



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

JUKKA-PEKKA RAJAHALME

# **Kiiltävien metallituotteiden laadun- varmistus konenäöllä**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2021

Tekijä Rajahalme, Jukka-Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Kiiltävien metallituotteiden laadunvarmistus konenäöllä</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka, Robotiikka Akatemia		
<p>Emballator Oy halusi tutkia, miten he voisivat parantaa nykyistä laaduntarkastus välineistöä säilykepurkkikansien valmistuksessa. Heidän käytössään oleva värillinen konenäkökamera on osoittautunut ongelmalliseksi silloin, kun tuotteen metallierä vaihtuu. Tästä johtuva värimuutos vaikeuttaa tuotteen tarkistamista ja järjestelmä saattaa hylätä vireettömiä tuotteita. Koneenkäyttäjä joutuu asettamaan ohjelmaan kyseistä tuotantoerää vastaavan värisävyn asetuksiin, jotta välttyttäisiin turhilta hylkäyksiltä. Tämä toimenpide hidastaa sekä hankaloittaa tuotantoa.</p> <p>Emballator Oy:lle tehtiin projektityö Satakunnan ammattikorkeakoulun Robotiikka Akatemian toimesta, jossa tutkittiin eri vaihtoehtoja ongelman ratkaisemiseksi. Projektiryhmä selvitti, että harmaasävykuvalla sekä oikealla valaisulla saadaan luotettavia sekä toistettavissa olevia otoksia viallisista ja ehjistä tuotteista. Opettamalla kamerajärjestelmän ohjelmisto tietyillä työkaluilla, kuvista oli mahdollista hakea naarmut, lommot tai saumanauhan katkeaminen kannen reunalla.</p> <p>Opinnäytetyössä koestettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun kameraa ja Emballatorin kamerajärjestelmän valaistuskokoonpanoa, jotta saatiin selville, toimiiko uusi kamera vanhassa järjestelmässä vain vaihtamalla kamera uuteen vai vaatiiko uusi kamera muita korjaustoimenpiteitä.</p> <p>Testien tulosten perusteella yrityksen konenäköjärjestelmä täytyy uusiksi kokonaan valaistusta myöden, sillä vanha valaistuskokoonpano ei toimi yhteen harmaasävykameran kanssa.</p>		
<a href="#">Asiasanat</a> konenäkö, valaistus, laadunvarmistus		

Author(s) Rajahalme, Jukka-Pekka	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 35	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Quality assurance of shiny metal products with machine vision</b>		
Degree program Electrical and Automation Engineering, Robotic Academy		
<p>Emballator Oy wanted to study how they could improve the existing quality control equipment in the manufacture of can covers. A color machine vision camera at their company has proven problematic when a batch of metal changes. Because of the color changes it makes difficult to inspect the product and the system may reject flawless products. The machine operator must program the color of the production batch to the system, so that it corresponds proper color scheme to avoid unnecessary rejections. This action slows down and complicates the production.</p> <p>Project work was done for Emballator Oy at the Satakunta University of Applied Sciences by Robotics Academy. The study consisted of various options to solve the problem. The project group found out that a grayscale image and proper lighting provide reliable and reproducible photos of defective and intact products. By teaching the camera system software with proper tools, it was possible to look for scratches, dents, or broken sealing on the edge of the cover.</p> <p>In this thesis the existing camera system was modified, a new camera was added, and different lightning configurations were analyzed. The goal was to find out, if it is possible to get the desired result simply by changing the camera.</p> <p>Based on test results, the company's machine vision system needs to be completely renewed along with the lighting, because the old lighting configuration does not work with the grayscale camera.</p>		
<u>Key words</u> computer vision, lightning, quality assurance		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄT .....	6
2.1 Konenäön edut ihmiseen verrattaessa .....	7
2.2 Konenäön tehtävät.....	8
2.3 Osat .....	8
2.3.1 Kamera.....	9
2.3.2 Optiikka .....	10
2.3.3 Valaistus .....	11
2.3.4 Ohjelmisto.....	13
3 KEHITETTÄVÄN PROSESSIN KUVAUS .....	14
3.1 Kuvattavien tuotteiden ominaisuudet.....	15
3.1.1 Tuotteen laadun varmistus .....	16
3.2 Tehdasympäristö .....	17
3.2.1 Huomioon otettavat asiat .....	18
3.2.2 Valaistus .....	19
4 KEHITYSTYÖ JA SEN TULOKSET .....	21
4.1 In-Sight Explorer -ohjelmisto .....	22
5 YHTEENVETO .....	35
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Emballator Metal Group Oy on Lempäälässä toimiva erilaisia peltipurkkeja ja niiden kansiä valmistava yritys. Tuoterepertuaari on laaja, sillä siellä valmistetaan tuotteita aina maalipurkeista keksipurkkeihin asti.

