

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

HANNA ALA-KARVIA

## **Tuotannon laatuohjeet**

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA  
2025

## TIIVISTELMÄ

Ala-Karvia, Hanna: Tuotannon laatuohjeet  
Opinnäytetyö, AMK  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2025  
Sivumäärä: 31

Termit: Kupari, laatu, rekristallisaatio, pisto, peittäus, jäyste

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä Aurubis Finland Oy:lle tuotantoon konekohdattaiset laatuohjeet. Työn tarkoituksena oli tehdä yksinkertaiset laatuohjeet lähes jokaiselle koneelle, joita tarkkailemalla pystytään havaitsemaan yleisimmät laaturvirheet ajoissa. Ohjeiden avulla pystytään välttämään, tai ainakin ennalta koimaan yleisimmät laatueroavaisuuden aiheuttajat. Tärkeimpänä tavoitteena on kiinnittää huomiota koneen laaduntuottokykyyn ja sitä kautta vähentää turhia romutuksia.

Opinnäytetyöhön keräsin aineistoa tuotannon työntekijöiltä, yrityksen laaturomutusjärjestelmästä, sekä kirjallisuudesta ja muista yrityksen laatua käsittelevistä tiedostoista.

Suurin tieto tuli kuitenkin haastatteluiden kautta tuotannon eri työntekijöiltä, ja teorian tiedon tukena käytin yrityksen keräämiä laatu-tietoja. Laatuohjeita varten haastatteluosuuteen meni monia tunteja ja haastateltavia henkilöitä oli lähemmäs 100, joukossa myös yksittäisiä toimihenkilöitä.

Haastatteluiden ja tutkimusten perusteella saatiin paljon tietoa tuotantoprosessista, laatuun vaikuttavista tekijöistä sekä syventävää tietoa koneiden toimintaperiaatteista.

Haastatteluiden tuloksena yrityksen tuotantokoneille syntyi selkeät ohjeet laaturvirheiden tarkkailun tueksi.

## ABSTRACT

Ala-Karvia, Hanna: Quality instructions for production  
Bachelor's thesis  
Degree program of Mechanical engineering  
May 2025  
Number of pages: 31

Keywords: Copper, quality, recrystallization, thrust, pickling, fin

This bachelor's thesis subject was to create quality instructions for Aurubis Finland's production.

The purpose of this thesis was to make simple quality instructions for almost every machine, which can be used for observe, and to find the most common quality factors early.

The effect of the guidelines is to avoid, or at least anticipate the most common quality factors, leading to quality deviations.

Another goal is to draw attention to the machine's ability to produce quality and in the circumstances reduce the amount of quality reject.

The information for this thesis was collected from the company's employees, company's quality control system and as well as from literature and other internal materials related to the company's quality.

However, the most significant information was gathered through interviews with many production employees, supported by theories from the company's existing internal quality data. The interviews required many hours and there was almost a 100 interview's including the individual official employees.

Based on the interviews and research, a lot of information was found by the factors that affect production quality, as well as more in-depth knowledge about the machine's operational parameters.

The result of interview's, was to made simple as possible instructions about quality for production.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 TOIMEKSIANTAJA .....	7
2.1 Aurubis AG .....	8
2.2 Aurubis Finland Oy .....	8
2.3 Kuparivalimo .....	9
3 KUPARIVALSSAAMO .....	9
3.1 Valssaus .....	10
3.1.1 Kuumavalssaus .....	10
3.1.2 Kylmävalssaus .....	12
3.2 Hehkutus .....	12
3.3 Pesu .....	12
3.4 Peittäus .....	13
3.5 Pakkaus .....	13
4 KUPARISEOKSET .....	13
4.1 Kupari .....	13
4.2 Hapeton kupari OF/OFE .....	14
4.2.1 OFE .....	14
4.3 Deoksidoitu kupari DHP .....	15
4.4 Happipitoinen kupari ETP .....	15
4.5 XLP-Kupari .....	15
5 ARKKITEHTUURITUOTTEET .....	16
5.1 Nordic Copper .....	16
5.2 Nordic Copper edut arkkitehtuurissa .....	16
5.3 Pinnanlaadun merkitys arkkitehtuurissa .....	17
6 LAATU .....	17
6.1 Laatu käsitteenä .....	17
6.2 Yrityksen laatupoikkeamat .....	18
6.3 Naarmut ja raidat .....	19
6.4 Hilse .....	20
6.5 Paksuuspoikkeama .....	20
7 LAADUN SEURANTA TUOTANNOSSA .....	21
7.1 Laadunhallinta .....	21
7.2 Laboratorio .....	22
7.3 Ametek .....	22
7.4 Mittaukset .....	23

8 KONEKOHTAISET LAATUOHJEET .....	23
8.1 Laatuohjeiden rakentuminen .....	23
8.2 Laatuohjeiden määrä.....	24
8.3 Konekohtainen laatuohje .....	24
9 YLEISIMMÄT LAATUVIRHEIDEN AIHEUTTAJAT .....	25
9.1 Rullat ja telat.....	26
9.1.1 Laakerit.....	26
9.1.2 Voitelu.....	27
9.2 Terät.....	27
9.3 Emulsio ja demivesi.....	27
10 POHDINTA .....	28
LÄHTEET.....	30

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tehdä Aurubis Finland Oy:lle laatuohjeet tuotantoprosessin eri tuotantokoneille. Yrityksellä oli tarve saada tuotantokoneille yksinkertaiset laatuohjeet. Ohjeiden tavoitteena on toimia muistilistana sekä uusille että vanhoille työntekijöille, ja auttaa seuraamaan koneen yleisimpiä laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Laatuohjeisiin on kerätty 3 merkittävintä tekijää, jotka toimintakunnoltaan vaikuttavat laatuun. Tekijöiden lisäksi on selitetty, mitä laatuvirhettä tekijät aiheuttavat. Tiedon kerääminen tapahtui haastatteluiden kautta suurelta joukolta työntekijöitä, mutta tuloksia tukemassa oli myös teoretieto. Myös yrityksen omat dokumentit laadusta, sekä laaturomutuksista ja niiden määrästä, oli käytössäni.

Tutkimusmenetelmänä käytin kvalitatiivista-, sekä kvantitatiivista menetelmää. Kvalitatiivinen menetelmä on laadullinen tutkimus, joka pyrkii ymmärtämään tuotteen laatua, eri ominaisuuksia ja merkitystä. Kvalitatiivisen menetelmän rinnalla käytössä oli kvantitatiivinen menetelmä, joka on määrällinen tutkimus. Tämä perustuu eri kohteiden kuvaamiseen sekä tulkitsemiseen erilaisten numeroiden ja tilastojen avulla (Jyväskylän yliopisto, verkkosivut). Molempia tutkimusmenetelmiä hyödyntäen sai hyvän kokonaisuuden aikaan.

Olen työskennellyt työnantajalla kevästä 2023 lähtien, joten oli luontevaa tehdä yritykseen myös opinnäytetyö. Opinnäytetyön aihe on tärkeä ja mielenkiintoinen, sekä siitä on hyötyä myös omassa työtehtävässäni. Tätä opinnäytetyötä oli mukana tukemassa lähes kaikki tuotantotyöntekijät haastatteluiden kautta, sekä muutamat toimihenkilöt. Laatuohjeiden hahmottelu lähti hyvin käyntiin. Ohjeita tehdessä, oli hankala punnita, että mitä laatutekijöitä ohjeisiin laittaa ja mitä jättää pois. Ohjeisiin valikoitui kuitenkin yleisimmät laatutekijät,

niin kuin oli tarkoituskin. Teoriaa ja haastatteluista kerättyä tietoa hyödyntäen syntyi yksinkertaiset laatuohjeet.

