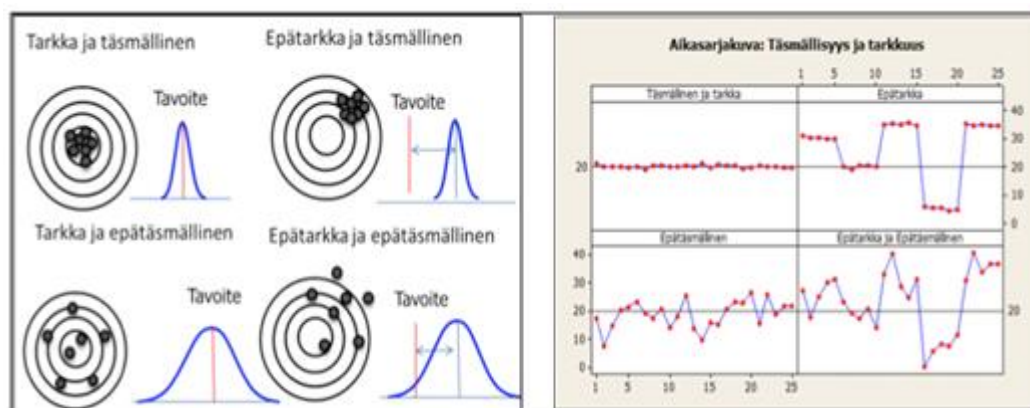
Terminä Lean on tullut tunnetuksi kirjasta *The Machine that Changed the World*. Kirja kertoo japanilaisten menestyksestä tuottavuuden parantamista USA:ssa. Lean-ajattelu pohjautuu Toyotan tuotantotapa-ajatteluun, jota on kehitelty melkein 100 vuotta. Nykypäivänä Lean on laatujohtamisen periaatteiden soveltamista tuotantoon. Pyritään näkemään kokonaiskuva yksittäisten asioiden sijaan. Tahtotilana on tuottaa parasta mahdollista asiakashyötyä ja arvoa. Arvoa tuotteeseen lisää tuotteen tuotannon läpäisy aika. Lyhempi läpimenoaika tarkoittaa pienempää tuotteeseen sitoutuvaa arvoa ja tehokkaampaa tuotantoa. Arvoa lisäämätöntä työtä ei kannata tehdä, koska asiakas ei ole

valmis maksamaan ylimääräisestä kustannuksesta, joka syntyy hukkaan menevästä työstä. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019.)

### 5.1.1 Vaihtelu ja SPC

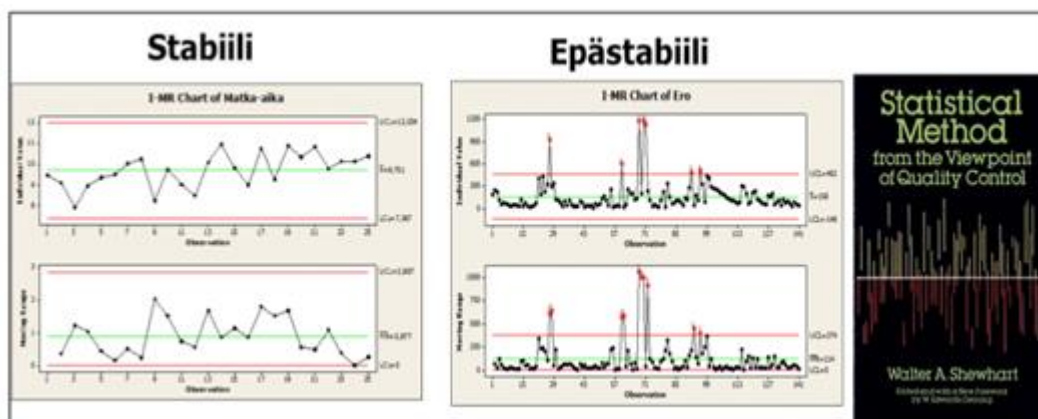
Vaihtelun vähentäminen on yksi avain Lean-ajatteluun. Kun vaihtelua saadaan vähennettyä, saadaan tuotannon suorituskykyä nostettua. Prosessin vaihtelu syntyy tuotannon sisäisistä ja ulkoisista tekijöistä. Vaihtelun pienentämiseksi on käytettävissä tilastollisia ja ei-tilastollisia menetelmiä. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019.)

Syyt, jotka vaihtelua aiheuttavat, voidaan jakaa kahteen eri luokkaan: tarkkuus (accuracy) ja täsmällisyys (precision) Tarkkuudella tarkoitetaan ryhmien välistä keskiarvoista poikkeamaa ja täsmällisyys tarkoittaa ryhmän sisäistä poikkeamaa, eli yhdenmukaista (consistency). (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019.)



Kuvio 1. Vaihtelun eri luokat. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019)

Vaihtelu voidaan jakaa ennustettavaan (stabiiliin) ja ei-ennustettavaan (ei-stabiiliin) muotoon. Dataa kerätään ohjauksortein systemaattisesti, jolloin tietoon saadaan vaihteluvälit. On tärkeää osata tunnistaa, onko kyseessä yleinen vaihtelu, jolloin vaihtelu on pientä ja syyt tiedossa, vai erityssyyvaihtelu, jolloin syiden tunnistaminen on vaikeaa ja vaihtelu suurta. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019.)

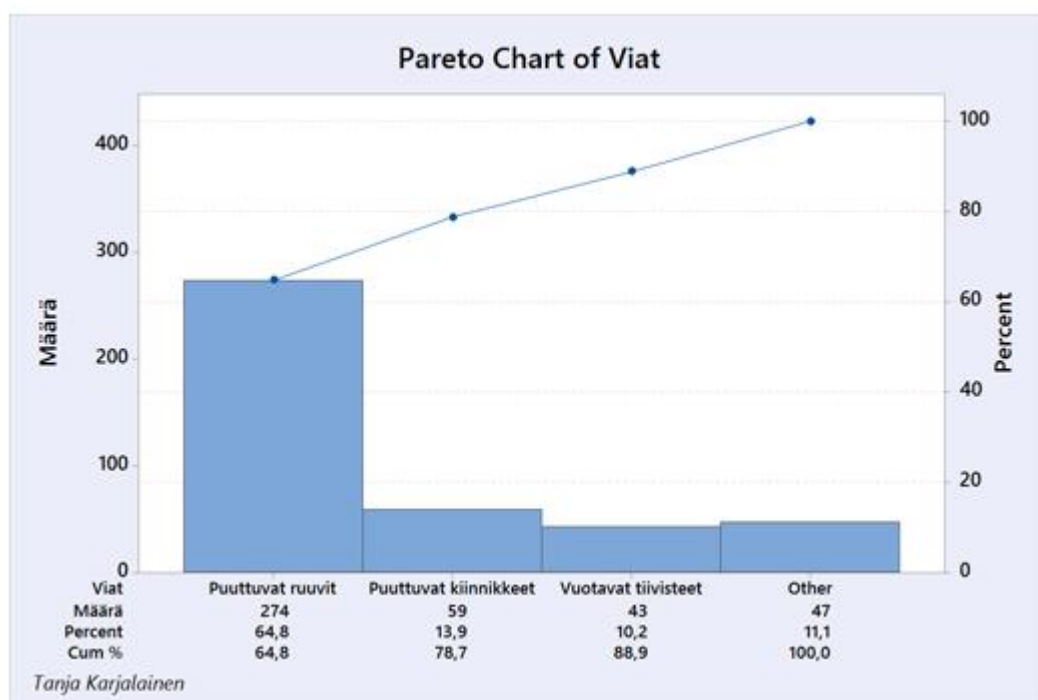


Kuvio 2. Ohjauskortti (SPC), joka kertoo prosessin käyttäytymiskäyrän. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019)

Kuvion 2 vasemman puoleisessa ohjauskortissa pisteet osuvat stabiilissa vaihtelussa ohjausrajojen sisäpuolelle, kun epästabiilissa tilanteessa pisteet ovat rajojen ulkopuolella ja siten näiden tuotteiden/tapahtumien ennustettavuus ja syyt eivät ole hallittavissa. (Quality-Knowhow Karjalainen www-sivut 2019.)