Opinnäytetyössä tarkoituksena on tarkastella tuotetta, joka on metallinen kurkkupurkin kansi. Sen halkaisija on noin 22,5 cm. Materiaalin valmistuseristä johtuva väri- vaihtelu aiheutti yrityksen laadunvarmistuksessa käytetylle värikameralle haasteita. Jokaisen erän jälkeen koneenkäyttäjä joutui muuttamaan asetuksia vastamaan uuden materiaalierän sävyä, jotta konenäköjärjestelmä ei luullut tuotteita virheellisiksi. Muussa tapauksessa konenäköjärjestelmä tulkitsevi sävyeron virheeksi ja hylkäsi moitteettomia tuotteita turhaan. Ylimääräisen säädön vuoksi tuotanto hidastui sekä tuotto huononi ylimääräisten hylkäysten takia.

Yritykselle tehtiin vuonna 2020 Satakunnan ammattikorkeakoulun Robotiikka Akatemian toimesta projekti, jossa etsittiin korvaavaa vaihtoehtoa kyseiseen ongelmaan. Projektiryhmä, johon myös allekirjoittanut kuului, päätyi siihen lopputulokseen, että harmaasävykamera varustettuna diffuusivalokupolilla olisi parempi ratkaisu.

Tässä opinnäytteessä syvennyttään kyseessä olevaan ongelmaan, kerrotaan konenäön teoriasta sekä ehdotetaan tekniikoita, joilla ongelman voi ratkaista.

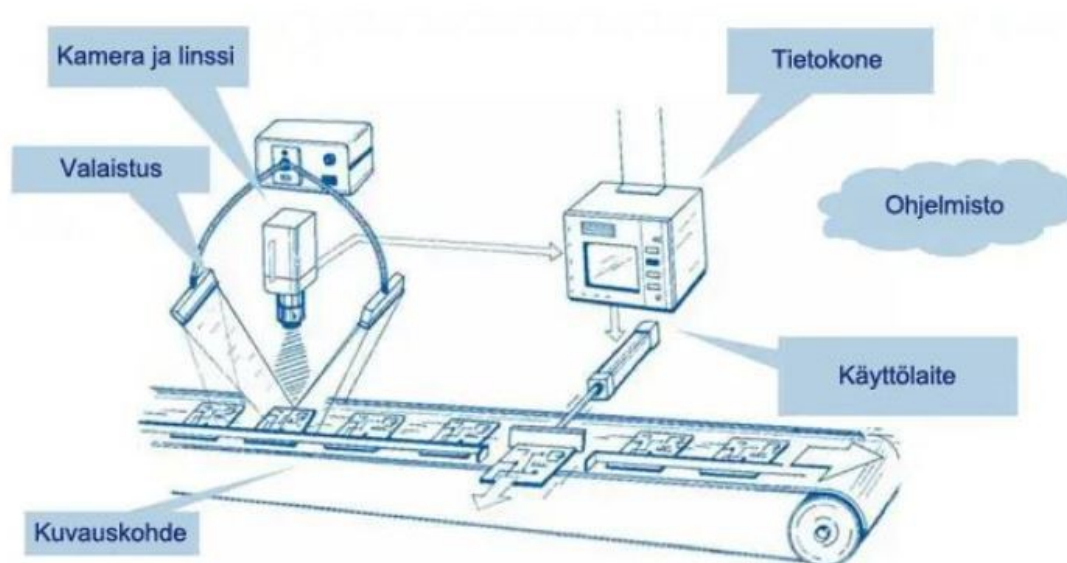
## 2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄT

Konenäöllä tarkoitetaan havainnointia, joka tehdään tietokoneella. Se jäljittelee ihmisen näköaistia, jossa ”silmänä” toimii kohdetta kuvaava kamera. Konenäöllä voidaan tehdä erilaisia tulkintoja kameralla otetuista kuvista ja videoista. Ohjelmistoon syötyt algoritmit ja data mahdollistavat konenäköjärjestelmää oppimaan näkemään, tulkitsemaan ja ymmärtämään erilaisia tulkintoja halutusta kohteesta. Näiden pohjalta voidaan kerätä tietoa kohteesta tai prosessista ja käyttää mahdolliseen jatko toimintaan. (Computer Vision, n.d.).