## 2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Aurubis Finland Oy, jonka toimipiste sijaitsee Kupariteollisuuspuistossa (kuva 1), Porin Metallinkylässä.

Kupariteollisuuspuisto on n.100ha alue Kokemäenjoen varrella, jossa työskentelee useita alan huippuyrityksiä, ja lähes 1 500 työntekijää.

Kupariteollisuuspuistossa sijaitsevia yrityksiä ovat mm. Aurubis, Boliden, Cupori, Luvata sekä Metso (Kupariteollisuuspuisto verkkosivut, 2024).



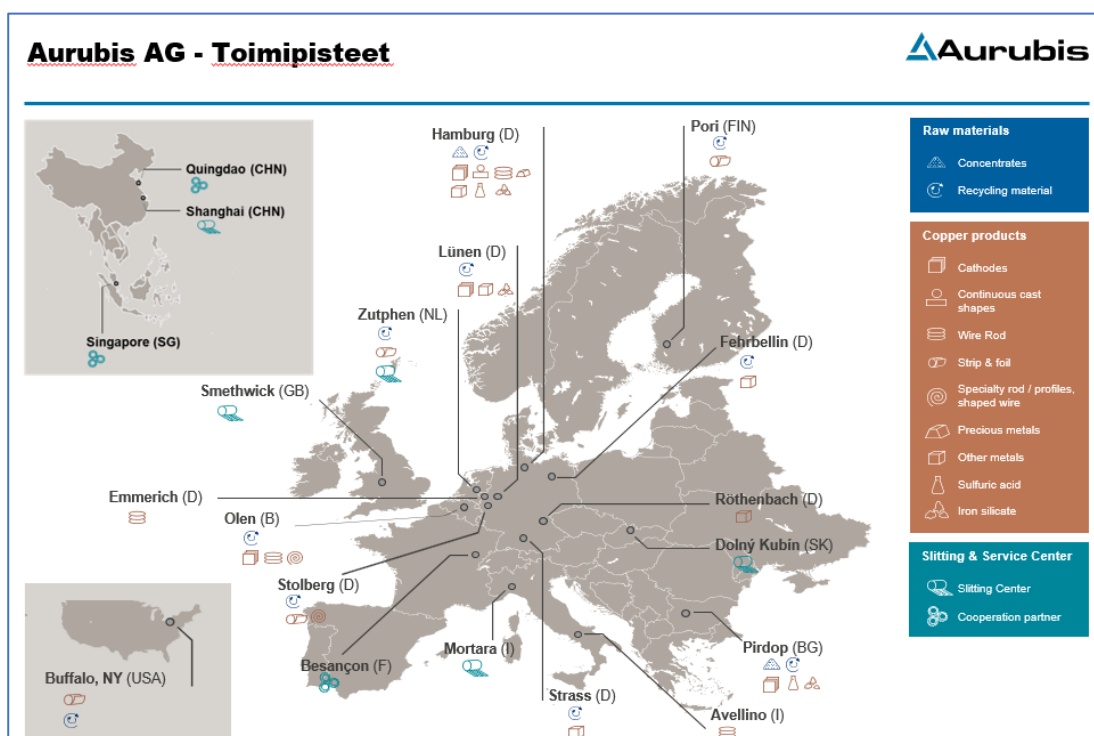
Kuva 1. Kupariteollisuuspuisto, Aurubis Finland Oy kuvan etusijalla (Aurubis Finland [www-ivut](http://www-ivut)).

## 2.1 Aurubis AG

Aurubis AG on saksalainen metallialan yritys, joka perustettiin vuonna 1866 Saksan Hampurissa. Aurubis on maailman johtavin kuparialan yritys sekä yksi maailman suurimpia kuparin ja jalometallien kierrättäjiä koko maailmassa (kuva 2).

Yrityksessä työskentelee maailmanlaajuisesti n. 7 100 työntekijää yli 20 eri maassa (Aurubis Finland verkkosivut, 2024).

Aurubis tuottaa n. 1,2 miljoonaa tonnia kuparikatodia, joiden kuparipitoisuus on vähintään 99,99%. Katodit tuotetaan erottamalla jalostamattomasta kuparista puhdas kupari (Aurubis AG www-sivut).



Kuva 2. Aurubiksen toimipisteet kartalla.

## 2.2 Aurubis Finland Oy

Aurubis Finland Oy sijaitsee Porin Metallinkylässä Kupariteollisuuspuiston alueella. Aurubis työllistää Porissa noin 310 työntekijää sekä tuotanto- että toimihenkilötehtävissä. Aurubis Finland on vaikuttanut Porissa vuodesta 2011

lähtien, jolloin Aurubis AG osti osan silloisesta Luvatan toiminnosta, ja siitä lähti Aurubis konsernin taival Suomessa.

Aurubis tuottaa kuparikatodia romukuparista, kierrätetystä raaka-aineesta sekä valmistaa useita erilaisia kuparituotteita.

Porissa valmistuvia tuotteita ovat mm. kuumavalssatut levyt, kylmävalssatut levyt, nauhat, levyt ja pyörylät. Aurubiksen tuotteista n. 90% menee vientiin sähkö-, elektroniikka-, sekä rakennustarpeisiin (Aurubis Finland verkkosivut).

### 2.3 Kuparivalimo

Porissa sijaitseva kuparivalimo on rakennettu kuparipuiston alueelle vuonna 1978.

Kuparikatodit ja romukuparit sulatetaan valu-uunissa, josta sula valu kaadetaan halutun kokoiseen valumuottiin ja sahataan määrättyihin mittoihin.

Valmiit kuparivalanteet yleisimmin ovat n.6 000kg painoisia laattoja.

Näin syntyy kuparilaatat valssaamon tuotantokäyttöön.

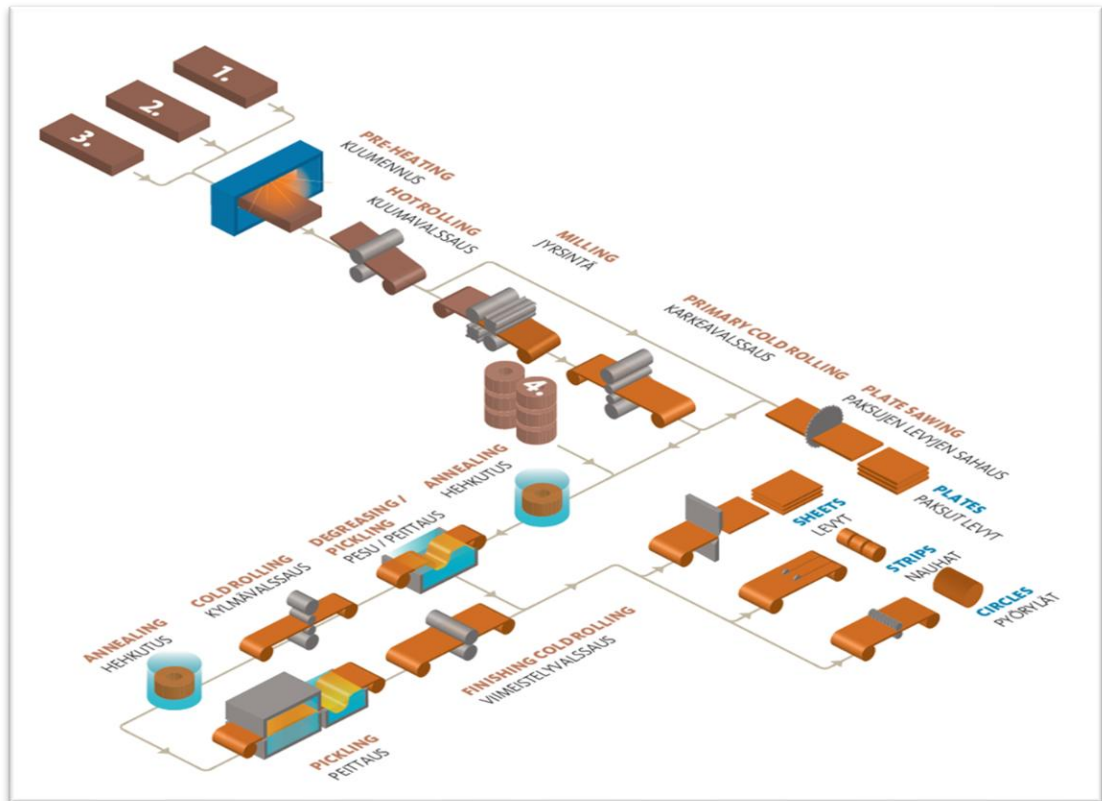
Kuparivalimossa syntyvä hukkalämpö ohjataan Porin Energian kaukolämpöverkkoon, jolla saadaan lämmitettyä Porilaisten koteja (Aurubis Finland www-sivut 2024).

