



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)

# Ripustustelineiden seurantajärjestelmä

Atte Riikonen

Opinnäytetyö, toukokuu 2023

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023  
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Atte Riikonen

Nimeke  
Ripustustelineiden seurantajärjestelmä

Toimeksiantaja  
Abloy Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko kannattavaa investoida pintakäsittelyn ripustustelineiden seurantajärjestelmään ja tämän avulla vähentää kustannuksia. Järjestelmä laskisi, kuinka monta kertaa ripustin on mennyt pintakäsittelyn läpi, jolloin ennakkoiva puhdistus voidaan suunnitella. Mikäli ripustimia ei puhdisteta ajoissa, kertyy niiden ripustuspiikkeihin liikaa pinnoitetta, jolloin haluttu pinnoite ei tartu ripustettaviin kappaleisiin toivotulla tavalla.

Ripustustelineiden tunnistamista varten tutkittiin erilaisia tunnistusmetodeja ja sitä, kuinka ne sopivat pintakäsittelylaitoksen ympäristöön. Seurantajärjestelmän budjetointia varten tarkasteltiin vuoden 2022 pintakäsittelyssä kierrätettyjen kappaleiden romutusyitä ja selvitettiin, kuinka moni näistä johtui likaisista ripustustelineistä. Lopuksi otettiin yhteyttä erilaisiin suomalaisiin automaatioyrityksiin ja tiedusteltiin järjestelmän toteutusta ja hinta-arviota.

Tulokseksi saatiin, etteivät likaiset ripustimet aiheuta niin suuria kustannuksia, että järjestelmään kannattaisi investoida. Mikäli järjestelmä olisi toteutunut, olisi sen toiminta perustunut RFID-tekniikkaan.

Kieli  
suomi

Sivuja 28  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 2

Asiasanat  
pintakäsittelylaitos, ripustusteline, seurantajärjestelmä



THESIS  
May 2023  
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikka Rinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Atte Riikonen

Title  
Monitoring System for a surface Treatment Hanging Rack

Commissioned by  
Abloy Oy

#### Abstract

The aim of thesis was to investigate whether it is profitable to invest in monitoring system for surface treatment plant's plating racks and could a system like this reduce costs. The system was meant to monitor how many times a certain plating rack has passed through the electroplating process, making it possible to plan proactive cleaning for them. If the racks are not cleaned in time, electric current will not be conducted to the parts.

Various identification methods were investigated for recognizing the hanging racks and assessing their suitability for the surface treatments plant's environment. For preparing a budget, the reasons for the disposal of recycled pieces in the 2022 surface treatment were studied, specifically determining how many of these were due to dirty hanging racks. After that, Finnish automation companies were contacted to inquire about the implementation and cost estimate of the system.

The results shows that it is not profitable to invest in monitoring system which only tracks how many times a certain rack has been through the coating process. If the system had been implemented, its operation would have been based on RFID technology.

Language  
Finnish

Pages 28  
Appendices 1  
Pages of Appendices 2

Keywords  
surface treatment plant, monitoring system, plating racks

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Toimeksianto .....	5
1.2	Abloy Oy .....	6
1.3	Pintakäsittely.....	6
2	Työn tietoperusta .....	7
2.1	Elektrolyyttinen pintakäsittely.....	7
2.2	Pohjamateriaalin vaatimukset.....	8
2.3	Ripustustelineet .....	8
2.4	Ripustustelineiden yksilöinti ratkaisuja.....	9
2.4.1	RFID .....	9
2.4.2	Tekstin tunnistus ja viivakoodi .....	11
2.4.3	QR-koodi.....	11
2.4.4	Konenäkö.....	13
2.5	SFS-EN ISO 1456 Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Sähkösaostetut nikkeli-, nikkeli-kromi-, kupari-nikkeli- ja kupari-nikkeli- kromipinnoitteet .....	14
2.6	Investointi.....	15
2.6.1	Kustannusohjaus .....	16
2.6.2	Investointilaskelmat .....	17
3	Tutkimusmenetelmät.....	17
4	Toteutus.....	18
4.1	Yhteydenotto yrityksiin .....	18
4.1.1	Yritys A .....	19
4.1.2	Yritys B .....	20
4.1.3	Yritys C .....	20
4.2	Kustannuksien kartoittaminen.....	21
5	Tulokset .....	25
6	Pohdinta.....	26
6.1	Menetelmien ja toteutuksen arviointi.....	26
6.2	Virhearviointi ja luotettavuus .....	27
6.3	Jatkotutkimuskohde ja ammatillinen kasvu .....	27
	Lähteet.....	29

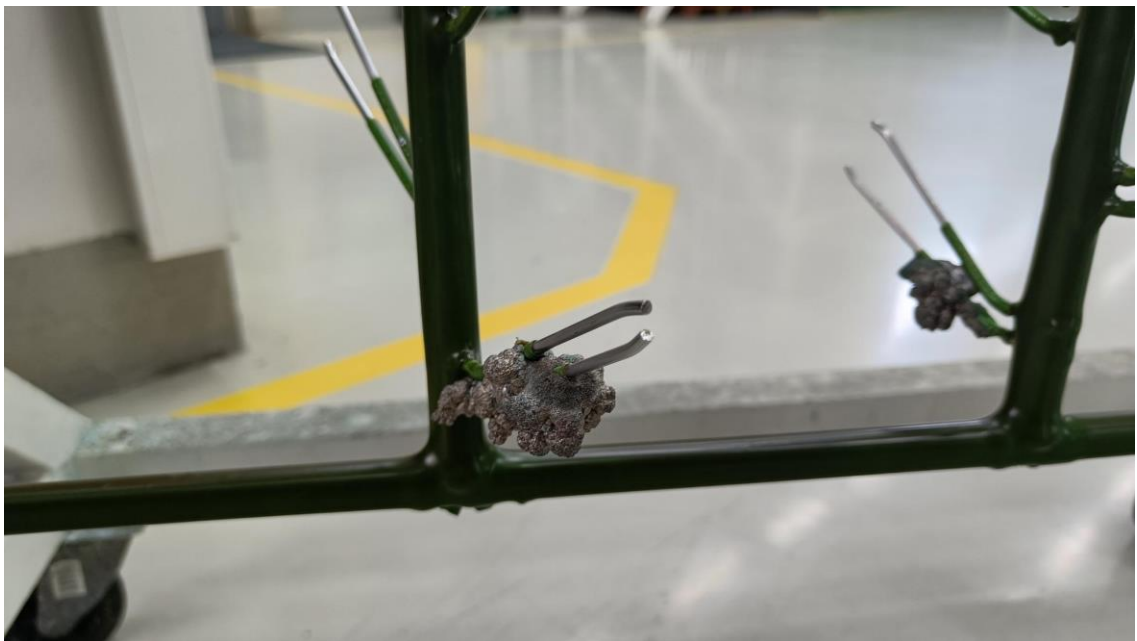
## Liitteet

Liite 1      Kaaviot

# 1 Johdanto

## 1.1 Toimeksianto

Opinnäytetyö toteutettiin Abloy Oy:n pintakäsittelylaitokseen. Vuosittain laitoksessa pinnoitetaan valtava määrä komponentteja, mutta kaikkiin pinnoitettaviin kappaleisiin ei saada toivottua lopputulosta. Tämä johtuu osittain likaisista ripustimista, joihin komponentit kiinnitetään ennen pintakäsittelyaltaisiin upottamista. Kun pinnoite tarttuu komponentteihin, sitä tarttuu myös ripustustelineiden piikkiin, jotka lopulta tukkeutuvat. Piikkien tukkeutuessa pinnattavat kappaleet eivät saa tarpeeksi virtaa, jolloin pinnoite epäonnistuu. Tämä ilmenee kappaleissa vajeena pinnoitteena tai ulkoisina virheinä. Silmämääräisesti on vaikea arvioida, milloin ripustimeen on kertynyt niin paljon pinnoitetta, että se vaikuttaa sähkövirran kulkuun ja pinnattavien kappaleiden lopputulokseen. Kuvassa 1 on esimerkki ripustustelineeseen kertyneestä pinnoitteesta.



Kuva 1. Huoltoon menevä ripustusteline (Kuva: Atte Riikonen 2023)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon kustannuksia likaiset ripustustelineet aiheuttavat vuositasolla ja voidaanko kustannuksia vähentää automaation avulla. Tästä syntyi ajatus järjestelmästä, joka laskisi, kuinka monta

kertaa ripustusteline on mennyt pinnoitusprosessin läpi. Tällöin jokaiselle ripustustelineelle olisi voitu määritellä ennakkoon, kuinka monen prosessikierroksen jälkeen se tulee ottaa pois käytöstä, puhdistaa ja huoltaa. Tähän seurantajärjestelmään perustuvalla ennakkohuollolla ripustimien piikit olisi voitu puhdistaa ennen kuin ne tukkeutuvat ja kappaleiden pinnoitus epäonnistuu.