Kameranäkö tarvitsee paljon dataa. Se käsittelee analyysin tuloksia uudelleen ja uudelleen, kunnes se ymmärtää kuvien eroavaisuudet ja lopulta tunnistaa tuotteet. Esimerkiksi opettaakseen järjestelmää tunnistamaan auton renkaita, sille täytyy syöttää paljon kuvia renkaista ja muita rengasaiheisia kuvia, jotta se oppii tunnistamaan eroavaisuudet sekä virheettömät renkaat. (Computer Vision, n.d.).

Konenäköjärjestelmät ovat yleistyneet koko ajan enemmän tekniikan halventuessa ja kehittyessä. Kuvia pystytään analysoimaan ja prosessoimaan tarkemmin ja nopeammin prosessitehojen kasvaessa. Ohjelmistojenkin tarjonta on lisääntynyt ja käyttäjän asema on parantunut kilpailun myötä sekä hinnan että helppokäyttöisyydenkin muodossa. (Valo, 2014, s.11).

Monissa käyttökohteissa konenäköjärjestelmät maksavat itsensä takaisin nopeasti, koska niiden avulla vältetään käyttökeltomien ja epäonnistuneiden tuotteiden valmistus, jolloin esimerkiksi tuotteen valmistuksessa käytettyjä kalliita materiaaleja ei mene hukkaan. Ongelmiin voidaan myös puuttua jo ennen isomprien vahinkojen syntymistä, kun järjestelmät ohjelmoidaan varoittamaan hyvissä ajoin esimerkiksi, jos jokin määritellyistä parametreista lähestyy sille sallitun toleranssin rajaa tai heilahtelee arvaamattomasti. (Vento, 2019, s.10–11).



Kuva 1. Konenäköjärjestelmän osat (Vento, Konenäköjärjestelmän käyttöönotto ja kehitys, 2019)

## 2.1 Konenäön edut ihmiseen verrattaessa

Yleisesti konenäöllä tarkoitetaan järjestelmää, joka havainnoi ihmissilmän tavoin esimerkiksi tehdyn tuotteen laatua. Ihmisen älykkyys tulee esiin, kun esimerkiksi sopeudutaan katseluetäisyyden tai valaistuksen muutoksiin. Nämä käyvät ihmiseltä huomattavasti nopeammin. Konenäöllä on kuitenkin monia etuja ihmissilmään nähden. Konenäköjärjestelmä ei puudu ajan kuluessa tehtävänsä. Se havainnoi opetetut poikkeamat ja virheet samalla tavalla vuosienkin päähän. Ihmisestä poiketen, konenäköjärjestelmä ei tarvitse taukoja ja sen voi sijoittaa haitallisiin tai vaarallisiin tiloihin, kunhan kyseiset vaaratekijät on otettu huomioon komponenttivalinnoissa. (Batchelor 2012, 4–17, viitattu lähteessä Valo, 2014, s.11-12). Ihmiset eivät useinkaan pysty vastaamaan nykyaikaiseen tuotannon laatu- ja nopeusvaatimukseen tehdessään tarkastuksia. Kriteerit, joita ihmiset soveltavat tarkastuksiin, ovat väistämättä subjektiivisia. He myös väsyvät ja tekevät virheitä. (Vento, 2019, s.10).

Näiden vuoksi konenäköjärjestelmien käyttö teollisuudessa on kasvanut räjähdysmäisesti viimeisten vuosien aikana, kun tekniikan kehitys on mahdollistanut ketterän sovelluspohjan teon, parantanut erottelukykyä sekä laskenut hintoja. Täten keskihintaisestakin kamerajärjestelmästä voidaan kehittää ihmissilmää monipuolisempi ja tarkempi. (Batchelor 2012, 4–17, viitattu lähteessä Valo, 2014, s.11-12).

## 2.2 Konenäön tehtävät

Konenäön tyypillisimmät tehtävät ovat paikantaminen, tunnistaminen, varmentaminen, mittaaminen ja vianetsintä (Machine Vision 101). Tyypillinen konenäkösovellus pitää yleensä sisällään yhdistelmän tarkastustoimintoja, perusmittauksia sekä laskeaa. Kohde-esineiden kappaleentunnistuksessa voidaan määrittää laadullisia ominaisuuksia, lukumäärää tai kokoa. Konenäköjärjestelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkastettaessa, onko kohteeseen porattu oikea määrä reikiä, sijaitsevatko ne oikeassa paikassa ja ovatko ne halutun kokoisia. Toisessa tyypillisessä sovelluksessa voidaan kohteen sijaintitietoa hyödyntää siten, että varmistutaan kappaleen sijoituksesta oikeaan paikkaan tai, että robottivarsi voi poimia toivotun kappaleen. Voi myös olla tarpeen dekodata tietoa esimerkiksi lukemalla viivakoodeja tai suorittaa pinnankorkeusmittauksia nestesäiliössä tai tunnistaa vaikka rekisterikivistä merkkejä (Cavazzana, 2017).