## 3 KUPARIVALSSAAMO

Porista löytyy pohjoismaiden ainoa kuparivalssaamo. Valimosta tuodaan laatata valssaamon puolelle, josta muokausprosessi alkaa.

Laatat menevät ensin laattauunin läpi, jossa lämpötila on keskimäärin n.850 astetta. Tällä saadaan muokattua laatan rakennetta vastaanottavaksi vaaditulle muokkaukselle. Uunista laatta nostetaan kuumavalssille, jossa se valssataan haluttuun pituuteen sekä paksuuteen. Laatat voidaan myös

vaihtoehtoisesti kelata rullalle. Laatat ja rullat jyristään jyrsimellä, jolloin oksidikerros poistetaan tuotteen pinnasta. Jyrsimen jälkeen tuote jatkaa matkaansa tuotannossa (kuva 3).



Kuva 3. Valssaamon tuotantoprosessi (Aurubis Finland Oy, Intranet).

### 3.1 Valssaus

Valssaus on tapahtuma, jossa tuote ajetaan valssien välistä niin että tuotteen ominaisuuksia pystyy muokkaamaan. Riippuen siitä kuinka monta kertaa tuote ajetaan valssien välistä, pystyy valssauksella muuttamaan tuotteen pituutta, paksuutta ja materiaaliarvoja.

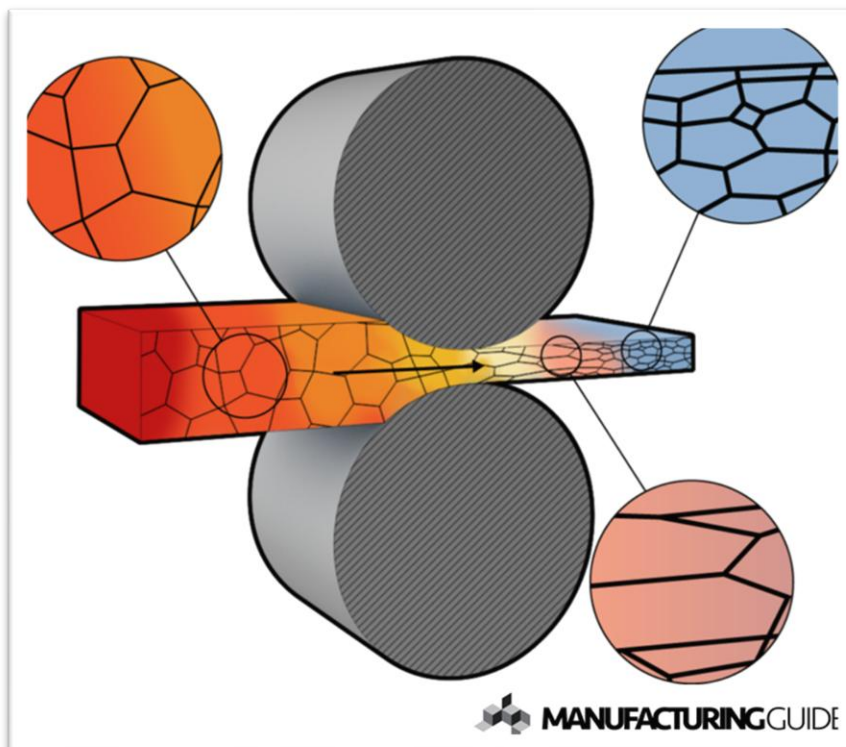
#### 3.1.1 Kuumavalssaus

Ennen kuumavalssausta laattaa hehkutetaan laattauunissa noin 2-3h ajan, lämpötilan ollessa keksimäärin 850 astetta. Kun laatta on ollut uunissa

määrätyn ajan, se nostetaan kuumavalssin radalle. Uunista tullessaan laatta on uudelleen kiteytymispisteen yläpuolella, eli puhutaan rekristallisaatioista.

Rekristallisaatiossa kappaleen metallurgiset ominaisuudet ovat vastaanottavia muokkaukselle. Materiaaliin raekoko kasvaa, ja lujuus on alhaisempi, joka mahdollistaa kappaleen helpon muokkauksen (Industrial Metallurgists, LLC [www-sivut](http://www-sivut)).

Valssauksessa laatta ajetaan suurien pyörivien valssien välistä, jolloin kappaleen paksuus pienenee ja laatan pituus kasvaa jokaisella pistolla (kuva 4). Pistot tarkoittavat kuinka monta kertaa tuote ajetaan valssien välistä. Pistojen määrä riippuu lopputuotteesta, sekä siitä, että jääkö tuote laataksi vai rullaksi. Kuumavalssauksen jälkeen tuote menee jäähdytystunneliin, jossa se jäähdytetään.



Kuva 4. Kuvassa valssauksen toimintaperiaate. Työvalssit muokkaavat kappaleen rakennetta sekä muotoa (Manufacturing Guide [www-sivut](http://www-sivut)).

### 3.1.2 Kylmävalssaus

Kylmävalssaus on tuotteen kylmämuokkausta, jolloin lämpötila on alle rekristallisaatiolämpötilan. Kylmävalssauksen aikana voidaan muokata tuotteen lujuutta, tasomaisuutta ja saavutetaan tuotteen vaatima loppumitta. Valssauksen aikana päästään tarkkoihin mittatoleransseihin sekä saadaan pinnanlaatua parannettua.

### 3.2 Hehkutus

Kuparille tehdään tuotannossa usein pehmennyshehkutus, jolla voidaan muokata materiaalin rakennetta ja lujuusominaisuuksia. Hehkutus tehdään usein kylmävalssauksen jälkeen. Kylmävalssaus ei anna materiaalille enää varaa muokkautua, jolloin pehmennyshehkutuksella saadaan materiaalin reakokoa, lujuutta sekä materiaalin jännitystä kasvatettua ja tuote on taas valmis vastaanottamaan lisämuokkausta. Myös hehkutuksen lämpötilalla ja hehkutuksen ajalla on merkitystä. Alemmissa lämpötiloissa saadaan sisäiset jännitykset alhaisemmaksi niin että lujuusarvot pysyvät samanlaisina. Korkeimmilla lämpötiloilla saadaan aikaan rekristallisaatio. Tällöin materiaalin venymäraja, murtojuuus sekä kovuus pienenevät ja murtovenymä kasvaa (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.74).

### 3.3 Pesu

Pesuvaiheessa tuotteesta pestään epäpuhtaudet ja ylimäärien öljy pois, mitä on tuotantoprosessin aikana tullut. Pesukoneella rulla syötetään koneeseen, jossa se menee pesuainekaapin läpi, jossa tuote myös harjataan. Tämän jälkeen tuote kulkee peittausaltaaseen, ja sieltä huuhtelukaappiin, jossa tuote jälleen harjataan. Lopuksi tuote menee inhibiittisuihkujen läpi ja sieltä kuivausyksikköön, jonka jälkeen tuote kelataan vetokelalla rullalle. Inhibiitti ei ole välttämätön kaikille tuotteille.