## 1.2 Abloy Oy

Emil Henriksson sai ajatuksen haittalevyillä toimivasta lukosta vuonna 1907 korjattaessaan lasku- ja kassakoneita. Vaikka Henriksson sai ajatuksen lukosta jo vuonna 1907, meni yrityksen perustamiseen yli 10 vuotta johtuen hänen matkailustaan ja selvitystyöstä, onko vastaavaa lukitusratkaisua kehitetty muualla. Lopulta vuonna 1918 Henriksson haki keksinnölleen patenttia, joka myönnettiin seuraavana vuonna. Patentin myöntämisen jälkeen perustettiin Aktiebolaget Låsfabriken – Lukkotehdas osakeyhtiö, josta lopulta muovautui Abloy Oy. (Kontinen 2008, 21–25.)

Abloyn Joensuun tehdas on perustettu vuonna 1968, ja tehdas on pinta-alaltaan 21300 m<sup>2</sup>. Joensuun tehdas työllistää tällä hetkellä noin 800 henkilöä. Abloyn tuotteisiin kuuluu ”mekaanisia ja sähkömekaanisia avaimia, ovisylintereitä, sähkölukkoja, mekaanisia lukkorunkoja, teollisuuslukkoja, ovenkahvoja, vetimiä, ovensulkijoita ja automatiikkaa”. Abloy on kuulunut vuodesta 1994 lähtien ASSA Abloy -konserniin. (Abloy 2023.)

## 1.3 Pintakäsittely

Pintakäsittely ei ole uusi keksintö, vaan ensimmäiset esineet, joissa on havaittu pinnoitetta, viittaavat aikaan ennen ajanlaskua. Bagdadin läheltä löydettiin savimaljako, jonka keskellä oli rautasauva, jonka oletettiin olevan galvaaninen elementti kappaleiden kultaukseen ja hopeointiin. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 8.)

Pintakäsittelyn tarkoitus on antaa materiaalin tai tuotteen pinnalle haluttuja ominaisuuksia, jotka mahdollistavat tuotteen kestävyden ennakoituissa olosuhteissa ja kulutuksessa. Yleisimmät vaatimukset tuotteen pinnalle on korroosion suoja sekä näyttävä ulkoasu, mutta toisinaan tuotteeseen halutaan myös esimerkiksi sähkönjohtavuutta tai pohjamateriaali jatkotoimenpiteitä varten. Jatko-toimenpiteet voivat olla esimerkiksi hitsaus tai liimaus. Ennen tarvittavien toimenpiteiden tekemistä haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi täytyy ottaa huomioon kappaleen materiaali, koko ja muoto. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 266.)

## 2 Työn tietoperusta

### 2.1 Elektrolyttinen pintakäsittely

Abloy Oy:n pintakäsittelylaitoksessa kappaleet pinnoitetaan elektrolyttisellä pintakäsittelyllä, eli sähkökemiallisesti. Tämä on energiaa vaativa hapetuskistysreaktio, johon tarvitaan virtalähde, anodi, katodi ja elektrolytti. Anodi on virtalähteen positiiviseen napaan kiinnitetty elektrodi ja katodi on elektrodi, joka on kiinnitetty negatiiviseen napaan. Pinnoitusprosessissa katodi pelkistyy luovuttaessaan elektroneja ja anodi hapettuu vastaanottaessaan niitä. Anodille muodostuu tällöin metalli-ioneja, jotka pelkistyvät metalliatomeiksi luovutettujen elektronien avulla. Tämän jälkeen metalliatomit saostuvat katodin pinnalle, muodostaen halutun pinnoitteen. Elektrolyysissä liukenevan metallin määrä on suhteessa prosessissa käytettävään sähkönmäärään. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 25.)

Pinnoitettava kappale upotetaan elektrolyttikylpyyn ripustustelineessä, joka on miinusnavassa. Elektrolyttikylpy koostuu vesiliuoksesta, mikä sisältää metallisuolaa. Esimerkiksi jos metallisuola sisältää kuparisulfaattia, syntyy kylpyyn kupari-ioneja ja sulfaatti-ioneja. Näistä kupari-ionit saostuvat katodiin sähkövirran avulla. Joissakin tapauksissa allasta tulee sekoittaa prosessin aikana saostuksen tehostamiseksi. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 26.)

## 2.2 Pohjamateriaalin vaatimukset

Onnistunut pinnoittaminen vaatii työntekijöiltä materiaalitietoutta. Tämä tarkoittaa tietämystä metallin mekaanisista ja kemikaalisista ominaisuuksista sekä koostumuksesta. Lisäksi onnistuneen pinnan saavuttamiseksi tulee olla yleistietoutta siitä, kuinka valmistusmenetelmät, työstö ja lämpökäsittelyt vaikuttavat kappaleiden ominaisuuksiin. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 38.)

Kun pinnoittamaton kappale toimitetaan pintakäsittelylaitokseen, tulee pintakäsittelijän tarkastaa sen kunto ulkoisesti ennen linjastoon laittamista. Kappaleen pintaa määrittelee ulkoisten virheiden määrä, esikäsitely, valu, kylmämuovaus, lastuava työstö, hionta ja kiillotus. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1996, 42.)

## 2.3 Ripustustelineet

Pintakäsittelylaitokset ovat lähes täysin automatisoituja, jolloin ripustustekniikalla ja ripustustelineiden rakenteella on suurempi merkitys, kun manuaalisen tekniikan aikaan. Koska kappaleita käsitellään ainoastaan lastaus- ja purkuasemilla, tulee ripustimien suunnittelussa ottaa huomioon hyvä ergonomia. Automatisoiduissa pintakäsittelylaitoksissa pinnattavien kappaleiden huono laatu voi johtua yksinomaan huonoista ripustimista ja ripustustelineistä. Ripustustelineihin kohdistunut tieto ja taito vaativat yleensä kokemusta ja jopa joitakin epäonnistumisia. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 2001, 121.)

Ripustustelineen tarkoitus on pitää pinnoitettavat kappaleet optimaalisessa asennossa anodiin tai katodiin nähden ja varmistaa hyvä kontakti, että kappaleet saavat riittävästi virtaa. Ennen ripustustelineen suunnittelua tulee ensin tietää, millaisia vaatimuksia pinnattaville kappaleille asetetaan. Ripustustelineen kustannustehokkaassa rakentamisessa tulee miettiä, kuinka monta kappaletta ripustimeen saadaan laitettua kerralla. Lisäksi pitää pohtia, millaisia pinnoitusprosesseja käytetään, onko kyseessä massa- vai kappaletavara ja mistä materiaalista koukku ja runko valmistetaan. Koska ripustimien huoltoa ei voida välttää,

tulee sen olla mahdollisimman helposti toteutettavissa. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 2001, 121–122.)

Ripustustelineen kehyksen rakenteen on oltava kyllin kestävä, että se pystyy kannattelemaan pinnoitettavien kappaleiden massan. Lisäksi ripustimen on kestävä kappaleiden vaatima virranvoimakkuus kaikkien prosessivaiheiden aikana. Virtamäärä, joka telineen tulee kestää, voidaan laskea seuraavalla kaavalla: kappaleiden pinnantiheys ( $\text{dm}^2$ ) kertaa virrantiheys ( $\text{A}/\text{dm}^2$ ). Mikäli telineettä ei ole mitoitettu oikein, se ylikuumenee vastuksen takia, eivätkä kappaleet saa tarvitsemaansa virtaa pinnoitusta varten. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 2001, 123.)

Pelkästään oikeanlainen materiaalista valmistettu kehys ei riitä, vaan ripustustelineiden koukkujenkin on oltava käyttötarkoitukseen sopivia. Ripustinkoukut voivat olla rungossa joko kiinteästi tai niin, että ne voidaan vaihtaa tarvittaessa. Kiinteiden koukkujen etuna on merkittävästi tukevampi rakenne vaihdettaviin verrattuina ja ne ovat useimmiten yksinkertaisia ja halvempia valmistaa. Kiinteät koukut hitsataan, ruuvataan tai niitataan. Vaihdettavien koukkujen etuna on helppo huollettavuus. Lisäksi vaihdettavuus mahdollistaa sen, että yhdellä kehyksellä voidaan pinnoittaa erilaisia komponentteja koukkuja vaihtamalla. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 2001, 124.)

## **2.4 Ripustustelineiden yksilöinti ratkaisuja**

Seurantajärjestelmää varten ripustustelineet tulee yksilöidä. Tätä varten tutkittiin erilaisten vaihtoehtojen ominaisuuksia ja vertailtiin, mikä sopisi pintakäsittelylaitoksen ympäristöön.