### 5.1.2 Pareto-analyysi

Pareto-analyysi on merkittävien tekijöiden seulomista suuremmasta havaintoryhmästä. Sitä käytetään työkaluna korjaustoimenpiteiden kohteiden määrittelyssä. Tulokset esitellään tärkeyden mukaan esiintymistiheyden mukaan. Suurin arvo on tärkein, tulokset esitellään laskevassa järjestyksessä. Lean Six Sigma käyttää Minitab-ohjelmaa, jota käyttämällä saa tulokset helposti käyttöön. Pareton periaate sanoo, että noin 80 % ulostulosta saa aikaan 20 % tekijöistä. (Q-K Karjalainen www-sivut 2019.) Voidaan todeta pienen osan vaikuttavan isoon osaan valmiita tuotteita, joissa vaihtelun vaikutus voidaan nähdä.



Kuvio 3. Pareto-diagrammissa on tulokset esiteltynä laskevassa järjestyksessä, suurin esiintymistiheys ensin. (QK-Karjalainen www-sivut.2019)

## 5.2 Laadunohjaus Oraksella

Lähes jokaisessa tuotannon vaiheessa raportoidaan hylättäviä tuotteita. Karkeasti ja oteltuna suurimmat määrät kappaleita hylätään hionnassa, kiillotuksessa sekä kro-mauksessa (Meriluoto henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019). Määrällisesti iso osa hylkäyssyistä johtuu valun laadusta ja siinä olevista virheistä. Jalostusarvon kasvami-nen ja myöhäinen hylkäysvaihe lisää kustannuksia ja aiheutuvaa työajan hukkaa.

Oras on ottanut käyttöön Lean Six Sigman ja pyrkii sen tarjoamin keinoin tuotannon tehokkuuden parantamiseen ja optimointiin. Tällä hetkellä Oras Oy:ssa on käynnissä Lean Six Sigman Green Belt – kurssi, jossa valikoitu ryhmä tuotannon eri osastoilta suorittaa laadunparantamiseen tähtäväää koulutusta. Jokaisella ryhmällä on oman osastonsa parannuskohteeksi valikoitunut harjoitustyö, jonka avulla Green Belt – kurs-sin oppeja sovelletaan käytäntöön. Tarkoituksena on jatkossa parantaa tuotannon laa-dukkuutta ja tehokkuutta koulutuksessa opittavin työkaluin.

### 5.2.1 Tuotteen koe-erä

Koe-erän tarkoituksena on kerätä tuotteen valmistuksen aikana saantoa parantavien toimenpiteiden tai muiden muutosten tulokset eri työvaiheissa. Toimenpiteet voivat olla työkalumuutokset, valulämpötilan muutokset tai työtapojen muuttamisen vaikutusten testaaminen. Tuotteen koe-erän koko määritellään testattavan ominaisuuden mukaan. Yleisesti on seurattava koe-erän koko ollut vähintään 50 kpl, jotta eräkoko on riittävän kattava ja tulosta antava otos.

Koe-erän mukana kulkee paperinen saate, johon eri työvaiheissa kerätään tietoa kappalemääristä, tuotteen hylkäyssyistä ja kuka tuotteen on jalostanut eteenpäin. Eräissä tapauksissa on työohjeeseen määritelty hylätyt kappaleet säilytettäväksi koe-erän mukana, jotta jatkotutkimuksissa voidaan varmistua tuotteen laadunparannustoimista ja hylkäyssyiden oikeellisuudesta. Riippuen testattavista ominaisuuksista, koe-eräsaate kulkee läpi koko prosessiketjun aina kokoonpanoon asti tai voidaan määrittää jokin tietty työvaihe, johon seuranta päättyy ja koe-erän tiedot palautuvat valimon laadunohjaajalle (Meriluoto henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019). Koe-erien tiedot tallennetaan excel-muodossa laadunhallinnan tiedostokansioon. Tiedostoon lisätään myös erässä käytetyn sulatusuunista otetun messingin raaka-aineanalyysi. Liitteestä 4 löytyy käytettävät hylkäyskoodit. (Liite 4)

### 5.2.2 Seurantaerä

Seurantaerä on yleensä suurempi otanta vuoron tai muutamankin vuoron aikaisesta tuotannosta. Yleisin seurantaerän koko on vuoron mittainen seuranta, josta todennetaan esimerkiksi työkalumuutosten vaikutusta tuotteeseen. Seurantaerällä varmennetaan tuotteen saanto ja varmistetaan tiedonsaanto tuote-erän laadusta. Tätä menetelmää käytetään yleensä varmentamaan koe-erästä saatua tulosta. (Meriluoto henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019). Valukappaleita ei ole tällä hetkellä mahdollista seurata yksilöitynä valmistusketjussa, jolloin seurantaerällä voidaan varmentaa valmistusketjun läpi menevää tuotesarjaa.

### 5.3 Yleisimmät valuvirheet

Valusuunnittelijan perusoppaan mukaan valuviat voidaan luokitella geometriavikoihin, makrorakennevikoihin ja mikrorakennevikoihin. Geometriaviat ovat mittavirheitä valukappaleessa. Makrorakenneviat ovat silmällä erottuvia pintavikoja sekä erinäisiä huokoisuus- ja sulkeumavikoja. Mikrorakenneviat ovat valumateriaalin kiderakenteseen ja koostumukseen liittyviä puutteita. Nämä ovat lähinnä valuraudalla ja teräksellä esiintyvä ilmiö. (Valuatlas www-sivut, 2019)

#### Geometriavikoja ovat

- Mittaviat: Kappaleessa on mittoja, jotka eivät asetu toleranssialueelle. Valoksen seinämäpaksuus voi olla myös väärin.
- Siirtymäviat: Muottipuoliskot ovat toisiinsa nähden keskittyneet väärin. Syntyvä kappale on epäsymmetrinen.
- Muotoviat: Reikä puuttuu, osa puuttuu, virheellinen reikä tai osa, kappale on käyristynyt.
- Ainepuutokset: Kappale on vajaa, koska muotti on vuotanut tai se ei ole täytynyt riittävästi. (Valuatlas www-sivut, 2019)