### 3.4 Peittäus

Tuotteelle voidaan tehdä happo- tai inhibiittipeittäus, joka estää hapon syövyttämästä tuotetta. Happepeittäus tehdään rikkihappovesiliuoksessa, jolloin tuotteen pintakerrokset irtoavat, ja ne harjataan mekaanisesti pois. Peittäusliuos on 10 tilavuus%:ssa rikkihappovesiliuoksessa (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.166).

Inhibiitti on korroosionestoaine, suojaa kuparin pintaa hapettumiselta. Korkean tehokkuuden ja alhaisten kustannusten vuoksi inhibiitti on tehokas biokemiallinen aine, joka estää entsyymien toiminnan osittain tai kokonaan (ScienceDirect.www-sivut).

### 3.5 Pakkaus

Tuotteen pakkaus on osana laadunvarmistusta. Pakkausvaiheessa pitäisi huomioida, että tuote on lähetyskelpoinen. Tuotteessa ei saa olla esimerkiksi kelausheittoa tai jäysteiset, ropeloiset reunat tai muuta laadullista huomattavaa poikkeamaa. Oikein pakattu tuote takaa sen, että asiakas saa tilaamansa tuotteen sellaisena kuin piti. Puutteellisen pakkauksen vuoksi tuote voi esimerkiksi päästä kastumaan ja hapettumaan kuljetuksen aikana. Myös paketin kunollinen kiristys metallivanteilla on tärkeä, sillä paketti matkaa tuotteen tilaajalle rekassa, merikontissa tai lentorahtina, joten paketin on pysyttävä tukevasti paikoillaan kuljetuksen ajan.

## 4 KUPARISEOKSET

### 4.1 Kupari

Kupari (Cu) on monikäyttöinen, kestävä ja helposti kierrätettävissä oleva materiaali. Kuparin etuna on erinomainen sähkönjohtavuus, lämmönjohtavuus

sekä korroosion kestävyys. Materiaali säilyttää hyvin ominaisuutensa, sekä muokkaus on hyvää sekä kylmä- että kuumamuokkauksella.

Kuparin ja sen eri seoksia voidaan käyttökohteitten mukaan soveltaa lujuus-, kovuus-, ja sitkeysominaisuuksiltaan vastaamaan käyttökohteita.

Esimerkiksi kattiloissa käytetään kuparia, koska lämpö leviää tasaisesti ja nopeasti (Kupari www-sivut, 2024).

## 4.2 Hapeton kupari OF/OFE

OF (Oxygen Free Copper) on hapeton kupari, jossa kupari valetaan suojakaasussa hapen liukenemisen estämiseksi, sulaan kupariin ei saa päästä happea. Hapeton kupari on kuparilaaduista paras sähkönjohtavuudeltaan.

Hapettoman kuparin kuparipitoisuus on oltava vähintään 99,95%, koska sen sähkön ja lämmönjohtokyky on herkkä epäpuhtauksille (Scandinavian Copper Development Association www-sivut, 2024).

Puhtautensa ansiosta OF:en sähkönjohtavuus on vähintään 100% IACS, sekä lämmönjohtavuus vähintään 395W/mK, joka on paras mahdollinen (Metalliteollisuuden Keskusliitto, 2001, s.21).

### 4.2.1 OFE

OFE on vieläkin puhtaampi kuin OF. OFE on niin puhdasta, että sen kuparipitoisuus on vähintään 99,99% (Scandinavian Copper Development Association www-sivut,2024). OFE on OF:ia puhtaampi hapeton kupari, joka on kehitetty erityisesti elektroniikkateollisuutta varten. Sertifikaattikupari on erityisen kestävä vetysairautta vastaan, ja OFE:n sähkönjohtavuus on vähintään 101% IACS. OFE-kuparille asetetut vaatimukset löytyvät standardeista SFS-EN 13604, sekä ASTM F 68 (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.21).

### 4.3 Deoksidoitu kupari DHP

DHP, eli deoksidoitu kupari on yleiskupari, jota ei yleensä suosita sähkönjohto tarkoituksiin. DHP kuparissa sulaan valuun lisätään deoksidointiaineita, yleisimmin fosforia, joka poistaa hapen sulasta (Kupari www-sivut, 2024).

DHP-kuparit ovat yleiskupareita, fosforilla on voimakas kyky pienentää sähkönjohtavuutta, jonka vuoksi niitä ei käytetä sähkönjohtotarkoituksiin. Kun kuparisulasta poistuu happi, pystytään välttämään kuparin vetysairausherkkyyttä. Fosfori estää rakeenkasvua, jolloin kuparia voidaan hehkuttaa ilman pelkoa siitä, että raekoko kasvaisi liian suureksi. Fosfori myös nostaa kuparin pehmenemislämpötilaa, jolloin kuparin muokkauslujuutta voidaan säilyttää korkeammassa hetkellisestä lämpötilasta huolimatta. Fosforin ansiosta DHP-kuparin lujuusominaisuudet ovat samat eri suunnassa ja riippumattomat ennen hehkutusta tehdyn muokkauksen suunnasta. Cu-DHP on eurooppalaisista standardeista yksi tärkeimmistä fosforipitoisista kupareista, sillä fosforipitoisuus on 0,015%-0,040% (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.21-22).

### 4.4 Happipitoinen kupari ETP

Cu-ETP on happipitoinen elektrolyyttikupari, joka on tarkoitettu sähkönjohtotarkoituksiin. Sähkönjohtavuus on vähintään 100% IACS (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.21).

ETP-kupari on yleisin käytettävä kuparilaji. Seos ei ole yhtä herkkä epäpuhtauksille, kun esimerkiksi hapeton kupari. ETP-kupari on myös vähän fosforia sisältävä kupari. Tyypilliset käyttökohteet menevät autoteollisuuteen, liittimiin ja sähkönjohtimiin (Aurubis www-sivut).

### 4.5 XLP-Kupari

XLP-kupari on matalafosforinen kupari, jonka yleisin käyttötarkoitus on sähkönjohtimet. Sähkönjohtavuus on vähintään 100% IACS, ja kuparipitoisuus on

vähintään 99,95%. Yleisimmät käyttökohteet ovat sähköteollisuuden tuotteet, mm. telekommunikaatiokaapelit sekä sähkö- ja elektroniikkasovellukset (Aurubis [www-sivut](#)).

## 5 ARKKITEHTUURITUOTTEET

Kupari luokitellaan yhdeksi maailman vanhimmista rakennusmateriaaleista. Kuparin luonnollinen patinoituminen on etu arkkitehtuurituotteita ajatellen. Luonnollinen patinoituminen tarkoittaa sitä, että kupari muuttuu ajan saatossa vihreäksi. Väri saadaan myös keinotekoisesti, mutta luonnollista patinoitumista suositaan.

### 5.1 Nordic Copper

Nordic Copper on kansainvälisesti tunnettu Aurubiksen kuparituotevalikoima, joka on sovellettu arkkitehtuuriin. Yleisimmät arkkitehtuuriin käytettävät kuparit menevät rakennusten julkisivuille tai katoille. Kyseisissä kohteissa kupari on erinomainen valinta, sillä kuparin pinnalle muodostunut oksidikerros suojaa materiaalia korroosiolta. Materiaalina kupari elää vuosien saatossa, muuttuen ensin punertavaksi, kunnes se muuttuu ruskeaksi ja ajan saatossa patinoituu vihreäksi (Aurubis Finland [www-sivut](#)). Nordic Copper- tarjoaa laajan valikoiman erilaisia ratkaisuja arkkitehtuuriin. Aurubiksen pintakäsittely menetelmillä saadaan aikaan erivärisiä tuotteita.