### **2.4.1 RFID**

Radio- frequency identification (RFID) tarkoittaa etätunnistusta, joka perustuu radioaaltoihin. RFID:ssä seurattavaan kappaleeseen lisätään tunnistin, joka

toimii yksinkertaisena lähetyvastaanottimena. Tunnisteet voivat olla joko aktiivisia tai passiivisia. Passiiviset tunnisteet saavat tarvittavan määrän virtaa lukulaitteesta sähkömagneettisen kentän avulla, toisin kuin aktiiviset tunnisteet, jotka sisältävät virtalähteen. Aktiivisten tunnisteiden etuna on voimakkaampi signaali, joka mahdollistaa tunnisteiden lukemisen kauempaa. Passiiviset tunnisteet ovat yleisimpiä, sillä ne ovat edullisia ja pysyvät käyttökuntoisina kauemmin erillisen virtalähteen puuttuessa. Yleisin passiivinen tunnistus on tarran muodossa ja tätä kutsutaan älytarraksi. Tunnisteeseen lisätään halutut tiedot, jotka lukulaite rekisteröi tunnisteiden tullessa lukuetäisyydelle. (Lehto 2006, 281.)

RFID-tunnisteet toimivat eri taajuuksilla halutusta toimintatavasta ja globaalista käyttöalueesta riippuen. 130 kilohertsin ja 13,56 megahertsin RFID-tunnisteet kytkeytyvät induktiivisesti tarran ja lukulaitteen välillä. Näillä taajuuksilla toimivien tarrojen lukuetäisyys on noin metrin. Mikäli käyttökohde vaatii pidempää lukuetäisyyttä, käytetään silloin 869 megahertsin ja 2,45 gigahertsin taajuuksilla toimivia tarroja, joiden toiminta perustuu eteneviin aaltoihin. 2,45 gigahertsin tarroja käytetään ympäri maailmaa. Vaikka korkeataajuisilla tarroilla on selvä etu pidemmästä lukuetäisyydestä, ovat ne herkempiä ympäristöolosuhteista johtuville häiriölle, kuten lukijan ja tarran välissä olevalle vedelle tai metallille. (Lehto 2006, 282.)

RFID-tunnisteilla on paljon etuja verrattuna viivakoodeihin. Tunnistetta voidaan sijoittaa halutussa tuotteessa niin, että se on suojassa ympäristövaikutuksilta eikä tunnistetarroja luettaessa ole merkitystä, missä asennossa tarra tulee lukijaan, kunhan etäisyys on riittävä. Lisäksi tarroihin on mahdollista ohjelmoida huomattavasti enemmän dataa kuin viivakoodeihin. Tarroihin voidaan myös ohjelmoida myöhemmin uutta dataa, jolloin samaa tunnistetta on mahdollista käyttää täysin eri tuotteessa, eikä uusia tarroja tarvitse hankkia käyttökohteen muuttuessa. (Lehto 2006, 283.)

## 2.4.2 Tekstin tunnistus ja viivakoodi

Tekstintunnistusta eli Optical Character Recognition (OCR) käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1960. Tekstintunnistusta varten kehitettiin erikoisfontti, että koodin lukeminen onnistuu mahdollisimman helposti lukijalaitteella sekä ihmisilmällä. Tekstintunnistuksen suurin etu on luettavuus ilman laitetta. Huonoina puolina on koodien herkkä altistuminen lialle, kuluminen ajan saatossa, suojaamisen puute, rajallinen datamäärä, lyhyt lukuetaisyys ja hidas lukunopeus. (Finckenzer 2003, 3–4.)

Viivakoodit koostuvat eri levyisistä vaaleista ja tummista viivoista, joiden alapuolelle on monesti kirjoitettu koodi selkeälukuisena. Yleisin viivakoodityyppi, johon törmätään arkielämässä, on EAN-viivakoodi, josta on kaksi variaatiota, pitkä ja lyhyt. Pitkä koodi rakentuu 13 numerosta ja lyhyt 8 numerosta. Jokainen numero EAN viivakoodissa rakentuu vaaleiden ja tummien viivojen yhdistelmästä. Teollisuuden käyttöön on kehitetty viivakoodityyppejä, jotka sisältävät myös isoja ja pieniä kirjaimia. Näistä yleisin teollisuudessa käytettävä on koodi 39. Viivakoodilla on samat edut ja haitat, kun tekstintunnistuksella. (Denso Wave 2023a.)

Viivakoodien lukulaitteet perustuvat heijastuvaan valoon. Kun lukulaitteesta kohdistuu valo viivakoodiin, heijastuu valo takaisin lukijaan valkeiden viivojen kautta. Lukijassa oleva valoanturi havaitsee valon heijastuksen ja muuttaa sen analogiseksi signaaliksi. Analoginen signaali muutetaan digitaaliseksi ja tämä tieto syötetään esimerkiksi kaupan kassajärjestelmään, joka tunnistaa koodin. (Denso Wave 2023b.)

## 2.4.3 QR-koodi

Quick Response koodin (QR) kehitti vuonna 1994 Toyotan tytäryhtiö, Denso Wave. Koodi kehitettiin ajoneuvojen kokoonpanossa tapahtuvien työvaiheiden nopeaa seuranta varten. Vaikka Denso Wave omistaa yhä QR-koodin

patentin, ovat he julkaisseet siitä ilmaisen lisenssin mahdollistaen koodin käytön kaikille. (Denso Wave 2023c.)

QR-koodi poikkeaa tavallisesta viivakoodista siten, että niitä on mahdollista lukea digitaalisesti, esimerkiksi älypuhelimien kameralla ja sille saatavilla ohjelmistoilla. Tavallisin QR-koodi koostuu pienistä mustista ja valkoisista laatikoista, kolmesta sijaintineliöstä, jotka ovat koodin kulmissa ja yhdestä tai useammasta kohdistusneliöstä, jotka auttavat lukulaitetta hahmottamaan koodin kulman ja koon. (Ruoti 2022.)

Kuvassa 2 esimerkki yksinkertaisesta QR-koodista. Kyseinen koodi on luotu online-generaattorilla (<https://www.qr-koodit.fi/generaattori>) ja sen skannaaminen vie Karelia-ammattikorkeakoulun kotisivuille.



Kuva 2. Yksinkertainen QR-Koodi. (Atte Riikonen 2023)

Alun perin QR-koodiin oli mahdollista saada vain neljän merkin verran dataa, mutta viimeisin koodi sisälsi yli 7000 merkkiä. Tämä mahdollistaa suuren datamäärän kirjaamisen esimerkiksi elintarvikepakkaukseen. Suuren datamäärän lisäksi QR-Koodin etuja perinteiseen viivakoodiin on edellä mainittu digitaalinen

lukumahdollisuus, viansieto, pieni koko ja mahdollisuus lukea koodi joka puolelta. (Denso Wave 2023d.) Helppolukuisuus voi aiheuttaa kuitenkin myös tietoturvariskin. QR-koodiin voidaan tehdä esimerkiksi jonkin haittaohjelman latauslinkki, joten ei ole suositeltavaa tarkastella satunnaisia koodeja älypuhelimella. (Ruoti 2022.)

QR-koodin viansieto toteutetaan Reed-Solomon koodilla. Esimerkiksi, jos QR-koodi sisältää 100 sanaa, joista 50 on vioittunut repeytymisen takia, vaatii koodin korjaus 100 ylimääristä sanaa. Toisin sanoen QR-Koodista tulee 200 sanaa pitkä, joka pystyy korjaamaan 50 sanaa. Tämä taas kasvattaa QR-Koodin fyysistä kokoa. (Denso Wave 2023e.)

#### **2.4.4 Konenäkö**

Konenäöllä tarkoitetaan nimensä mukaisesta koneen kykyä nähdä. Tämä tapahtuu yhdellä tai useammalla kameralla. Kuvattu data siirretään tietokoneelle tai robotille, joissa se prosessoidaan ohjelmiston avulla. Esimerkiksi robottiin kiinnitetty kamera voi tunnistaa virheellisen kappaleen, lähettää tiedon robotille, joka sitten poistaa viallisen tuotteen linjastolta. Konenäköä varten on valmistettu erikoisoptiikoita, jotka mahdollistavat kuvattavien kohteiden piirteiden analysoinnin ja mittauksen. (Lutkevich 2023.)