#### Makrorakennevikoja ovat

- Ulospäin suuntautuvat pintaviat: Viallinen pinnanmuoto, erilaiset valupurseet, rosoista pintaa.
- Sisäänpäin suuntautuvat pintaviat: Erilaiset vialliset pinnanmuodot, jotka voivat olla reikää tai erilaista uurretta.
- Imu- eli kutistumaviat: Huokoisia, onteloita tai kappaleen pinnassa olevia syvennyksiä, jotka johtuvat jähmettymisen aikana tapahtuvista kutistumisilmiöistä. Imupainuma, avoimu, imuontelo, imuhuokoisuus tai mikroimu. Nämä viat paljastuvat useimmiten vasta koneistuksen tai hionnan jälkeen.
- Huokoisuus- ja rakkulaviat: Sulassa on sekoittuneen ilman tai reaktiokaasujen aiheuttamia huokoisia ja rakkuloita.
- Sulkeumat: Sulaan sekoittuneita muodostuneita, muusta aineesta erottuvia ainesosia, jotka jähmettyvät valumateriaalin pintakerrokseen tai sen sisään. Hiekkaa, kuonaa, oksidia



- Sulautumisviat: Kappaleessa on liiaksi jäähtyneen metallin aiheuttamia, saumamaisina muodostelmina esiintyviä heikompia kohtia. Keernakaasujen poistumisreittien muodostamat huonosti sulautuneet kohdat kuuluvat myös tähän ryhmään.
- Halkeamat: Kappaleeseen on muodostunut halkeama valun aikana tai pian sen jälkeen.
- Imu-, kuuma-, kylmähalkeama. (Valuatlas www-sivut, 2019)

#### 5.4 Tutkittavassa tuotteessa esiintyviä valuvirheitä

Oraksella yleisimpiä valuvirheitä ovat huokoiset ja halkeamat, jotka näkyvät joko tuotteen pinnalla tai valun sisällä. Pinnalta voidaan halkeamat erottaa silmämääräisesti, mutta valun sisällä olevien huokosten löytäminen on vasta seuraavan vaiheen testauksen tulosta. Valun laatua tarkkaillaan halkaisemalla kappaleita sahaamalla ja tutkimalla kappaleen murtopintaa, jos tuotteessa tiedetään olevan haasteita. Sahatun kappaleen sisäosista pystytään varmistamaan tuotteen onnistuminen. Näin pystytään vaikuttamaan jo saman työvuoron aikana tuotteiden laatuun. (Meriluoto henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019)

Halkeama kappaleen pinnassa ei välttämättä aiheuta kappaleen hylkäystä. Halkeaman syvyys vaikuttaa käytettävyyteen; aineen poistoa pinnasta on keskimäärin 0,5 mm. Yleisesti ottaen halkeama on syy tuotteen hylkäykseen ja näin onkin yksi tämän tutkimuksen tavoitteena selvittää, miten halkeaman syntyyn voidaan vaikuttaa kokillien lämpötilan hallinnalla. (Meriluoto henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2019)

Grafiittipisteet ja grafiittivanat kokillin pinnalla aiheutuvat grafiitin liiallisesta kertymisestä muotin pintaan. Tämä aiheuttaa valukappaleeseen painaumuksia ja koloja, jotka eivät jälkikäsitellyssä poistu ja aiheuttavat aihion hylkäyksen. (Valuatlas www-sivut, 2019)

##### 5.4.1 Imuviat

Imupainauma



Painevalussa imupainauma syntyy kohtaan, jossa pintakerroksen lähelle on syntynyt runsaasti imu- tai kaasuhuokoisuutta. Imuhuokoisuus syntyy kappaleen viimeksi jäähtyvään kohtaan. Imupainauma voi syntyä myös kohtaan jos sitä ei ole voitu syöttää tarpeeksi vielä sulalla materiaalilla. Seinämien risteyskohdat ovat herkkiä imujen syntymiselle. (Valuatlas [www-sivut](#), 2019)

#### Imuontelo



Kappaleessa on poikkileikkauksessa esiintyvä suurikokoinen, säännötön ontelo. Vika muodostuu syötön ulottumattomissa olevasta paksuun kohtaan tai sen välittömään läheisyyteen yläpuolelle. Valusuunnittelussa on otettava huomioon, että paksuihin kohtiin voidaan järjestää riittävä syöttö korvausmetallille. (Valuatlas [www-sivut](#), 2019)

#### Imuhuokoisuus



Kappaleen poikkileikkauksessa paljain silmin nähtäviä pieniä tyhjiä onkaloita, joita esiintyy rajoitetulla alueella. Imuhuokoisia syntyy seinämien keskilinjalle sekä kuumana pysyvien kohtien yläpuolelle. (Valuatlas [www-sivut](#), 2019)

### 5.4.2 Halkeamat

#### Imuhalkeama



Valukappaleessa on halkeama imuvirheen yhteydessä. Syynä voi olla liian korkea valulämpötila tai huonosti suunniteltu valujärjestelmä. Metallimuotissa voi olla myös konstruktio-ongelma. Muottiin voidaan yrittää vaikuttaa säätämällä eri muotin osien lämpötiloja. Vaihtoehtoisesti jäädyttää tai lämmittää muottia sen ympäriltä. Terävää nurkkaa voidaan myös pyöristää jännitysten ehkäisemiseksi. (Valuatlas www-sivut, 2019)

#### Kuumahalkeama



Kappaleessa on halkeama, jonka murtopinnat ovat hapettuneet. Syynä voi olla sulan koostumus tai liian korkea valulämpötila. Myös valun konstruktio voi olla syynä. Ongelmaa voi yrittää poistaa säätämällä muotin eri osien lämpötiloja. Riittävä pyöristyksillä halkeamien esiintymistä voi vähentää. (Valuatlas www-sivut, 2019)

#### Kylmähalkeama



Kappeliissa on kiteiden halki kulkeva repeämä, joka on hapettumaton. Syynä on jännitysten laukeaminen jäähtymisen aikana. Konstruktio muutos voi auttaa asiaan. Kokilivalussa voidaan mahdollisesti vähentää jähmettymisaikaa muotissa, jolloin jännitykset eivät pääse kasvamaan. (Valuatlas www-sivut, 2019)

## 6 PROJEKTIN ETENEMINEN

Tutkimuksen kohteena olevalla 199209-valurungolla on tehty Lean Six Sigman menetelmällä suurimpien hylkysyiden vertailu, joka osoittaa valimossa suurimmaksi hylkysyyksi halkeaman. Seuraavissa vaiheissa suurimmat hylkysyyt ovat myös halkeama ja reikä. Minitab-ohjelman avulla saadut Pareto-analyysin tulokset ovat esitelty liitteessä 1-3. (Liite 1, Liite 2 ja Liite 3) Työntekijän tulkinnasta riippuu, merkitäänkö valurungon virhe hiekkavirheeksi vai kaasuvirheeksi. Joka tapauksessa virheet ovat valulähtöisiä, eivätkä johdu kromausprosessista tai muista sitä edeltävistä vaiheista. Parhaaksi tavaksi toimia on todettu kerätä valuvirheelliset kappaleet valimon laadunohjauksen tarkasteltavaksi, jotta vältetään virheellinen tulkinta valuvirheestä ja tehdään oikeat johtopäätökset tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksista.