### 5.2 Nordic Copper edut arkkitehtuurissa

Materiaalina kupari on ajaton, pitkäikäinen ja kaunis. Materiaalin helppo muokattavuus tekee kuparista monipuolisen materiaalin muokkautuessaan hankalempiinkin muotoihin ja yksityiskohtiin. Myös vanhojen pintojen uusiminen on suhteellisen helppoa. Esimerkiksi jos vihreäksi patinoitunut katto kaipaa paikoitellen uutta materiaalia, saadaan tilalle tehtyä kemiallisesti vihreäksi

patinoitunutta kuparia. Tällöin värieroa ei huomaa ja ei tarvitse odottaa kuparin luonnollista patinoitumista (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s.171).

### 5.3 Pinnanlaadun merkitys arkkitehtuurissa

Nordic-tuotteissa pinnanlaadun on oltava virheetön, sillä yleisimmin kupari menee näkyvälle paikalle arkkitehtuuriin, mm. rakennusten julkisivuihin ja katoille. Pinnanlaatuun vaikuttaa myös tuotantovaiheessa tapahtuva hehkutus, jolloin saadaan tuotteesta oikean värinen.

## 6 LAATU

### 6.1 Laatu käsitteenä

Aurubis seuraa ISO 9001:2015 laatustandardia. ISO 9001 on maailmanlaajuisen standardi, joka on avainasemassa laadunhallinnan kehittämisessä ja rakentamisessa. Standardin tavoitteena on motivoida kaikkia työntekijöitä laadun kehittämiseen ja parantamiseen (SFS www-sivut, 2024).

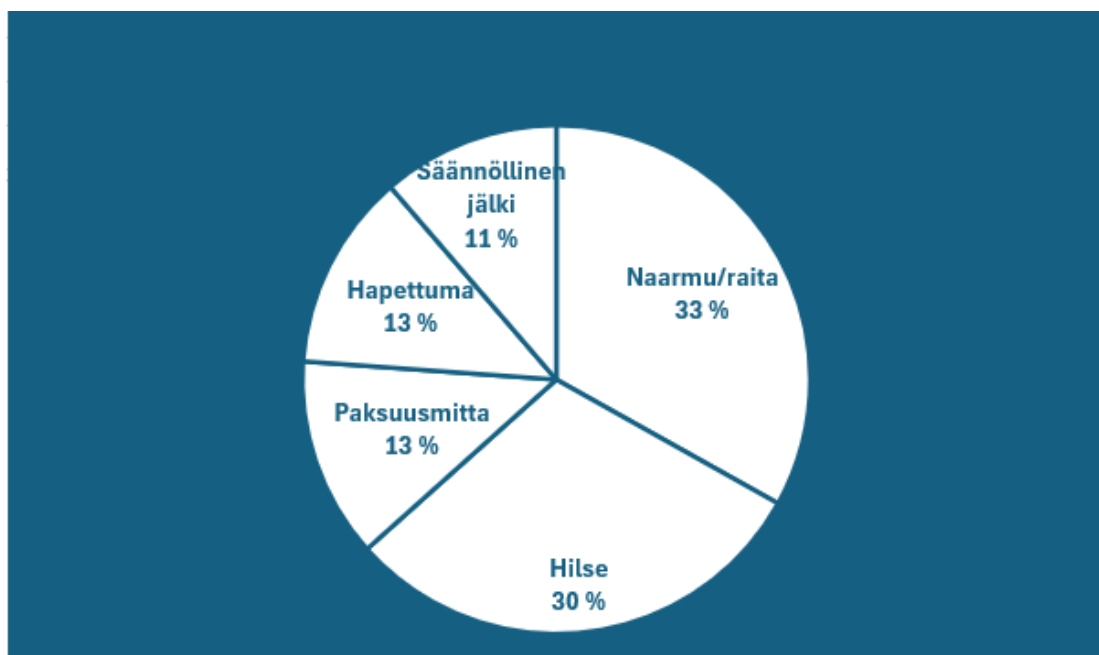
Laatu ei ole aina yksinkertainen asia. Laatu käsitteenä voi tarkoittaa montaa erilaista asiaa ja on tulkinnanvarainen. Esimerkiksi ISO 9000 standardin mukaan laadulla tarkoitetaan sitä missä määrin materiaalin luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset. Laatu on käsite hyvälle ja siihen suhtaudutaan myönteisesti. Kun jokin asia yhdistetään laatuun, halutaan tuoda esille hyviä piirteitä. Laatua pyritään jatkuvasti kehittämään ja tuottamaan asiakkaalle laatua, jota he tarvitsevat.

Markkinoinnissa laatu suhteutetaan hintaan, korkeampi ja parempi laatu merkitsee suurempia tuotantokustannuksia ja tätä kautta korkeampaa tuotteen hintaa.

Laatu kupariteollisuuden tuotannossa on pitkälti laatuvaatimusten täyttämistä sekä asiakaskohtaisesti tiettyjen mittausarvojen täyttymistä. Asiakkaan vaatimusten mukaan, laatu voi myös merkitä enemmänkin tuotteen virheetöntä ulkonäköä, kuin muita laatuominaisuuksia. Tuotannossa laatu pitää hyväksyä, eli tietty laatutaso on oltava. Aina tuotteita ei pystytä tekemään kerralla oikein, joten laatu ei ole aina helposti toteutettavissa oleva käsite (SFS www-sivut, Juhani Anttila, Kari Jussila, Mitä laatu on, 2016).

## 6.2 Yrityksen laatupoikkeamat

Yrityksen tuotannon yleisimmät romutukseen johtaneet laatupoikkeamat olivat 6kk ajanjaksolla seuraavanlaiset (kuva 5).



Kuva 5. Romutustilastoa 6kk ajalta.

Piirakkataulukko kuvaa yrityksen kaikista yleisimpiä laaturomutuksia. Romutuksia seurattiin ajalta 10/2023-04/2024, yhteensä 26 viikon ajalta.

Suurin romutusten syy oli erilaiset naarmut ja raidat. Naarmujen ja raitojen vuoksi tuotannosta jouduttiin kyseisellä ajanjaksolla romuttamaan määrällisesti eniten kuparia.

### 6.3 Naarmut ja raidat

Toiseksi yleisin romutuksen syy oli erilaiset naarmut ja raidat, joita syntyy tuotantokoneilla. Naarmujen ja raitojen aiheuttajia on monia, mutta yleisimmät aiheuttajat ovat likaiset, kolhiintuneet tai pyörimättömät rullat ja telat. Myös tuotantokoneilla olevat erilaiset tasot tai välipöydät, joita pitkin tuote pääsee laahaamaan, jättävät jälkeä tuotteeseen.

Nauhaleikkureilla on vakiintunut termi huopajarrunaarmu, joka aiheutuu koneen huopajarrun huopaan kiinni pinttyneen lian vuoksi. Tällöin huopajarru jättää voimakasta raitaa tai naarmua tuotteeseen. Ongelman juurisyy tulee aiemmilta koneilta. Tässä tilanteessa yleensä pesukoneen pesutulos on jäänyt heikoksi. Huono pesutulos tuotteessa korostuu nauhaleikkureiden huopajarrun aiheuttamana naarmuna. Tuotteen pinnassa on likaa ja oksidia, joka likaa huovat ja pinttyy niihin kiinni, ja sitä kautta naarmuttaa tuotteen. Huopajarruun kiinni jäänyt irtoaine voi myös kiillottaa nauhan pintaan raitoja. Raidan luokitus muuttuu naarmuksi, mikäli jälki tuntuu kynteen.