Konenäkö tarvitsee tyypillisesti toimiakseen riittävän valaistuksen, optiikan, prosessorin, kaappauskortin ja kommunikaatioväylän kameran ja prosessoivan systeemin välille. Konenäössä käytetään kahdenlaisia kameroita: matriisi- ja viivakameroita. Viivakamerassa pystypikseleitä on vain muutamia, mutta leveys-suunnassa jopa tuhansia ja ne ovat tarkoitettu pääosin liikkuvien ja yhtenäisten kohteiden kuvaamiseen, esimerkiksi paperin laadun tarkkailuun. Matriisikamera kuvaa kaksiulotteisen kuvan, jossa on yleensä pikseleitä saman verran pysty- ja leveys-suunnassa muodostaen suorakaiteen muotoisen kuvan. Nämä kamerrat soveltuvat parhaiten yksittäisten kohteiden kuvaamiseen. (Lutkevich 2023.)

Konenäön etuja teollisuuskäytössä on parempi laatu, kasvava tuottavuus, tuotannon joustavuus, lyhyempi koneen seisonta-aika, laaja prosessin hallinta ja laitteiston monikäyttöisyys. Konenäön tyypillisimmät tehtävät voidaan jakaa neljään luokkaan: ohjaus, tarkastelu, kalibrointi ja tunnistus. Ohjauksessa kone näkö kertoo esimerkiksi robotille, missä asennossa kappaleet ovat linjastossa, jolloin robotti pystyy paikallistamaan ne ja ottamaan kappaleista kiinni. Tarkastelu sisältää kappaleen asennon tunnistamista, kappaleiden lukumäärän laske- mista, pinnanlaadun ja virheiden tunnistamista. Kalibrointiin kuuluu automaatti- nen mittaus ja toleranssien varmistaminen, esimerkiksi kappaleen kierteiden tarkistus. Tunnistukseen lukeutuu viivakoodien, QR-koodien ja etikettien luku sekä värien muotojen ja kokojen tunnistaminen. (Frost 2016.)

Koska konenäöllä pystytään tunnistamaan lähes millainen merkintä tahansa, olisi ripustustelineille voitu kehittää jopa oma merkintätapa tai kaivertaa esimer- kiksi tunnistustiedot suoraan telineeseen, jolloin vaarana ei olisi ollut tunnisteen vaurioituminen.

## **2.5 SFS-EN ISO 1456 Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Säh- kösaostetut nikkeli-, nikkeli-kromi-, kupari-nikkeli- ja kupari-nikkeli- kromipinnoitteet**

SFS-EN ISO 1456 on kansainvälinen standardi, jota käytetään ”raudan, teräk- sen, sinkkiseosten, kuparin ja kupariseosten sekä alumiinin ja alumiiniseosten koristeellisille nikkeli-, nikkeli-kromi-, kuparinikkeli- sekä kupari-nikkeli-kromipi- noitteille” vaatimukseen kauniin ja korroosionkestävän ulkonäön saavuttamiseksi. Lisäksi standardi ohjeistaa, millainen pinnoite kappaleeseen sopii käyttöolosuh- teiden mukaan. Standardissa ei oteta kantaa siihen, millainen pinnanlaatu pe- rusmetallilla tulee olla ennen pintakäsittelyä. Standardi myös ohjeistaa ostajaa, mitä tietoja tulee toimittaa pintakäsittelylaitokseen, joka toimii tämän standardin mukaisesti. (SFS-EN ISO 1456, 2009, 8–12.)

Standardi sisältää ohjeistuksen nimikkeiden nimeämiseen ja niitä on käytettävä piirustuksissa, tilauksissa, sopimuksissa ja yksityiskohtaisissa

tuotespesifikaatioissa. Esimerkiksi piirustuksessa käytettävä merkintä ”Sähkösäostettu pinnoite ISO 1456 – Fe/Cu20a/Ni30B/Cr<sub>mc</sub>”. Tämä tarkoittaa, että pinnoite on tehty teräkseen ja se koostuu kuparista, jonka vähimmäispaksuus on 20 µm, kiiltoonikkelistä, jonka vähimmäispaksuus on 30 µm ja 0,3 µm mikrohalkeilleesta kromista. Standardi sisältää useita eri pinnoitetaulukoita, jotka on jaettu käyttöolosuhteiden mukaan ja jotka sisältävät eri pinnoitenimikkeitä, jotka sopivat taulukon olosuhdeluokkaan. Olosuhteet jaetaan viiteen luokkaan tarvittavan suojauksen ja olosuhteiden rasittavuuden mukaan. Luokista viides on kaikkein vaativin luokka, kuten ajoneuvojen ulkoiset osat ja luokka yksi lievin, kuten kuivat ja lämmitetyt toimistotilat. (SFS-EN ISO 1456, 2009, 12–16.)

Standardin mukaan näkyvillä pinnoitteilla ei saa esiintyä pinnoitusvirheitä. Pinnoitusvirheiksi luokitellaan esimerkiksi kuplat, kuopat, naarmut, halkeamat, pinnoittamattomat alueet, värivirheet ja läikät. Asiakkaan tulee määritellä pintakäsittelylaitokselle, mitä pinnoitusvirheitä pinnoitteessa saa esiintyä ja kuinka laajasti. (SFS-EN ISO 1456, 2009, 34.)

## 2.6 Investointi

Investointi mielletään usein hankkeeksi, johon käytetään paljon rahaa ja jossa haluttu tulos on havaittavissa vasta pitkän ajan kuluttua. Investoinnin tarkoitus on vähentää tuotannosta aiheutuvia kustannuksia ja lisätä tuloja. Mikäli investointiin sitoudutaan pitkäksi aikaa, tuo se mukanaan riskitekijöitä, kuten muuttuva maailmantilanne. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 206.)

Vaikka investoinnin tarkoitus on lisätä yrityksen tuottavuutta vähentämällä kustannuksia, voi väärään kohteeseen tai aikaan sijoitettu investointi aiheuttaa jopa yrityksen kaatumisen väärin sidotulla pääomalla. Väärään kohteeseen investointi voi lisätä kustannuksia ilman merkittävää hyötyä, sitoa työvoimaa ja vähentää käytettävissä olevia varoja kannattavimmilta investoinneilta. Lisäksi käyttökohteen mukaan voi väärään aikaan ajoitettu investointi seisauttaa tuotannon kriittisimmällä hetkellä, mikä taas lisää tappiota. Mikäli investointi onnistuu tuloksellisesti, voidaan sen avulla saada uusia työpaikkoja, parantaa

tehokkuutta, vähentää työtapaturmia, kasvattaa tuottoa ja niin edelleen. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 206–207.)

Mitä pidemmälle investointi etenee, sitä enemmän siihen sitoutuu pääomaa ja lopputuloksen muuttaminen hankaloituu, jolloin investointiprojektin aikana keksittyjä parannuksia ei välttämättä ole järkevää enää toteuttaa. Yritys voi välttää tämän tekemällä kattavan investointisuunnitelman. Ennen lopullisia päätöksiä investoinnin suhteen tulisi yrityksen tehdä hyvyyskriteerit eri toteutustapojen välillä. Hyvyyskriteerillä määritellään investoinnille vähittäisvaatimukset sekä toivottavat ominaisuudet. Eri vaihtoehtoja karsiessa tarkastellaan ensin pois ne vaihtoehdot, jotka eivät täytä kaikkia vähittäisvaatimuksia. Tämän jälkeen valitaan jäljelle jääneistä vaihtoehdoista se, missä on eniten toivottuja ominaisuuksia ja mahdollisimman vähän huonoja. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 207–209.)

### **2.6.1 Kustannusohjaus**

Kun aloitetaan uusi investointiprojekti, kannattaa yrityksen panostaa investoinnin esivalmisteluun. Investoinnin kustannuksista käytetään noin 10–15 % suunnitteluun, jonka aikana päätetään, mihin loput käytössä olevasta budjetista käytetään. Kun investointiprojekti etenee, tulee kustannuksia seurata jatkuvasti ja seurannan tulee perustua tuoreimpaan tietoon. Tämä ennaltaehkäisee budjetin ylityksen ja mahdollistaa paremman vaikuttamisen mahdollisuuden lopputulokseen, mikäli muutoksia tarvitaan. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 211–212.)

Investoinnin edetessä tulee suorittaa kustannusvalvontaa, jossa tarkastellaan kustannuksia investointibudjettiin. Mikäli kustannukset ovat ylittäneet työvaiheen budjetin, tulee syy selvittää ja budjetti kiristä muissa vaiheissa. Investointiprojektien kulujen seurantaan on tehty paljon erilaisia työkaluja ja ohjelmistoja, jotka auttavat tilanteen tarkkailussa. Ohjelmistosta pystytään esimerkiksi näkemään, että projekti on aikataulun mukainen, mutta kulut ovat ylittäneet budjetin ja päinvastoin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 212–213.)