Kokillin paksuuserosta johtuen lämpötilan jakautuminen on erilainen. Paksuusero johtuu tuotteen geometrisistä piirteistä. Ulkopinnassa kokillin paksuus on 60 mm ja tuotteen piirteen kohdalla 30–40 mm. Työohje on mitata lämpötila tuotegeometrian keskiosasta. Mittaus tapahtui työsyklin alussa, heti grafiittiveteen kaston jälkeen. Mittaus toteutettiin käsilämpömittari Velleman DM100:lla säännöllisin väliajoin. (Kuva 10)



Kuva 10. Velleman DM100 Laserlämpömittari. Mitta-asteikko -50 C +/- 330 C.

## 6.1 Projektin aikataulu ja eteneminen

Projekti alkoi vk 10/2019. Kaikki valukoe-erät toteutettiin saman työntekijän toimesta, jolloin henkilöstä aiheutuva vaihtelu on mahdollisimman pieni kokeeseen. Työntekijä on kokenut tämän tuotteen valaja, jolloin työtapa on sama kuin normaalisakin tuotannossa. Koevalut tapahtuivat yhden työvuoron aikana, jolloin saatiin minimoitua koneeseen liittyvät mahdolliset ongelmat tai vaihtelua aiheuttavat tekijät, kuten painevuodot tai muotin kuluminen. Käytetty kokillin peitoste oli sama kaikkien valukokeiden aikana. Kokilliin ruiskutettavaa peitostetta lisättiin muottiin tarvittaessa.

Aloitettaessa ensimmäistä koe-erää oli jo valettu useita kappaleita, joten kokillien lämpötila oli ehtinyt tasaantua muotissa. Valuasetukset ja työohjeet olivat normaalin käytännön mukaiset, niitä ei muutettu. Koe-erän 120 astetta alussa kastoveden lämpötila oli alhainen, jolloin muotin kaston nopeutta nostettiin. Tämä vaikuttaa siihen, miten kauan kokillit ovat kastovedessä ja näin ollen kokillien jäähtymiseen. Kun kastonopeus oli saatu valukoneelta säädettyä, voitiin koe-erää jatkaa. Kokillin lämpötilaa seurattiin laserlämpömittarilla ja tarvittaessa kastoaikaa säädettiin. Havaittiin kastoveden lämpenevän ja näin vaadittavaa kastoaikaa piti vastaavasti muuttua. Koe-erän alussa kastoveden lämpötila oli 28 astetta. Koe-erän lopussa vesi oli lämmennyt kuumien muottien vaikutuksesta 42 asteeseen. Altaiden jäähditys estää veden kuumenemisen yli 45 asteiseksi. Koe-erän valutapahtumaa ei keskeytetty kuin raaka-aineen uuniin lisäämisen ajaksi. Tämä tapahtuma kesti muutaman minuutin. Seuraavat koe-erät; 130 astetta ja 140 astetta, valettiin samalla tavalla ilman keskeytyksiä ja kokillien lämpötilaa seuraamalla.

Koe-erien jäähtymisen jälkeen ne toimitettiin tuotannossa eteenpäin saatteella merkittynä normaalin tuotannon mukana. Tuotannossa ei seurattu erityisesti juuri näitä koe-eriä, vaan niiden käsittely oli samanlaista kuin muidenkin tuotteiden testierien. Koe-erien eteneminen tuotannossa oli odotettua ripeämpää ja tulokset saatiin nopeasti. Koe-erien tulokset saatiin 2 viikon aikana. Messinkituotannon laadunohjaajien työaikaa on näiden koe-erien aikaan käytetty muutamia tunteja. Kun pystyttiin käyttämään käytössä olevaa koe-eräkäytäntöä, ei tämän tyyppisen tuoteseurannan tekeminen ole suuri ponnistus ja resursseja kuluttavaa. Tulosten analysoinnissa meni työn kirjoittajalta huomattavasti pidempään kuin oletettiin. Tulosten analysoinnissa haasteita aiheutti koepöytäkirjoissa olleiden epä johdonmukaisuudet kappalemäärissä sekä kirjoittajan päivittäisten muiden työkiireiden aiheuttaessa odotettua enemmän askareita.

## 6.2 Koe-erien analysointi

Koe-erien tulkinta on haasteellista ja luotettavien laadun saantolukujen laskeminen on vähintäänkin epäluotettavaa johtuen eri tuotannon vaiheissa katoavista tai kappaleiden määrien merkintävirheistä. Koe-eristä nähdään kuitenkin romutussyyt ja korjattavien

tuotteiden pääasialliset vikakoodit. Näistä voidaan päätellä tuotteen eteneminen tuotannossa ja mitkä koe-erät olivat vähiten korjausta aiheuttavia ja kulkeutuivat tuotannon läpi aiheuttaen vähiten korjaavia työvaiheita. Koe-eräsaatteet ovat luettavissa liitteissä 5-7. (Liite 5, Liite 6 ja Liite 7)

Kaikkien koe-erien koko oli 100 kpl valimosta lähtiessään, jotta saadaan helpoimmin vertailtavaa tietoa. Korjaushionta on käsin tehtävää työtä, joka aiheuttaa lisäkustannuksia tuotteen valmistamisessa. Korjaushiontaan menevistä valurungoista romutetaan 3-6 %. Taulukossa 1 esitetään hionnassa olleiden valurunkojen määrä, romutettujen runkojen määrä ja korjaushiontaan menneiden määrä kuukausittain. Taulukko 2 esittää korjaushionnassa olleiden kappaleiden määrää kuukausittain ja niistä romutettujen kappaleiden prosentuaalista osuutta.

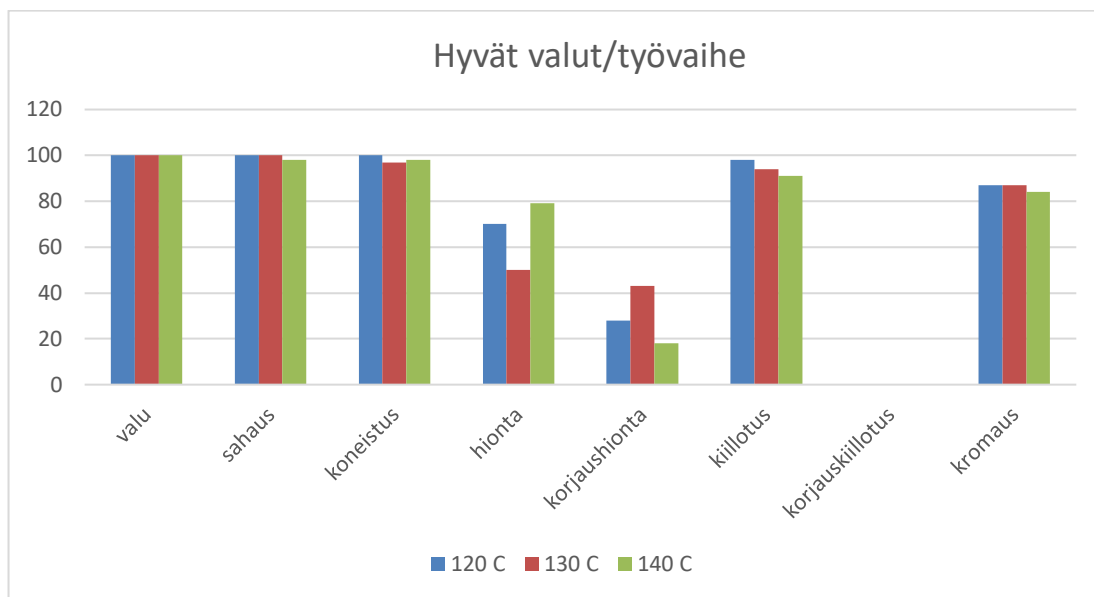
Row Labels	Hiontalinja		
	Hiottu yht.	Susi-%	Korjaushiontaan
tammi	2 160	1 %	9 %
helmi	1 608	2 %	22 %
maalis	3 111	2 %	25 %
huhti	2 316	1 %	10 %
<b>Grand Total</b>	<b>9 195</b>	<b>1 %</b>	<b>17 %</b>