Naarmua syntyy myös hehkutusuuneilla, jolloin tuote osuu uunin rakenteisiin naarmuttaen tuotteen pintaa. Tilanne ei ole yleinen ja se johtuu yleensä vääristä ajoparametreista.

Raidat näkyvät tuotteen pinnassa sävyeroina. Raitoja aiheuttaa yleisemmin leikkureiden huopajarrut tai valssit, jolloin puhutaan valssiraidasta. Valssiraidat johtuvat valssien epätasaisesta kulumisesta. Ajettava tuote skaala valsseilla voi aiheuttaa valssien epätasaista kulumista. Jos valsseilla ajetaan pidempään kapeaa tuotetta, jonka jälkeen siirrytään leveään tuotteen ajamiseen, jää tuotteen reunoille raitaa.

Pesukoneiden harjat voivat myös jättää tuotteen pinnan naarmuiseksi tai raitaiseksi, tällöin kuitenkin käytetään termiä harjausjälki.

Pinnanlaadun virheettömyyttä vaaditaan, jos tuote menee esimerkiksi autoteollisuuteen, sähköteollisuuteen tai arkkitehtuuriin.

#### 6.4 Hilse

Hilseestä puhutaan, kun tuotteen pinta on osittain rikki. Hilse muodostuu jyrsinkoneella, ja sen aiheuttaa yleensä prosessiin kuulumaton jyrsinlastu, tai muu irtonainen kuparin pala. Jyrsinlastu saattaa myös jäädä tuotteen pintaan kiinni, mutta tuotantoprosessin edetessä se irtoaa ja muodostaa tuotteeseen reiän.

#### 6.5 Paksuuspoikkeama

Kolmanneksi suuri romutuksen aihe oli paksuuspoikkeama. Tämä tarkoittaa sitä, että tuote ei pääse asiakkaan vaatimien viitearvojen sisälle, vaan oli yli toleranssin. Paksuudenylityksen aiheuttaa liian vähäinen valssaus, jolloin materiaali ei muokkaannu tarpeeksi. Materiaalin paksuuspoikkeama voi olla lähöisin jo kuumavalssilta, mistä laatat valssataan. Poikkeama voi myös tulla vasta myöhemmin tuotannosta, jolloin silloinkin sen juurisyy on valssauksessa. Valssauksessa materiaalin paksuuteen pystytään vaikuttamaan pistojen määrällä.

Mittapoikkeamat ovat aina mahdollisia syitä tuotteen romutukseen. Asiakas on tuotetta tilattaessa vaatinut tietyt raja-arvot, minkä verran esimerkiksi tuotteen paksuus saa ylittyä tai alittua. Jos paksuuspoikkeama menee toleranssin ulkopuolelle, voidaan tuote joutua romuttamaan. Asiakas määrittää tarvittavat mitat oman prosessinsa tarpeiden mukaan.

Tuotannon jokaisella koneella vaaditaan tuotteen paksuuden mittaamista, jotta varmistetaan siitä, että tuote on mitoissaan ja mahdollinen poikkeama

huomataan ennen kuin tuote ehditään lähettämään asiakkaalle tai syöttämään eteenpäin tuotannossa.

## 7 LAADUN SEURANTA TUOTANNOSSA

Tuotannossa laatua seuraa erityisesti jokaisen koneen operaattorit, yrityksen laboratoriotyöntekijät sekä tietyt toimihenkilöt, jotka ovat mukana laaduntuotokyvyn kehittämisessä ja seurannassa.

Laadunseurantaan osallistuu monet henkilöt ja siihen vaikuttavat monet asiat. Suurimmassa roolissa laadun seurannassa ovat kuitenkin koneiden operaattorit, jotka seuraavat koneiden laaduntuottokykyä ja pitää linjan puhtaana. Laadun kertoo myös labran tekemät mittaukset, sekä erilaiset tuotantolinjoilla olevat kamerat ja mittalaitteet, jotka havaitsevat poikkeamia. Jos laatuvirhe on selkeä, ei sen eteen tehtävät korjaavat toimenpiteet välttämättä ole kovin yksiselitteisiä. Voi olla tilanne, jossa epäiltyjä virheen aiheuttajia on useita ja jopa useammalta tuotantokoneelta lähtöisin, jolloin vain yhtä korjaavaa toimenpidettä ei ole.

Laadun parantamien riippuu laatuorganisaation työntekijöiden kyvystä tunnistaa, sekä ratkaista olemassa olevia laatuongelmia. Ongelmanratkaisu on suuressa roolissa työnkuvassa, ja laatuvirheiden ilmetessä on mietittävä mitä oikeasti tapahtuu ja pitäisi tapahtua, jotta poikkeamien aiheuttajiin päästään kiinni (Andersson, 1997, s.50).

### 7.1 Laadunhallinta

Yrityksen tuotteiden laatu ja vastuullisuus ovat suuressa roolissa yritystoimintaa. Prosessia kehitetään jatkuvasti, jotta tuotteiden laatua saadaan parannettu ja pystytään vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin. Yrityksen

organisaation suorituskykyä seurataan ja arvioidaan viikoittain. Erilaisten mittareiden avulla pystytään seuramaan tehtyä tuotantoa, romutettua määrää, romutusten syitä ja esimerkiksi reklamaatioita. Mittareiden avulla on helppo seurata tehtyä tuotantoa ja pyrkiä asetettuihin tuotantotavoitteisiin.

Yrityksen laatupolitiikan määrittelee toimitusjohtaja yhdessä johtoryhmän kanssa. Laatuvaatimusten selvittäminen lähtee myynnistä. Myyjät selvittävät millaista laatutasoa asiakkaat vaativat ja pystyykö Aurubiksen tuotanto vastamaan niihin tarpeisiin.

Yrityksen laatupäällikkö vastaa laadunhallintajärjestelmästä, ja siitä että se vastaa ISO 9001:2015 standardia. Yleisesti laatupäällikkö vastaa dokumentoinnista, seuraa että laadunhallintajärjestelmää kehitetään ja seuraa tuotannon laatua edistäviä muutoksia (Aurubiksen sisäinen tietokanta).

## 7.2 Laboratorio

Yrityksen laatutiimi vastaa tuotteiden laatu näytteiden käsittelystä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että asiakkaan vaatimat mittaukset tulee tehtyä. Tehtäviä mittauksia ovat mm. paksuus, kovuus, sitkeys, vetokoe ja murtolujuuden testaaminen. Laatutiimi tekee testien pohjalta laatuhyväksynnän ja täyttää tarvittavat dokumentit asiakkaalle. Laboratoriossa tutkitaan kaikki tuotannosta tulleet näytteet ja analysoidaan tuloksia. Tarvittaessa hankitaan uusintanäyte, mikäli epäillään näytteen olevan huono.

## 7.3 Ametek

Ametek on laadun tarkkailuun kehitetty pinnantarkastusjärjestelmä. Ametek kamerajärjestelmässä on 8 kameraa, jotka kuvaavat tuotetta kohtisuoraan sekä viistosti. Kamerat ottavat mustavalkoista kuvaa hyödyntäen kontrastieroja. Kamerat kuvaavat tuotteen pinnanlaatua tuotantolinjan ollessa käynnissä. Kamerat havaitsevat poikkeamia 1mmx1mm tarkkuudella. Ametek tunnistaa myös lian tuotteen pinnasta (Aurubiksen sisäinen tietokanta).