## 2.6.2 Investointilaskelmat

Investointilaskelmilla selvitetään koko investointiajan kustannukset. Mikäli projektin toteutusratkaisuja on useita, selvitetään niiden kustannukset laskelmilla. Nämä laskelmat perustuvat nykymarkkinatilanteeseen, projektin kuluihin, mahdollisiin tuottoihin ja säästöihin. Kun investointiprojektia aloittaessa otetaan nämä seikat huomioon, voi toteutettava investointi poiketa alkuperäisestä suunnitelmasta edullisuutensa vuoksi. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 213.)

Perusinvestoinnille on tyypillistä suuren summan käyttäminen investointiprojektin alussa. Koska tämä kulu kohdistuu yleensä lähelle päätöksentekohetkeä, siihen kohdistuu yleensä vähiten epävarmuutta verrattuna muihin investoinnin tuottoihin ja kustannuksiin. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa jokaisessa tilanteessa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 214.)

Investoinnista aiheutuneita kuluja ja tuottoja tulee tarkastella vuositasolla. Kulujen ja tuottojen erotusta nimitetään ”seuraavaksi vuotuiseksi tuotoksi”. Toisinaan investoinnilla ei saavuteta varsinaista nettotuottoa, vaan säästöjä tuotannon kuluihin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 215.)

## 3 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyötä tehdessä yksi käytetyimmistä tutkimusmenetelmistä oli päiväkirja, johon kirjattiin muistiin mahdolliset ripustustelineiden yksilöintimetodit, potentiaaliset kirjat kirjallisuuskatsausta varten, mihin yrityksiin on otettu yhteyttä, mahdolliset vastaukset, heidän tarjoamansa järjestelmän ominaisuudet ja arvioitu hinta.

Ensimmäiset sähköpostiviestit, jotka lähetettiin yrityksille, olivat kaikki toisistaan poikkeavia, eikä niistä ilmennyt kaikkia tarvittavia tietoja. Tämän jälkeen tehtiin

sähköpostipohja, joka vastasi ”kysely” tutkimusmenetelmää. Sähköpostin rakenne oli seuraava: itseni esittely ja projektin luonne, mihin järjestelmä tulisi, systeemin toimintavaatimukset ja toiminta esimerkin avulla, ripustustelineen kuvaus, tiedustelu yrityksen suosittelemasta yksilöintitekniikasta sekä hinta-arvio. Tämän jälkeen käytiin vapaamuotoista keskustelua vastanneiden yritysten kanssa esittäen tarkennuksia sekä toiveita. Vaikka kysely tutkimusmenetelmänä mielletäänkin huomattavasti laajemmaksi lomakkeen kaltaiseksi metodiksi, vastaa toteutus kuitenkin eniten tätä menetelmää (Oppariapu 2023a).

Opinnäytetyössä käytettiin myös ”dokumenttianalyysi” menetelmää. Menetelmällä pyritään saamaan uusia näkökulmia aineistoa systemaattisesti analysoimalla, jotka sitten kirjoitetaan selvään muotoon. (Oppariapu 2023b.) Pintakäsittelylaitoksen vuoden 2022 kappaleiden romutukset siirrettiin Microsoft Power Bi:stä Exceliin, jossa ne luokiteltiin ja tutkittiin järjestelmällisesti. Lisäksi kustannuksista tehtiin kaaviot, joissa kustannukset ilmenivät visuaalisesti. Ennen tiedonsiirtoa Exceliin syykoodeista poistettiin ne, jotka eivät liittyneet millään tavalla ripustimiin.

Viimeisenä tutkimusmenetelmänä oli ”haastattelu”, tarkemmin ottaen puolistrukturoituna haastatteluna (Oppariapu 2023c). Haastattelun kohteina oli Abloyn pintakäsittelylaitoksessa työskenteleviä henkilöitä. Ennen haastattelua lähetettiin haastateltavalle Exceliin kirjattu ja selvennetty data kustannuksista ja valmisteltiin esitettävät kysymykset. Haastatteluiden aikana ilmeni uusia kysymyksiä ja keskustelu oli vapaamuotoista.

## **4 Toteutus**

### **4.1 Yhteydenotto yrityksiin**

Projektia varten otettiin yhteyttä yhteensä yhdeksään eri suomalaiseen automaatioyritykseen sähköpostitse. Sähköpostissa esitettiin laitteiston tarkoitus, toivottuja ominaisuuksia ja pyydettiin kustannusarvioita järjestelmän

komponenteista. Vaikka erilaisia yksilöintimetoja tutkittiin ennen yhteydenottoja, niin yritykset saivat valita heidän mielestään toimivimmat ratkaisut lopputuloksen saavuttamiseksi. Tulos oli yksimielinen ja jokainen yritys, joka lähetti tarjouksen järjestelmää varten, päätyi toteuttamaan sitä RFID-tekniikan avulla. Eräs tarjous sisälsi myös vaihtoehtoisen ratkaisun, joka olisi toteutettu koodinlukijalla. Vaikka jokainen yritys suosi ensisijaisesti RFID-tekniikkaa toteutuksessa, olivat tarjouksien laitteistot toiminnaltaan toisistaan poikkeavia.

Seurantajärjestelmän toiminta olisi perustunut siihen, että se laskisi kuinka monta kertaa ripustusteline olisi mennyt pinnoitusprosessin läpi. Esimerkiksi ripustusteline A saa ilmoituksen puhdistuksesta 40 kierroksen jälkeen, mutta ripustusteline B saa ilmoituksen vasta 60 kierroksen jälkeen. Lisäksi toiveena oli, että laitteisto olisi antanut ilmoituksen esimerkiksi 160 kierroksen jälkeen, että ripustustelineelle tulee tehdä tarkempi huolto tavallisen puhdistuksen lisäksi.

#### **4.1.1 Yritys A**

Ensimmäisen tarjouksen kokonaishinta oli hieman alle 5000 euroa. Hinnassa huomioitiin vain tarvikkeet, ei asennusta. Tarjous koostui seuraavista nimikkeistä: RFID-lukija, jossa IP67 luokitus ja 2 metrin lukualue, RFID-tagit, joissa käyttömuisti, kaapeleista, liitäntämoduulista ja kiinnittimistä.

RFID-Tagien käyttömuisti tarkoittaa, että jokaiseen tagiin olisi voitua asettaa lukuarvo, joka vähenee jokaisen skannauksen jälkeen yhdellä. Lukuarvon saavuttua nollaan järjestelmä olisi antanut ilmoituksen tietokoneelle, jolloin ripustin olisi otettu pois linjastosta ja viety huoltoon. Tageihin oli mahdollista laittaa useampi laskettava arvo, jolloin toiseksi arvoksi olisi voitua asettaa esimerkiksi nelinkertainen ensimmäiseen arvoon verrattuna. Kun tämä luku olisi saavuttanut nollan, olisi tietokoneelle saatu ilmoitus, että ripustimelle tulee tehdä laajempi huolto.

### 4.1.2 Yritys B

Yritys B tarjosi kaksi ratkaisuvaihtoehtoa. Molempiin vaihtoehtoihin kuului logiikkapaketti, joka koostui seuraavista komponenteista: logiikka, ohjelmisto, virtalähde ja kaapelit, joiden hinta on yhteensä hieman alle 2400 euroa. Ensimmäisenä vaihtoehtona oli RFID:llä toimiva kokonaisuus, johon kuului RFID-tagit, RFID-lukija/kirjoittaja sekä tarvittavat kaapelit. Tageihin olisi ohjelmoitu kierrosmäärä lukijalla ja logiikkaan ripustimien huoltoilmoitukset. Tämän vaihtoehdon tagit ovat ehdottomasti tarjouksien kalleimpia, ja niiden takia RFID-kokonaisuus olisi maksanut yli 8000 euroa logiikka ja ohjelmisto mukaan lukien.

Toisena vaihtoehtona oli koodinluku. Tähän kuului logiikkapaketin lisäksi koodinlukukamera ja tarvittavat kaapelit. Tämän vaihtoehdon kokonaishinta olisi ollut yli 5000 euroa. Kameralla toimiva järjestelmä olisi vaatinut enemmän ohjelmointia logiikalla, koska jokaiselle tunnistinkoodille olisi pitänyt tehdä omat laskurit ja vertailut.

### 4.1.3 Yritys C

Kolmas vaihtoehto on selvästi kaikkein kallein, mutta myös laajin kokonaisuus. Tarjous sisälsi seuraavat laitteet: RFID-lukija, logiikan prosessori, 7” kosketusnäyttölinen operointipaneeli, logiikalle ja paneelilla suojakotelo, koteloon ilmoitusvilkku, ohjelmointi, sähkösuunnittelu, käyttöönotto ja testaus.