Taulukko 1. Konehionnassa hiottujen valurunkojen kappalemäärä kuukausittain. Ilmoitettuna osuus, joka menee käsin tapahtuvaan korjaushiontaan. (Tuotannonohjausjärjestelmä QAD 2019)

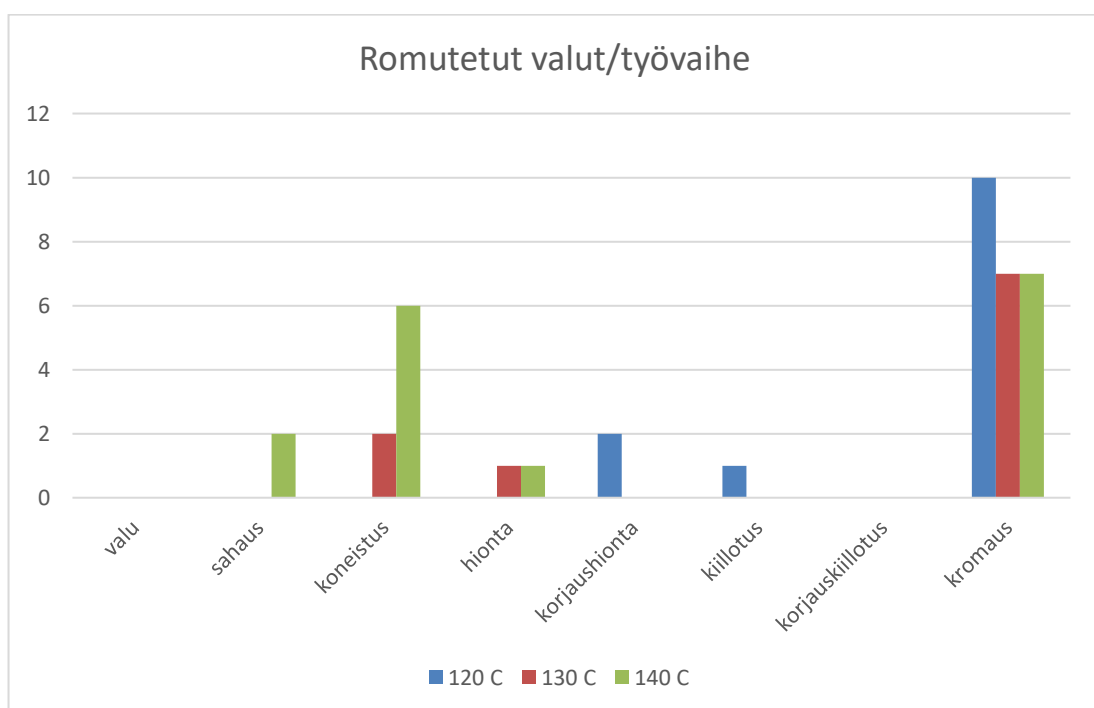
Row Labels	Korjaushionta	
	Sum of Qty Comp	Sum of Susi-%
tammi	229	6 %
helmi	426	3 %
maalis	1 177	3 %
huhti	273	4 %
<b>Grand Total</b>	<b>2 105</b>	<b>3 %</b>

Taulukko 2. Konehionnasta tulleiden valurunkojen määrä ja niistä romutettujen osuus. (Tuotannonohjausjärjestelmä QAD 2019)

Taulukon 1 ja 2 lukemat osoittavat tavanomaiset korjaushiontaan ohjautuvat kappalemäärät tällä tuotteella. Kun tarkastellaan koe-erien osoittamia korjaushiontaan menneitä määriä, ainoastaan lämpötilalla 140 astetta valettu koe-erä edustaa tätä trendiä. Kuviossa 5 esitellään eri työvaiheissa romutetut valurungot ja niiden määrät. Tässä tutkimuksessa on syytä jättää huomiotta kromauksen aiheuttamat romutukset, kun tutkitaan valurungon aiheuttamia syitä.



Kuvio 4. Messinkivalmistuksen eri työvaiheen läpäisseet hyväksytyt valurungot.



Kuvio 5. Messinkivalmistuksen eri työvaiheissa romutetut valurungot.



Koelämpötilalla 120 valettuja runkoja ohjautui korjaushiontaan 43 kpl, joista 15 kpl oli sahausjälkien korjauksen vuoksi. (Liite 5) Nämä eivät johdu tässä kokeessa seurattavien syiden vuoksi. Koelämpötilalla 130 valettuja runkoja on jouduttu korjaushiomaan poikkeuksellisen paljon (Kuvio 4), kun huhtikuun keskimääräinen korjausmäärä on ollut 25 prosenttia (Taulukko 1). Kuviosta 4 nähdään, että valulämmöllä 140 C on tullut vähiten korjaushiontaa vaativaa valukappaletta. Taulukossa 1 ilmoitettu helmi- ja maaliskuussa korjaushiontaan toimitettujen kappaleiden prosentuaalinen osuus on huomattavasti korkeampi, kuin tammi- ja huhtikuussa.

Selvitys	120 astetta	130 astetta	140 astetta
<b>Valmiit kappaleet</b>	87	87	84
valuromut	7	10	7
muut romut	5	4	1
imu/mogulointi	0	2	6
kateissa	0	0	1
korjaushiontaan,	43	43	18
korjauksen syy muu kuin valu	15		
	28		
Moguloidut ok/ määrä	87	89	90

Taulukko 3. Selvitys eri koe-erien valusta aiheutuvista romutuksista.

Taulukossa 3 selvennetään eri koe-erien selkeästi valusta aiheutuvista romutuksista. Koe-erässä 120 astetta oli jouduttu korjaushiontaan ohjaamaan enemmän valuja kuin normaalisti sahausvirheen vuoksi. (Liite 4 ja 5) Koe-erässä 130 astetta romutettujen määrä on selkeästi korkeampi ja korjaushiottavien määrä on huomattavan korkea eriin 120 ja 140 verrattuna. Koe-erä 140 astetta näyttää mielenkiintoiselta, koska valuromujen määrä on samalla tasolla kuin 120 astetta mutta imujen määrä valussa on kasvanut. Korjaushiottavien määrä on laskenut huomattavasti muihin eriin verrattuna. Erissä 130 astetta ja 140 astetta olevien imuromujen esiintyminen johtuu todennäköisesti lämpötilan noususta. Nämä kappaleet saadaan käyttöön moguloinnin avulla, mutta mogulointiprosessi on ostopalveluna suoritettava kallis ja tuotannon läpimenoa hidastava prosessi.