## 7.4 Mittaukset

Tuotantokoneilla on käytössä erilaisia digitaalisia mittalaitteita, jotka mittaavat yleisimmin tuotteen leveyttä, paksuutta ja tasomaisuutta. Erilaiset mittalaitteet ovat tärkeässä roolissa tuotantoprosessin laadunvarmistuksessa (mltfinland www.sivut). Laitteet ovat luotettavia, mutta nekin voivat joskus vikaantua, jolloin ne eivät näytä absoluuttisesti oikeita tuloksia. Käsini tehtävät manuaalimitaukset ovat tukemassa nykyaikaisia digitaalisia mittalaitteita. Digitaalisten mittalaitteiden tavalla, myös manuaalisesti tehtävät mittaukset voivat näyttää väärää tulosta. Mittausvirheitä aiheuttavat työntekijöiden puutteellinen koulutus, laitteen kalibroinnin laiminlyöminen, kalibrointi on mennyt vanhaksi tai mittalaitte epähuomiossa tippuu lattialle ja menee epäkuntoon. Myös ulkoiset häiriötekijät voivat vaikuttaa luotettavaan mittaustulokseen.

# 8 KONEKOHTAISET LAATUOHJEET

## 8.1 Laatuohjeiden rakentuminen

Laatuohjeiden tekeminen lähti alkuun haastatteluiden kautta, joiden avulla keräsin tietoa koneiden ominaisuuksista ja monista laatutekijöistä. Tietoa tuli paljon, sekä myös syventävästi tietyistä tekijöistä vielä yksityiskohtaisemmin. Haastateltavia oli monia, joten niin oli myös mielipiteitä ja uutta tietoa. Haastattelin jokaisen koneen operaattoreita ja useampia eri vuoroja. Kävin työn ohessa haastattelemassa työntekijöitä, ja jokainen oli mielellään mukana vastaamassa kysymyksiin ja kertomassa koneiden toimintaperiaatteista ja laatuvirheiden aiheuttajista.

Haastatteluiden kautta saatujen tietojen mukaan valikoin laatuohjeisiin ensin asioita, joita tuli lähes jokaiselta vuorolta. Tämän jälkeen valikoin vielä muita yleisesti hyödyllisiä perustietoja. Haastatteluista saatuja tietoja tuki teorian tieto, jota yritys on kerännyt ajansaatossa. Haastatteluiden ja yrityksen teorian tiedon

pohjalta sain koottua listalle ne yleisimmät laatutekijät, jotka toimivat nyt muistilistana koneiden operaattoreille.

## 8.2 Laatuohjeiden määrä

Laatuohjeita valmistui yhteensä 23kpl. Ohjeita valmistui koneille, joissa on mahdollisuus laatuvirheen syntymiselle. Mukaan otettiin myös koneita, joilla pakataan, sillä myös tuotteen oikealla pakkaamisella on tärkeä merkitys. Oikein pakattu tuote päätyy asiakkaalle ehjänä ja esimerkiksi kosteus ei pääse pilaamaan tuotetta kuljetuksen aikana. Eri asiakkailla on myös omat vaatimuksensa, miten tuote pakataan, riippuen esimerkiksi asiakkaan prosessista tai siirtoapuvälineistä. Valikoin siis tuotannon kannalta kaikki ne koneet, joista on riski laatuvirheen syntymiselle. Enemmistö laatuvirheistä syntyivät koneiden viallisista työkaluista.

## 8.3 Konekohtainen laatuohje

Tässä on esimerkki 2-puoliselle jyrsinkoneelle valmistuneesta laatuohjeesta. Jokaisella koneella ovat omat laatutekijänsä, mutta tälle kyseiselle koneelle valikoituivat nämä tekijät (kuva 6).

Ohjeessa on mahdollisimman yksinkertaisesti selitetty koneen yksittäinen tekijä, ja sen jälkeen laatuvirhe, jota se aiheuttaa. Esimerkiksi kuvan 6 ohjeessa koneen jyrksinterät sekä koneen telat ja kamparullat jättävät tuotteeseen jälkeä. Toimiva voitelujärjestelmä takaa sen, että leikkausöljyä menee terälle pidentäen terän käyttöikä. Kulunut terä, tuotteen huono tasomaisuus tai koneen ajonopeus voivat olla syynä, mikäli tuotteen pinta on koneesta tullessa jyrsmätöntä.

Yhdistävä tekijä jokaisen koneen laatuohjeella on työkalut ja niiden kunto.

## 1015 2-Puolinen jyrsinkone

### Laatuun vaikuttavat tekijät

#### 1. Työkalut

- Kulunut terä
  - Samea/harmaa raita
  - Ei jyrsi
  - Aaltomainen jälki
- Leikkausöljyn merkitys
  - Vaikuttaa terän kuntoon
- Kamparullat
  - Terävä jälki/ura tuotteen pintaan

#### 2. Ajoparametrit

- Linjanopeus, rullien sekä terien säädöt
  - Vaikuttavat jyrsinjälkeen
- Alaterän nopeuden säädöt suuremmat
  - Aaltomainen jälki

#### 3. Muut tekijät

- Muovin levitys rullan väliin
  - Hankauma
- Lastunpoiston ollessa heikko, heittää kuparilastua tuotteen pintaan
  - Painuma
  - Hilse
  - Reikä
- Oksidi pinttyy kiinni veto- ja tukirulliin
  - Painuma
- Tulevan tavaran tasomaisuus, etenkin tuotteilla jotka ovat ohuempia mitä pitäisi
  - Jättää jyrsimätöntä pintaa

12.6.2024 HAK

Kuva 6. Laatuohje, joka valmistui 2-puolisellem jyrsinkoneelle.

## 9 YLEISIMMÄT LAATUVIRHEIDEN AIHEUTTAJAT

Yleisimmät laatuvirheiden aiheuttajat olivat erilaiset koneen osat. Laatutekijät lokeroituivat myös konekohtaisesti, esimerkiksi valsseilla valssit jättävät erilaista jälkeä, pesukoneilla pesuharjoilla ja nesteillä on merkitys, ja leikkureilla taas terien aiheuttamat jäljet ovat suuressa roolissa. Yhtenäinen tekijä lähes kaikilla koneilla olivat koneiden rullat ja telat.

## 9.1 Rullat ja telat

Erilaiset telat ja rullat olivat ylivoimaisesti suurimmat riskitekijät joka koneella. Telojen rikkinäinen pinta, teloihin kiinni painunut lika tai laakerivika aiheuttavat näkyvää jälkeä tuotteen pinnassa. Jälki voi olla naarmua, painumaa tai säännöllistä jälkeä.

Teloja ja rullia on koneissa paljon, ja ne ovat erilaisia. On vapaasti pyöriviä, kumipintaisia, haponkestäviä ja kromipintaisia, käyttötarkoituksen mukaan. Jokaisella telalla ja rullalla on oma tehtävänsä ja omat kriteerinsä. On syöttö-rullia, erilaisia painorullia, puristusrullia ja rättiteloja.

Koneiden operaattorit tekevät viikoittain omalla koneellaan käyttäjähuoltokierroksen, jolloin oman koneen kunto tarkistetaan. Yksi tarkistuskohdista onkin koneen rullien ja telojen kunnon tarkistus sellaisten koneiden osalta missä niitä on. Operaattorit käyvät läpi mahdolliset pintarikot. Tuotantokoneilla myös rutiniinomaisesti putsataan aina kriittisimmät telat. Näin varmistutaan siltä, että ylimääräinen lika ei ehdi painumaan telaan kiinni ja ala jättämään jälkeä tuotteeseen. Huolellisella ennakkohuollolla voidaan jo pitkälti vaikuttaa hyvään laaduntuottokykyyn.

### 9.1.1 Laakerit

Laakereiden kunto vaikuttaa myös laatuun omalta osaltaan. Rikkinäinen laakeri johtaa pyörivän rullan epäkuntoon, jolloin rulla laahaa tuotteen pinnassa jättäen naarmua.