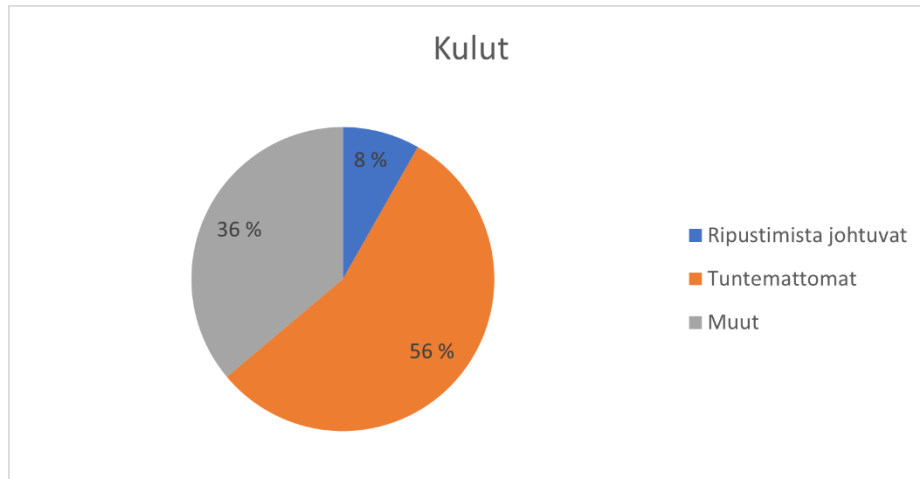
Tarjous ei sisältänyt logiikan ja paneelin ohjelmointiohjelmia. Lisäksi hintaan ei sisältänyt asennustarvikkeita, asennusta, lisäkaapeleita eikä kaapeliensuojia. Tämän kokonaisuuden hinta oli alle 20 000 euroa, mutta muista poiketen tämä ei olisi tarvinnut tietokonetta, vaan sitä olisi ohjattu erillisellä käyttöpaneelilla.

## 4.2 Kustannuksien kartoittaminen

Budjetin määrää varten tuli selvittää, kuinka paljon kustannuksia likaiset ripustustelineet aiheuttavat. Tätä varten tutkittiin koko vuoden 2022 romutuslistaa, jossa olevia komponentteja oli kierrätetty erinäisistä syistä. Mikäli pintakäsittelyssä työskentelevä työntekijä huomaa, että kappaleet ovat epäonnistuneet pintaauksessa, tulee kappaleet romuttaa. Romutusta varten työntekijä kirjaa järjestelmään seuraavat tiedot: Mistä kappaleesta on kyse, monta kappaletta ja syykoodi, miksi kappale romutetaan. Lisäksi kappaleiden romutuksen yhteydessä on mahdollista kirjata vapaamuotoinen kuvaus tapahtuneesta syykoodin lisäksi, jolloin ongelman kartoittaminen on helpompaa. Jokainen romutustapahtuma luo järjestelmään uuden rivin, niin sanotun tiketin, jossa romutukset yksilöidään juoksevan numeroinnin avulla. Vuoden 2022 pintakäsittelyn romutukset koottiin Microsoft Exceliin Power Bi:stä tarkastelua varten. Näistä riveistä suodatettiin pois ne romutussyyt, jotka eivät liittyneet ripustustelineisiin, jolloin datan määrää saatiin vähennettyä.

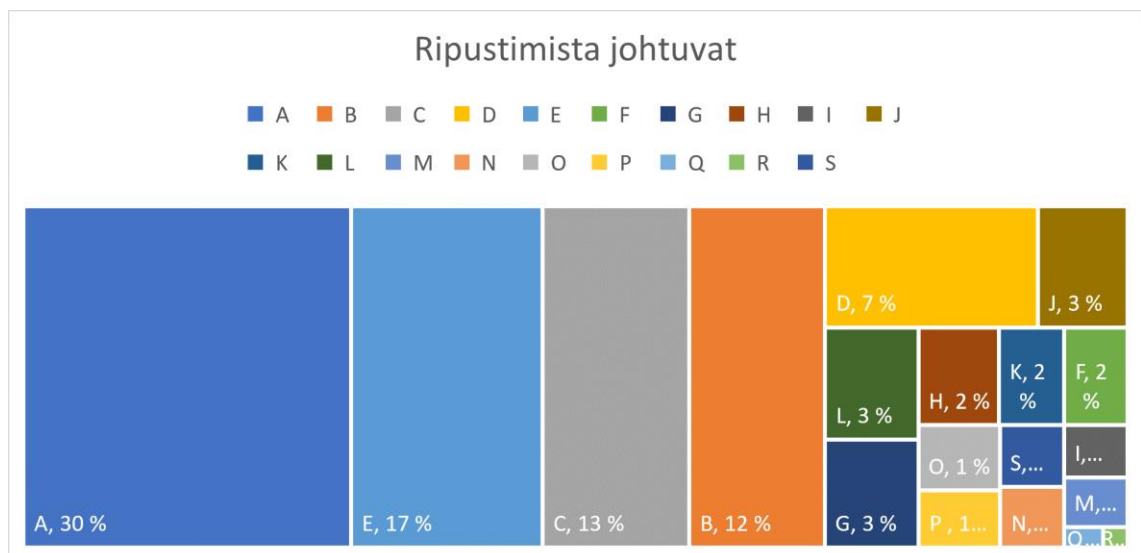
Kaavioita tarkastellessa tulee huomioida, että samat aakkoset eri kaavoissa eivät tarkoita samoja komponentteja tai romutussyitä. Lisäksi kaavioiden eurot on muunnettu prosenteiksi.

Aluksi järjesteltiin romutusrivit seuraaviin kategorioihin: ripustimista johtuvat, tuntemattomat ja muut. Näistä ”ripustimista johtuviin” kuuluivat ne romutukset, joihin oli selvästi kirjoitettu lisäselvityssarakkeeseen ”ripustimen huolto”. ”Muut” -kategoriaan laitettiin romutukset, joissa oli lisäselvitys, mutta ei kuitenkaan suoraan ripustustelineisiin viittaavia, vaan muihin tuotannossa esiintyviin ongelmiin. Viimeiseen kategoriaan ”tuntemattomat” kerättiin romutusrivit, joissa ei ollut lainkaan lisäselvitystä romutuskoodin lisäksi. Tämän jälkeen kustannuksista tehtiin ympyräkaavio, että niiden jakautuminen ilmenee visuaalisesti (kuvio 1).



Kuvio 1. Pintakäsittelyn kustannukset. (Atte Riikonen 2023)

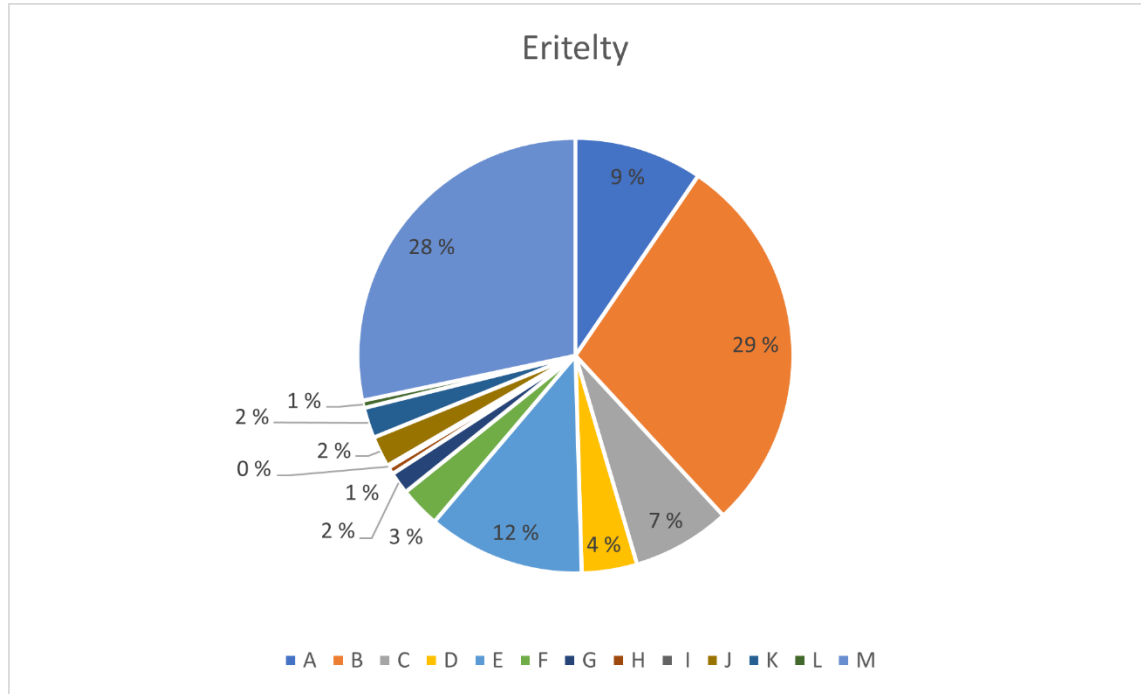
Seuraavaksi selvitettiin kategoria kerrallaan, mistä komponenteista suurin osa kustannuksista muodostuu. Ensimmäisenä tarkasteltiin "ripustimista johtuvat" -kategoriaa, mikä sisälsi selvästi vähiten kustannuksia. Koska erilaisia komponentteja oli paljon, käytettiin kaaviona "puukarttaa", joka ilmensi kustannukset visuaalisesti kaikkein yksiselitteisimpänä (kuvio 2).