## 7 YHTEENVETO

Suurin osa projektiin käytetystä ajasta on mennyt taustatietojen etsimisessä ja tarjolla olevaan materiaaliin tutustumisessa. Messingin matalapainevalusta on kirjallisuutta tarjolla rajoitetusti. On ollut suuri apu aiemmista tutkimuksista, joiden kirjallisuutta löytyi käytettäväksi Oraksen omista arkistoista. Paras aiheesta löytyvä materiaali oli-kin Oraksen omista arkistoista, joita tutkimalla pääsi parhaiten asiaan perehtymään.

### 7.1 Tutkimustulokset

Koe-erästä romutettavat kappaleet pitäisi valmistaa loppuun asti, koska eri vaiheessa pois seurannasta jäävät valut voivat olla monivirheellisiä. Nämä kaikki virheet eivät tule raportoiduksi, jos ne romutetaan ennen seuraavaa vaihetta ja kaikkien virheiden toteamista. Koe-erän tarkoituksesta riippuen, tulisi miettiä onko syytä antaa kaikkien virheellistenkin kappaleiden antaa mennä prosessin loppuun asti, jotta pystytään tulkitsemaan oikein prosessin onnistumista. Kun tehdään päätelmiä tuotteen onnistumisesta ja seuraavista korjaavista toimenpiteistä laadun parantamiseksi, on syytä miettiä tarkentavia toimia koe-erän seurantaan. Koko ketjun työntekijöille pitää olla selvää, ettei kappaleita voi kadota tai romutussyitä jättää merkitsemättä.

Kaikkeen kuitenkin valaja ei pysty vaikuttamaan, joten jos halutaan panostaa prosessin vakioimiseen, on uusilla koneinvestoinneilla suuri merkitys. Nykyiset laitteistot eivät ole herkästi säädettäviä ja niin uunien lämpötila ja valupaine on liian suurella haarukalla säädettävissä. Paras tilanne on, kun uuniin panostuu tasaisesti raaka-ainetta ja näin sulan messingin lämpötila pysyy tasaisempana.

Tämän tutkimuksen perusteella en lähtisi muuttamaan nykyisin käytössä olevaa ohjeistusta 120 asteen kokillin valulämpötilasta, vaan ennemminkin kehittäisin raportointia koe-erien tuloksista, jotta oikeita johtopäätöksiä voidaan tehdä niiden pohjalta. Alkuperäisen tutkimuksen tarkoituksena oli todentaa miten lämpötila vaikuttaa pinnanlaatuun, mutta vähintäänkin koe on toistettava, jotta voidaan olla varma lopputu-

loksesta. Jatkaisin myös tutkimuksia kokillin lämpötilalla 140 astetta, koska korjaushiontaan menevien kappaleiden määrä on huomattavan paljon pienemmällä tasolla kuin muilla koe-erillä. Tässä pitää punnita imuvikaisten kappaleiden korjauksen ja korjaushionnan eri kustannuksien eroja ja läpimenoaikoja. Saattaisi olla, että eri struktuurilla olevalla valulla hyöty lämpötilan nostamisella voisi olla isompi ja imuvikoja ei synny.

## 7.2 Jatkoehdotus

Testaus näillä lämpötiloilla kannattaa mielestäni toistaa, jotta voidaan toistaa tulos. Eri vaiheessa tuotteet romutettaisiin kuten tähänkin asti mutta valmistetaan myös koneistusvialliset kromausvaiheeseen asti. Tämä aiheuttaa lisäkustannuksia, mutta koe-erän tulos on oikeampi ja saadaan pinnanlaadusta todellinen tulos.

Oras Oy:n messinkivalmistuksen laadunohjaajilla on runsaasti ammattitaitoa ja osastojen välinen yhteistyö toimii hienosti. Yleisellä tasolla olisi hyvä, jos yhdellä henkilöllä olisi aikaa ja asiantuntemusta seurata tuotteen koko valmistusketjun ajan, miten tuote etenee ja mitä ongelmia tuotteen valmistamisessa esiintyy. Nyt koe-eräsaatteen ei tule mainintaa tuotteen valmistettavuudesta tuotannon eri vaiheissa. Työntekijät saattavat havaita tuotteen tekemisen eri vaiheissa haasteita tai parannusehdotuksia mutta työkiireessä eivät nämä ideat etene tai niitä ei muisteta kertoa toteuttaville tahoille. Erityisesti ilta- ja yövuoroista tieto ei välttämättä kantaudu kun laadunohjaajat, työnjohto ja ryhmänohjat ovat paikalla vain aamuvuorossa. Jotta toimintatapaa voitaisiin muuttaa siihen suuntaan, että olisi yksi koe-eristä vastaava henkilö läpi tuotantoketjun, tarvitaan siihen ylemmän johdon siunaus ja rahallinen panostus. Uskon että tällä toimintatavan muutoksella olisi kuitenkin tuottavuudelle positiivinen merkitys. Käynnissä oleva Lean Six Sigman Green Belt-koulutus on hyvä apukeino tulosten tulkitsemisessä ja johtopäätöksiä tehdessä.

## LÄHTEET

Aaltonen, K., Aromäki, M. & Ihalainen, E. 2005. Valmistustekniikka. 11. muuttum. p. Helsinki: Otatieto.

Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Helsinki. Edita Publishing.

Lahtinen, J. 2019. Valuasettaja, Oras Oy. Rauma. Henkilökohtainen haastattelu. Haastattelijana Milla Kallioinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Lahdensuo, M. Autio, J. Valuprosessin tuotanto-olosuhteiden vakiointi. Väliraportti III. Tampere. Raportti 26/96. 1996. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Materiaaliopin laitos.

Lintunen, P. Autio, J. Matalapainekokillivalun prosessiparametrit ja kokillisuunnittelun optimointi. Loppuraportti. Tampere. 1992. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Materiaaliopin laitos.

Meriluoto, M. 2019. Laadunohjaaja, Oras Oy. Rauma. Henkilökohtainen haastattelu 15.3.2019. Haastattelijana Milla Kallioinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Meskanen, S. Höök, T. Valuatlas Muokattu 3.9.2015 <https://docplayer.fi/12270588-Http-www-valuation-net-valuation-kestomuottivalujen-suunnittelu-seija-meskanen-tuula-hook.html>

Oras Investin www-sivut. Viitattu 16.3.2019. <https://orainvest.fi>

Oras Oy:n www-sivut. Viitattu 16.3.2019. <https://www.oras.com>

Quality Knowhow-Karjalainen. 2019. Sixsigma. Viitattu 14.4.2019. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/etusivu>