Laakereiden käyttöikä voidaan pidentää säännöllisellä voiteluvälillä ja oikealla voiteluöljyllä. Laakereiden käyttöikään vaikuttaa vähäisen voitelun lisäksi myös liiallinen voitelu, jolloin molemmissa tapauksissa laakeri saattaa hajota ennenaikaisesti (SKF-Lähde, s.180).

### 9.1.2 Voitelu

Toimivalla voitelujärjestelmällä on suuri merkitys koneiden toimivuuden kannalta. Hyvällä voitelulla taataan monien pyörivien komponenttien toiminta. Voitelun avulla estetään tilanne, missä esimerkiksi metalli pääsee hinkkaamaan metallia vasten ja aiheuttaa kitkaa sekä ylikuumentumista, joka johtaa siihen, että rulla tai tela lakkaa pyörimästä. Pyörimätön tela alkaa jättää kuparin pinnalle naarmua, tai rikkoo kuparin pintaa, joka johtaa tuotteen romutukseen.

Voitelu on oleellinen osa koneiden toimintavarmuuden takaamisessa. Oikein suunniteltu ja toteutettu rasvavoitelu ja voitelun toiminnan seuranta vähentää ennakoimattomia koneiden seisahduksia. Usein voitelun pettäminen huomataan siinä kohtaa, kun laakeri alkaa ääntämään tai hajoaa, ja silloin tarvitaan korjaavaa kunnossapitoa (Lubehouse blogi, 2024).

### 9.2 Terät

Yksi oleellisimmista laadun aiheuttajista olivat terät. Terät aiheuttavat yleisimmin naarmua tai jäystettä tuotteeseen. Jäyste on leikkurin terän jättämää jälkeä, missä leikkauspintaan jää terävä ja rosoinen reuna. Jäysteen voi aiheuttaa liian terävä terä, väärä vällys tai tylsä terä. Jäysteen syntymiseen vaikuttaa myös kuinka pehmeää tai vahvaa leikattava tuote on.

Nauhaleikkureilla terät voivat jättää naarmua leikattavan nauhan pintaan, jos terät ovat hiottu huonosti, tai päässeet kulumaan. Jyrsinterät voivat jättää jyrstävään levyyn tai rullaan naarmua, aaltomaista pintaa tai jyrsimätöntä pintaa.

### 9.3 Emulsio ja demivesi

Emulsion tehtävä on pitää valssien työkalut kunnossa. Emulsio jäähdyttää järjestelmää ja puhdistaa epäpuhtaudet. Näin taataan, että linja pysyy puhtaana ja työkalut eivät pääse kulumaan liiallisen lämmön vuoksi.

Demivesi eli demineralisoitu vesi on vettä, josta on poistettu mineraalit, ionit ja suolat. Demineralisoitua vettä käytetään muunmuassa kylmävalssien emulsion rakentamisessa. Demineralisoidun veden sähkönjohtavuus on alhainen, ja veden on tarkoitus myös ylläpitää emulsion kuntoa (Aurubiksen sisäinen tietokanta).

## 10 POHDINTA

Tätä työtä tehdessä huomasin kuinka monet tekijät ovat yhteydessä toisiinsa, aiheuttaen ketjureaktion laatupoikkeamissa. Esimerkiksi jos voitelu ei toimi, työkalut kuluvat ja menevät epäkuntoon ja alkavat aiheuttaa jälkeä tuotteen. Tai esimerkiksi kylmävalssin pilaantunut emulsio ei voitele työkaluja, järjestelmä likaantuu, jolloin lika pilaa valssit ja alkaa aiheuttaa jälkeä sekä valssit alkavat luistaa.

Teoriassa laadun pitäisi olla täydellistä, ja laboratoriomittauksilla materiaalin pitäisi päästä erilaisten viitearvojen ja toleranssien sisälle. Tämä ei kuitenkaan käytännössä aina ole mahdollista, kun puhutaan valmistettavan tuotteen valmistuksesta. Tuote matkaa tuotannossa useamman koneen läpi, ja riski tuotteen odottamattomalle vaurioitumiselle tai muutokselle on aina mahdollinen.

Opinnäytetyön aihe oli mielekäs sekä tarpeellinen tuotannolle. Haastatteluja oli kiva tehdä, koska yhteistyö tuotannon työntekijöiden kanssa oli joustavaa ja mielenkiintoista. Työntekijät kertoivat mielellään koneiden ominaisuuksista ja toimintaperiaatteista. Haastatteluista saadut vastaukset kulkivat käsi kädessä teorian kanssa, jonka vuoksi oli helppoa todeta ilmi tulleet laatuviat todeksi. Valmiita ohjeita esitellessä, tuli palautetta siitä, että ohjeet toimivat hyvänä muistilistana, sekä ovat hyviä erityisesti uusille työntekijöille. Koneiden operaattoreille ohjeista ei tullut juurikaan uutta tietoa, sillä tiedot oli hankittu

heiltä sekä työntekijöillä on vankka ammattitaito ja tietämys omasta koneestaan.

## LÄHTEET

Aurubis AG, Copper Cathodes, haettu 05/2024 osoitteesta <https://www.aurubis.com/en/products/copper-cathodes> .

Aurubis Finland Oy, sisäinen tietokanta, haettu 04/2025.

Aurubis Finland Oy verkkosivut, About us, haettu 08/2024 osoitteesta <https://www.aurubis.fi/> .

Aurubis pdf-tiedosto, Cu-PHC/XLP, haettu 04/2024 osoitteesta <https://www.aurubis.fi/wp-content/uploads/2020/03/Cu-PHCXLP.pdf>.

Manufacturing Guide, Hot Rolling Sheets, Haettu 06/2024 osoitteesta <https://www.manufacturingguide.com/en/hot-rolling-sheets>.

Industrial Metallurgists, Recrystallization Anneal, Cold working and annealing, Haettu 05/2024 osoitteesta <https://www.imetllc.com/recrystallization-anneal/>.

Kupari-verkkosivut, Seostamattomat kuparit, Haettu 06/2024 osoitteesta <https://www.kupari.com/kupari-ja-kupariseokset/kuparimetallit-ja-seokse/seostamattomat-kuparit/>.

Kupari-verkkosivut, Kupari ja kupariseokset, ominaisuudet, haettu 07/2024 osoitteesta <https://www.kupari.com/kupari-ja-kupariseokset/ominaisuudet/>.

Lubehouse-verkkosivut, blogi, rasvavoitelun merkitys teollisuudessa, haettu 04/2025 osoitteesta <https://www.lubehouse.fi/blogi/rasvavoitelun-merkitys-teollisuudessa>.

MLT-verkkosivut, Laadukkaat mittalaitteet, haettu 02/2025 osoitteesta <https://www.mltfinland.fi/laadukkaat-mittalaitteet-mltla/>.

SFS-verkkosivut, Mitä laatu on, haettu 03/2025 osoitteesta <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>.

SFS-verkkosivut, Standardeista, ISO 9001 Laadunhallinta, haettu 02/2025 osoitteesta <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standarit/iso-9001-laadunhallinta/>.

ScienceDirect-verkkosivut, Enhancing performance in copper corrosion inhibitors through molecular structural modifications: Mechanisms, design and future pathways, haettu 01/2025 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732223025576>

Jyväskylän yliopiston verkkosivut, tutkimusmenetelmät, haettu 05/2025 osoitteesta <https://sites.app.jyu.fi/mehu/fi/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

SKF-verkkosivut, SKF laakerien kunnossapito pdf-tiedosto, haettu 03/2025 osoitteesta [https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/SKF-laakerien%20kunnossapito%20-%20SKF%20bearing%20maintenance%20handbook%20-%2010001\\_1%20FI\\_tcm\\_12-290853.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/SKF-laakerien%20kunnossapito%20-%20SKF%20bearing%20maintenance%20handbook%20-%2010001_1%20FI_tcm_12-290853.pdf).