Kuvio 2. Likaisista ripustustelineistä johtuvat kustannukset. (Atte Riikonen 2023)

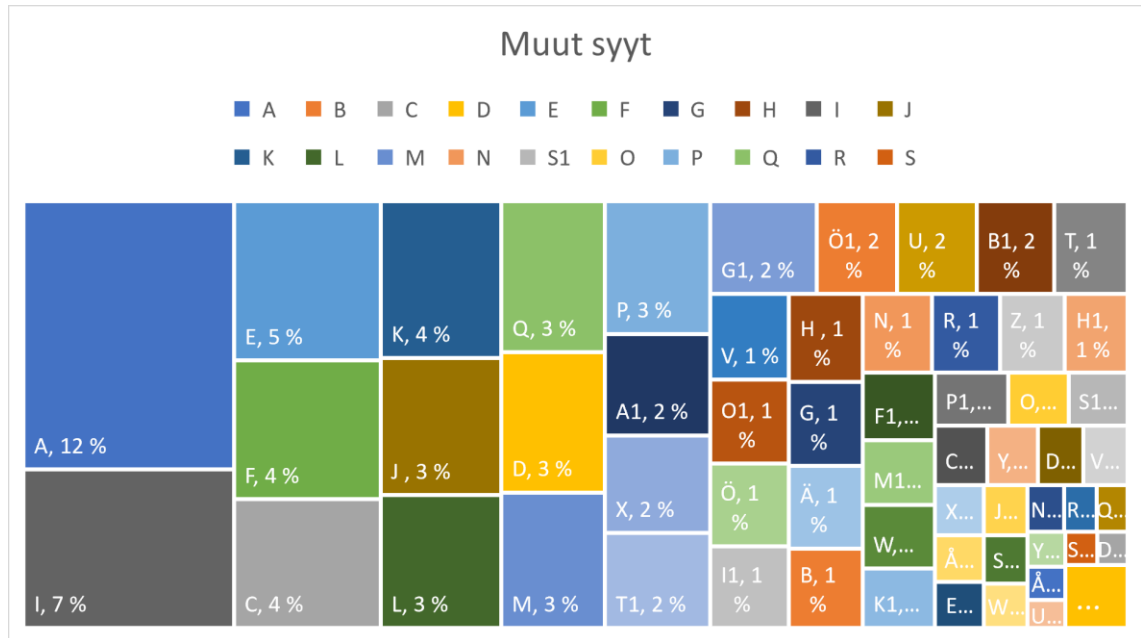
Vaikka selvästi likaisista ripustustelineistä johtuva data selvitettiin, tuli varmistaa, ettei vastaavia kustannuksia ole muissa kategorioissa. Seuraavaksi käsiteltiin "muut"-ryhmään kuuluvat romutukset. Ennen kappalekohtaisten kustannusten tutkimista jäseneltiin komponentit kuvaustekstien mukaisesti kategorioihin, esimerkiksi kaikki "naarmuiset" -lisäselvityksellä olevat komponentit samaan ja

niin edelleen. Näin ollen voidaan tarkastella, mitkä ovat isoimpia syitä romutuksille prosentuaalisesti (kuvio 3). Kaaviosta pystyttiin havaitsemaan, että 28 % romutuksista johtui ulkopuolisista tekijöistä. 29 % koostui yksittäistapauksista. Tämän kategorian tapauksissa ei ilmennyt ripustustelineiden likaisuudesta johtuvia romutuksia.



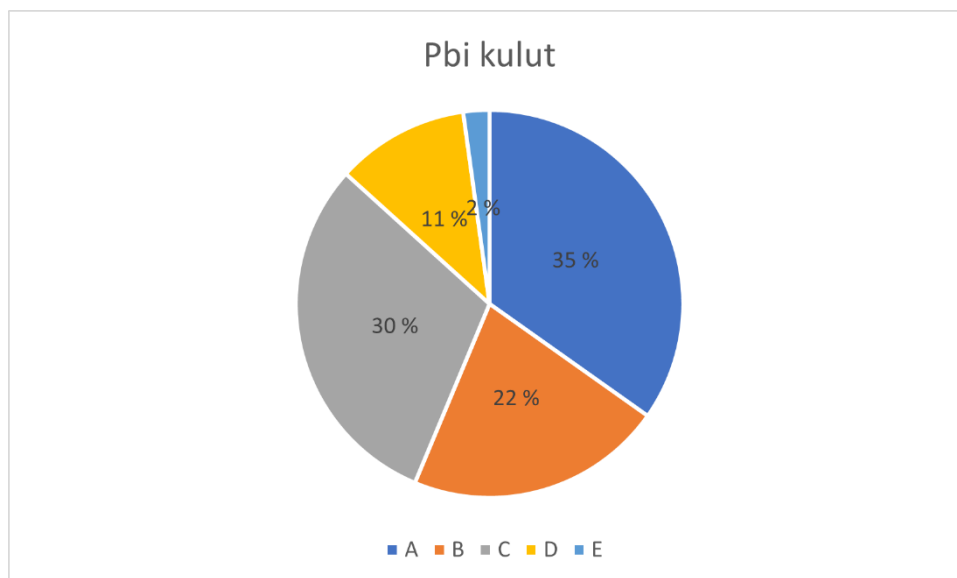
Kuvio 3. Kategorioiden nimet muutettu ja eurot muutettu prosenteiksi. (Atte Riikonen 2023)

Kuvio 3:n jälkeen selvitettiin pintakäsittelylaitoksessa työskentelevien henkilöiden kanssa, voisiko jotkut näistä romutussyistä johtua likaisista ripustimista, vaikka lisäselvityskentän teksteissä ei näin suoranaisesti kerrottukaan. Vastaus oli kielteinen, mutta komponenttikohtaiset kustannukset koottiin silti yhteen samanlaiseen puukartta-kaavioon kuin ”ripustimista johtuvat” kategorian komponentit. Tämän tarkoituksena oli havainnollistaa mitä komponentteja romutetaan eniten ja onko tätä mahdollista ennaltaehkäistä jollain tavalla tulevaisuudessa (kuvio 4). Kaavion komponentti A:ta romutettiin kaikkein eniten, mutta näiden epäonnistunut pinnoitus johtui ulkopuolisista tekijöistä. Komponentti I:n romutukset johtuivat inhimillisestä virheestä. Muissa nimikkeissä syyt vaihtelivat.



Kuvio 4. Komponenttien nimet ja summat muutettu (Atte Riikonen 2023)

Lopuksi Excelistä käytiin läpi ”tuntemattomat”-osion kustannukset. Tätä hankaloitti se, että komponenttien romutussyy ei ilmennyt suoraan, vaan ne olivat tikettien takana. Kaikki tiketit saatiin kuitenkin lopulta avattua ja romutussyyt selvitettyä. Koska ”tuntemattomat”-osion rivejä oli lähes 2000 kpl, sisälsi se satunnaisia rivejä, joissa oli virheellistä tietoa. Nämä olivat onneksi helppo havaita ja poistaa laskuista. Tämän jälkeen rivit järjesteltiin romutussyyden mukaan, joita oli kaikkiaan viisi erilaista ja näistä tehtiin kaavio, että kustannuksien jakauma pystyttiin havaitsemaan (kuvio 5). Tämän kategorian kulut jakautuivat tasaisesti kolmen romutussyyden kesken.



Kuvio 5. Romutussyiden nimet muutettu (Atte Riikonen 2023)

Tämän jälkeen tehtiin puukartat jokaisesta kategoriasta, että nähdään mistä komponenteista kustannukset koostuvat ja löytyisikö niistä mahdollisesti likaisiin ripustimiin viittaavia kuluja (Liite 1).

Lopulta, kun kaikki kustannukset jokaisesta kategoriasta oli selvitetty tarkalleen, käytiin palaveri pintakäsittelyssä työskentelevien henkilöiden kanssa selvineistä kustannuksista. Loppujen lopuksi likaisista ripustustelineistä aiheutuneita kustannuksia oli ainoastaan alle 4000 euroa.