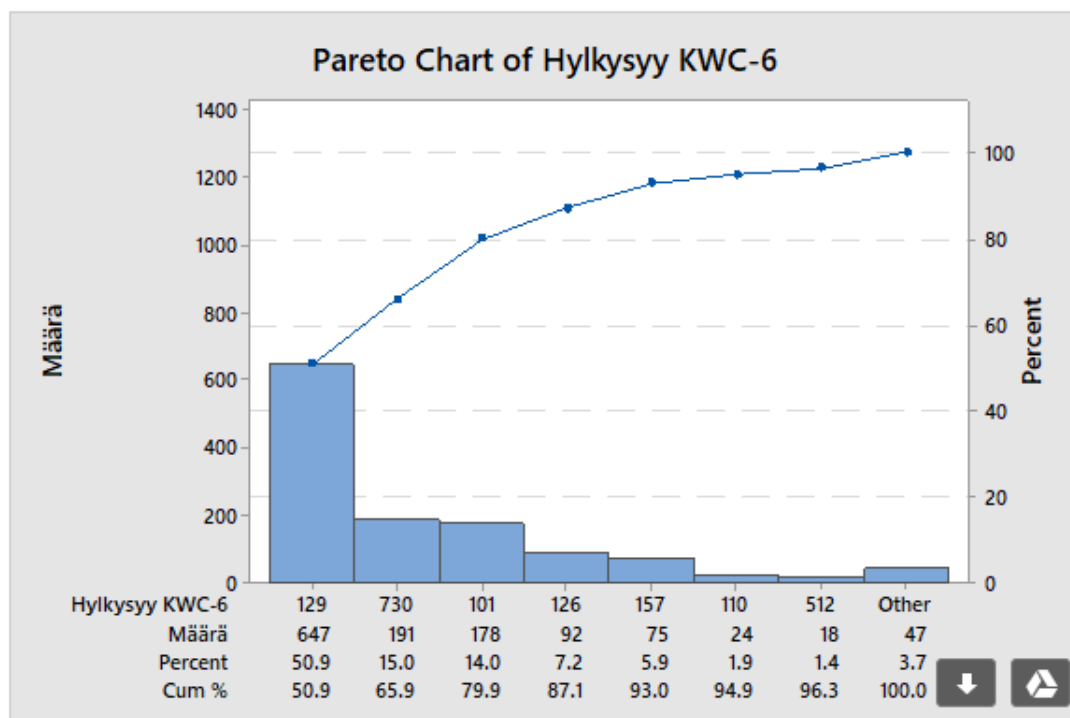
(qj.karjalainen.fi, www-sivut. 2019) Viitattu 15.4.2019. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/laadun-perustyoekalut-pareto-histogrammi-ja-ohjauskortti/>

Tuotannonohjausjärjestelmä QAD 2019

Valuatlas. Valuvikojen luokittelu, Suunnittelijan perusopas. Viitattu 15.4.2019. <http://www.valuatlas.fi/?q=node/268>

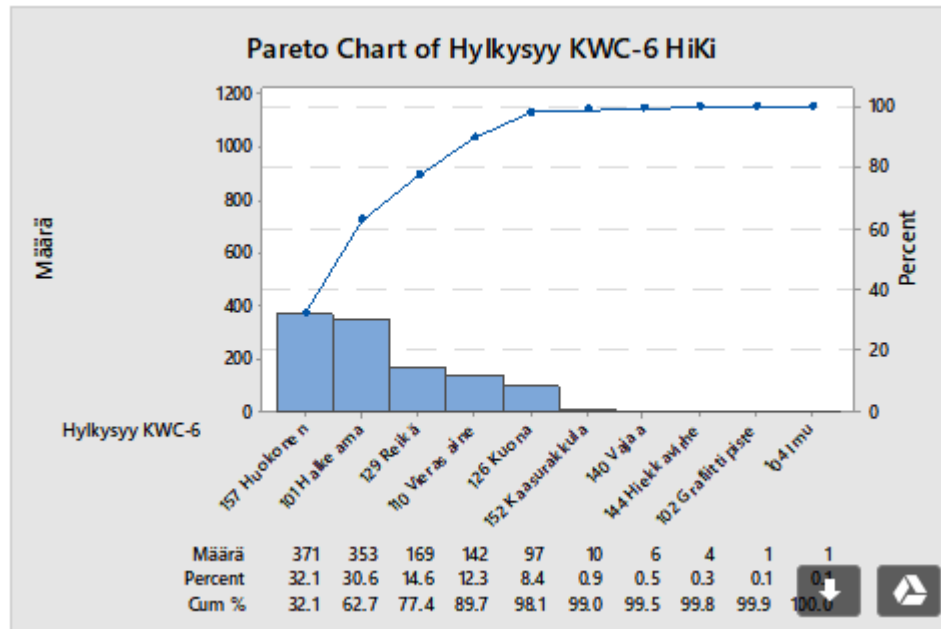
## LIITE 1

Valurungon 199209 hylkysyyt valimossa syyskuu 2018 -maaliskuu 2019.



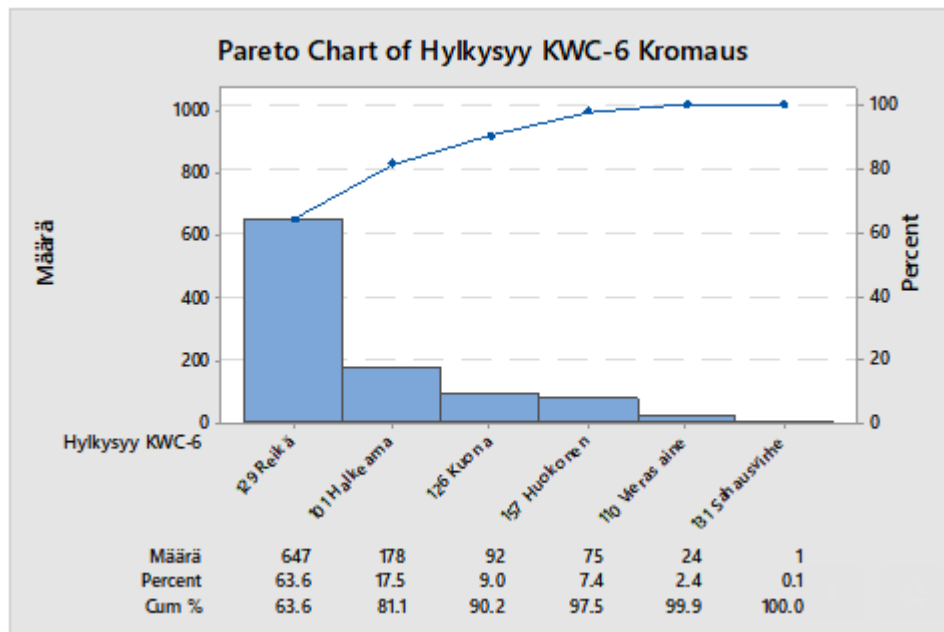
## LIITE 2

Valurungon 199209 hylkysyyt hionta-kiillotuksessa syyskuu 2018 -maaliskuu 2019.



## LIITE 3

Valurungon 199209 hylkysyyt kromauksessa syyskuu 2018 -maaliskuu 2019.



## LIITE 4

ORAS OY

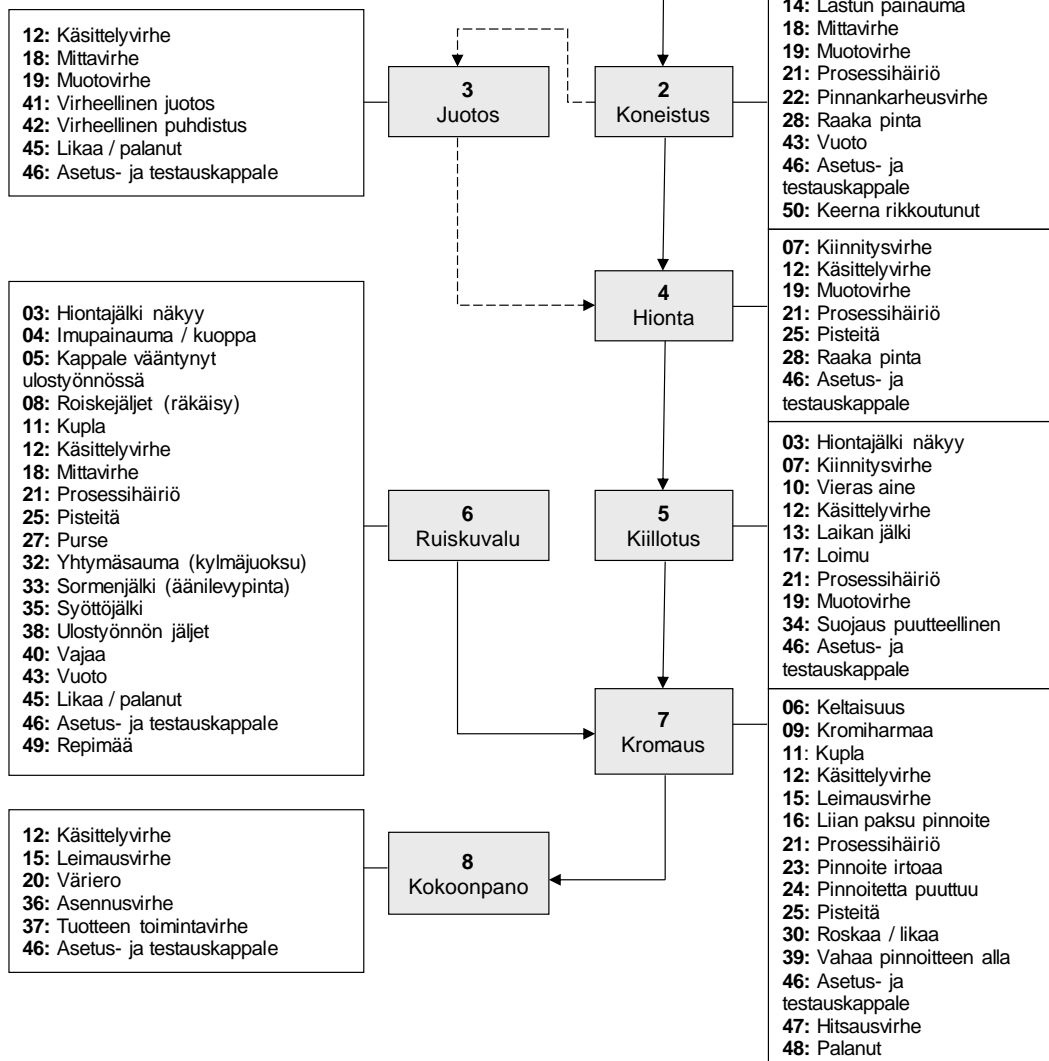
(työversio: 21.6.07 Kh)

## HYLKÄYSKOODIT

Hylkäyskoodinnumero koostuu kahdesta osasta:

1. Ensimmäinen numero valitaan työvaiheen mukaan: **1 – 8** (missä työvaiheessa virhe on syntynyt).
2. Seuraava luku valitaan ao. työvaiheen kohdalla olevista vaihtoehdoista, jotka kertovat varsinaisen hylkäyksen syyn.

Esim. Koodi **101** (halkeama (pore)) tarkoittaa hylkäystä, joka on tehty valimossa syntyneen virheen vuoksi.





## LIITE 5

## KOE-ERÄ

Piilota tyhjät

Tall

Näytä kaikki

Koe nro	18126	hae	Kokeen kuvaus ja tarkoitus: <b>Kokillin lämpötila 120*c</b>
Osanumero	199209		
pvm	12.3.2019 7:01	nyt	
Kuvaus	lämpötila 120		
Koesarjan suuruus	100		
Kokeen lähettäjä	valimo		
Materiaali	CB770S		
Kokillin järjestysno			Lisäohjeet: <b>Säilytä romut, merkkää virhepaikat tussilla kappaleeseen</b>

Valu	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	100					12.3	15081
Total	100	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Sahaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	100					12.3	890
Total	100	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Koneistus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	81					12.3	15698
	19					13.3	15629
Total	100	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Hionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
100	43				Korjaushiontaan 43 joissa (15kpl 131) ja (28kpl 129)	13.3	15301
	12				korjaushiontaan 5kpl	13.3	15256
Total	55	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Korjaushionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	43	2				13.3	524
Total	43	2		96 %			
Lisäohjeet:							

Kiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	97	1	110			13.3	15256
Total	97	1		99 %			
Lisäohjeet:							

Korjauskiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Kromaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
97	65	5	129			14.3	15303
		5	730				
	22					114.3	206
Total	87	10		90 %			
Lisäohjeet:							

## LIITE 6

## KOE-ERÄ

Piilota tyhjät Tall Näytä kaikki

Koe nro	18127	hae	Kokeen kuvaus ja tarkoitus: <b>Kokillin lämpötila 130°C</b>
Osanumero	199209		
pvm	12.3.2019 7:07	nyt	
Kuvaus	lämpötila 130		
Koesarjan suuruus	100		
Kokeen lähettäjä	valimo		
Materiaali	CB770S		
Kokillin järjestysnro			Lisäohjeet: <b>Säilytä romut, merkkää virhepaikat tussilla kappaleeseen</b>

Valu	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Sahaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Koneistus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	65					13.3	319
	30					13.3	37
Total	95	0		100 %			
Lisäohjeet: <b>moguliin 2 kpl</b>							

Hionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	45	1				12.3	15301
	5					14.3	100028
Total	50	1		98 %			
Lisäohjeet: <b>korjaushiontaan 43kpl / 129</b>							

Korjaushionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Kiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	94					14.3	100028
Total	94	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Korjauskiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Kromaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	69	1	101			15.3	15303
		2	129				
		3	730				
	18	1	512			18.3	206
Total	87	7		93 %			
Lisäohjeet:							

## LIITE 7

## KOE-ERÄ

Piilota tyhjät

Tall

Näytä kaikki

Koe nro	18128	hae	Kokeen kuvaus ja tarkoitus: <b>Kokillin lämpötila 140*c</b> Lisäohjeet: <b>Säilytä romut. Merkkää virhepaikat tussilla kappaleeseen</b>
Osanumero	199209		
pvm	12.3.2019 8:42	nyt	
Kuvaus	lämpötila 140		
Koesarjan suuruus	100		
Kokeen lähettäjä	valimo		
Materiaali	CB770S		
Kokilliin järjestysnro			

Valu	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	100					12.3	15081
Total	100	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Sahaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	98					12.3	267
Total	98	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Koneistus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	92					13.3	15629
Total	92	0		100 %			
Lisäohjeet: <b>Moguliin 6kpl</b>							

Hionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	73	1	157		18 kpl korj.hiontaan	13.3	15256
Total	73	1		99 %			
Lisäohjeet:							

Korjaushionta	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	18						
Total	18	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Kiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	7					13.3	15256
	84				pisteitä ja reikiä päällä	14.3	228
Total	91	0		100 %			
Lisäohjeet:							

Korjauskiillotus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
Total	0	0		0 %			
Lisäohjeet:							

Kromaus	Hyviä	Hylättyjä	Virhekoodi	Saanto %	Kokeessa saavutetut tulokset	pvm	Hiö. Nro
	51	1	129			14.3.	206
		1	712				
	33	4	129			15.3.	15561
Total	84	6		93 %			
Lisäohjeet:							