## 5 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko likaisista ripustustelineistä johtuvia kustannuksia vähentää seurantajärjestelmällä. Tulokseksi saatiin, että likaiset ripustustelineet aiheuttivat ainoastaan alle 4000 euroa kustannuksia vuonna 2022. Koska alhaisimman tarjouksen pelkät tarvikkeet olisivat maksa- neet noin 5000 euroa, ei investointi olisi kannattanut. Lisäksi ilmeni, ettei pinta- käsittelylaitoksen kustannuksia pystytä vähentämään järjestelmällä, joka aino- astaan laskee, kuinka monta kertaa ripustusteline on mennyt prosessin läpi.

Opinnäytetyön edetessä selvisi, että RFID-teknologia olisi kaikkein kannattavin ratkaisu tällaiseen ympäristöön ja käyttötarkoitukseen. Tulokseksi saatiin myös kolme tarjousta, joista pystyttiin havaitsemaan selvästi, mistä tarjousten hinnat koostuvat. Jokaisen tarjouksen mukana tuli myös helposti ymmärrettävä selvitys siitä, kuinka yrityksen tarjoama laitteisto toimii. Lisäksi opinnäytetyötä tehdessä valmistui kattava Excel-tiedosto, johon on koottu vuoden 2022 kustannukset, jotka voisivat liittyä likaisiin ripustustelineisiin.

Tutkimusongelmiksi muodostui se, ettei osien romutuskoodista pystytty aina suoraan päättelemään juurisyitä sille, miksi komponentit on kierrätetty. Näitä asioita käsitellessä kuitenkin pintakäsittelylaitoksen työntekijöiden kokemuksesta oli suunnaton apu ja heidän tietämyksensä perusteella juurisyihin saatiin vastauksia.

## **6 Pohdinta**

### **6.1 Menetelmien ja toteutuksen arviointi**

Esitetyn ongelman ratkaisemiseksi tarvittiin apua ennakkoon tuntemattomilta yrityksiltä. Heitä lähestyessä kaavamenetelmä oli toimiva, sillä siinä esitettiin tarvittavat ennakkotiedot ja lopputuloksena syntyi monia erilaisia tarjouksia, joissa oli useita ratkaisuja ongelmaan.

Pintakäsittelylaitoksen henkilökunnan kanssa keskustellessa haastattelumenetelmä osoittautui erittäin toimivaksi. Keskusteluista sai vastaukset esitettyihin kysymyksiin ja haastattelun vapaamuotoisuuden vuoksi keskustelut olivat tarkoitettuja laajempia, jolloin käsitelimme myös aiheita, joita ei välttämättä muuten olisi kysytty.

Tutkimusongelmaksi muodostui se, ettei osien romutuskoodista pystytty aina suoraan päättelemään juurisyitä sille, miksi komponentit on kierrätetty. Näitä

asioita käsitellessä kuitenkin pintakäsittelylaitoksen työntekijöiden kokemuksesta oli suuri apu ja heidän tietojensa avulla juurisyihin saatiin vastauksia.

Mielestäni opinnäytetyön toteutus oli onnistunut. Vaikka varsinainen seuranta-järjestelmä todettiin kannattamattomaksi, saatiin kuitenkin selvitettyä, kuinka paljon likaiset ripustustelineet aiheuttavat kustannuksia. Aluksi kustannuksien kartoittaminen oli hankalaa, koska aineistoa oli todella paljon, enkä suoranaisesti tiennyt, mitkä niistä voisivat liittyä tarkalleen ripustustelineiden likaisuuteen. Pintakäsittelylaitoksen työntekijät kuitenkin auttoivat kustannuksien juurisyiden selvityksessä. Automaatioyrityksiä lähestyessä vaikutti aluksi siltä, ettei tarjouksia tule lainkaan. Lopulta yhdeksästä yhteydenotosta saatiin kolme tarjousta. Kommunikointi näiden kolmen automaatioyrityksen kanssa oli sujuvaa, ja he vastasivat hyvin ja kattavasti kaikkiin esittämiini kysymyksiin.

## **6.2 Virhearviointi ja luotettavuus**

Koska kappaleita romuttaessa työntekijöillä ei ole aina aikaa kirjata romutuksien tarkkoja syitä, ei likaisista ripustimista johtuvia kustannuksia pystytty selvittämään eurolleen. Myös valtava syykoodien määrä voi lisätä väärin merkattujen kappaleiden lukumäärää. Lisäksi tarjouksien kokonaishinta ei olisi jäänyt tarjouksissa oleviin summiin, vaan niihin olisi tullut lisäkustannuksia, joiden tarkkaa suuruutta ei pystytty ennakkoon selvittämään.

Lähteinä käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, standardia ja nettisivuja. Vaikka sähkökemiallisesta pintakäsittelystä kertovat kirjat ovat jo 20 vuotta vanhoja, ovat ne edelleen ajan tasalla. Nettilähteitä käyttäessä luettua tietoa vertailtiin useiden sivujen välillä ennen referointia.

## **6.3 Jatkotutkimuskohde ja ammatillinen kasvu**

Haastattelujen aikana ilmeni ehdotus toisenlaisesta seurantajärjestelmästä. Tämän järjestelmän toiminta ei perustuisi ripustustelineiden kierrosmääriin, vaan

järjestelmä mittaisi automaattisesti ripustustelineiden piikeistä, kuinka hyvin sähkövirta kulkee. Lisäksi romutuskoodoja tutkiessa ilmeni suuri määrä koodoja, joita ei ole välttämättä käytetty kuin kerran. Jos romutuskoodien määrää vähentäisi ja jättäisi vain olennaisimmat, vähentäisi tämä väärin merkittyjen romutuksien määrää, jolloin kustannuksien seuranta helpottuisi.

Opinnäytetyötä tehdessäni tietoni pintakäsittelylaitoksen toiminnasta käytännön ja teorian tasolla kasvoi. Minulle myös tarjottiin mahdollisuutta työskennellä pintakäsittelylaitoksella ripustajana parin työpäivän ajan, mutta aika ei valitettavasti siihen riittänyt. Jos tämä olisi toteutunut, olisin ymmärtänyt paremmin pintakäsittelijöiden työkulkua ja olisin saanut omakohtaista kokemusta siitä, mistä kokonaisuus muodostuu. Kehityin myös valtavan datamäärän käsittelyssä ja tiedonhankinnassa.

Lopuksi tahdon kiittää kaikkia Abloyn työntekijöitä, jotka olivat opinnäytetyössä mukana, vastuuopettajaani ja tarjoukset lähettäneitä yrityksiä. Ilman teidän apu-  
anne opinnäytetyö ei olisi valmistunut.

## Lähteet

- Abloyn kotisivut. 2023. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy/factory>. 01.03.2023.
- Denso Wave incorporated. 2023a. What is a barcode? <https://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/barcode/index.html>. 24.04.2023.
- Denso Wave incorporated. 2023b. Mechanism of barcode scanning. <https://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/scan/index.html>. 24.04.2023.
- Denso Wave incorporated. 2023c. History of QR code. <https://www.qrcode.com/en/history/>. 22.04.2023.
- Denso Wave incorporated. 2023d. Types of QR code. <https://www.qrcode.com/en/codes/>, 22.04.2023.
- Denso Wave incorporated. 2023e. Error correction feature. [https://www.qrcode.com/en/about/error\\_correction.html](https://www.qrcode.com/en/about/error_correction.html). 24.04.2023.
- Frost, S. 2016. Introduction to machine vision. Cognex-video, <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision>. 27.04.2023.
- Konttinen, H. 2008. Abloy 1907–2007 Juhlakronikka. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Lehto, A. 2006. Radioaaltojen maailma. Tampere: Tammer-paino.
- Lutkevich, B. 2023. Machine vision. <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-vision-computer-vision>. 20.04.2023.
- Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita publishing Oy.
- Oppariapu. 2023a. Kysely. <https://oppiapu.wordpress.com/kysely/>. 23.04.2023.
- Oppariapu. 2023b. Dokumenttianalyysi. <https://oppiapu.wordpress.com/kirjalisten-lahteiden-analyysi/>. 23.04.2023.
- Oppariapu. 2023c. Haastattelut. <https://oppiapu.wordpress.com/menetelmat/haastattelut/>. 23.4.2023.
- Ruoti, S. 2022. How QR codes work and what makes them dangerous – a computer scientist explains <https://theconversation.com/how-qr-codes-work-and-what-makes-them-dangerous-a-computer-scientist-explains-177217>. 24.04.2023.
- SFS-EN ISO 1456. 2009. Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnitteet. Sähkösaostetut nikkeli-, nikkeli-kromi-, kuparinikkeli- ja kupari-nikkeli-kromipinnitteet. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry.
- Suomen Galvanotekninen Yhdistys. 1996. Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely - osa 1. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.
- Suomen Galvanotekninen Yhdistys. 2001. Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely - osa 3. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