Yleisimmät suoritettavat työtehtävät konenäölle on seuraavat:

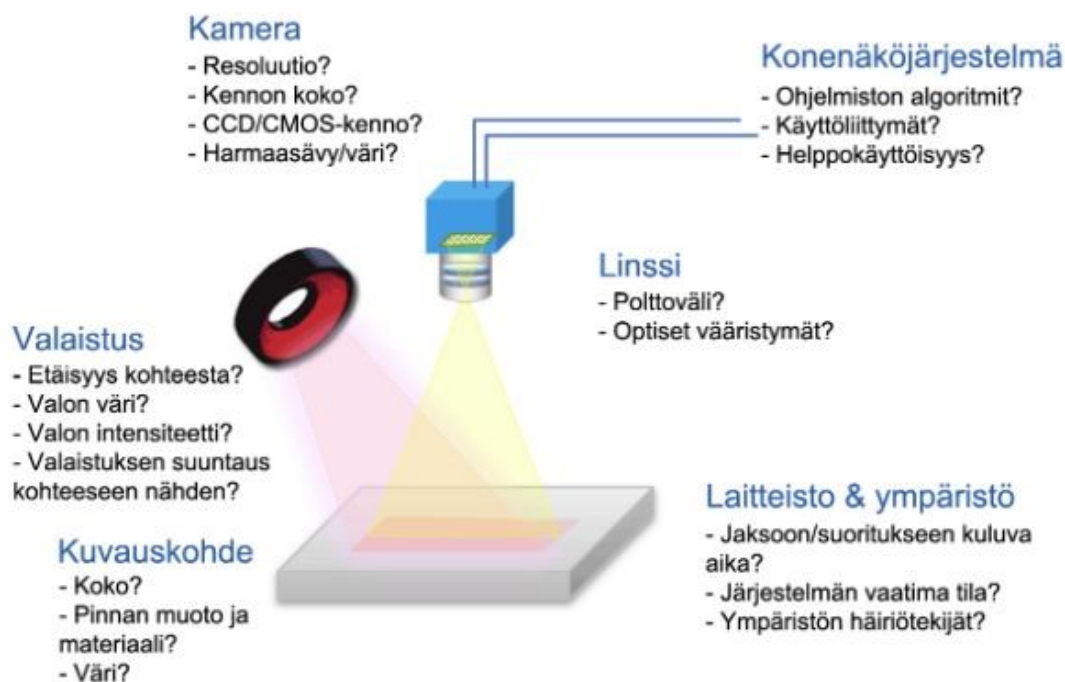
- Tuotteen tunnistuksessa havaitaan erilaisia objekteja esimerkiksi kontrolloidakseen materiaali virtoja tai jotta voidaan päättää, mitä tarkastuksia suoritetaan seuraavaksi.
- Paikannusta käytetään esimerkiksi, kun halutaan kontrolloida robottia, joka koostuu tuotetta liittämillä komponentteja oikeisiin paikkoihin.
- Kokonaisuuden tarkastus suoritetaan yleensä tietyn kokoamisvaiheen jälkeen, esimerkiksi, ovatko kaikki komponentit asennettu oikeisiin paikkoihin.
- Pinnan tarkastusta käytetään tarkistamaan valmiin tuotteen pintaa epätäydellisyyksistä, kuten esimerkiksi naarmuilta, painaumilta, ulkonemilta jne. (Steger, Ulrich, Wiedemann, 2007, s.1)

## 2.3 Osat

Konenäköjärjestelmä koostuu useista eri osista. Ennen kuin konenäköjärjestelmä ja sen komponentit valitaan, täytyy selkeästi määrittää kaikki vaatimukset, mitä niiltä edellytetään. Pohdinta kannattaa aloittaa tarkasteltavasta kohteesta ja tilasta, johon järjestelmä halutaan asentaa. Yksityiskohtainen tietämys vaatimuksista on välttämätöntä,



jos järjestelmästä halutaan saada mahdollisimman luotettava ja taloudellisesti kannattava. (Vision Doctor).



Kuva 2. Konenäköjärjestelmässä huomioitavia asioita (Vento, Konenäköjärjestelmän käyttöönotto ja kehitys, 2019)

Konenäköjärjestelmän yleisen toiminnan kannalta tärkeimmät tekijät ovat erityisesti ohjelmistot, valaistus ja kamera kuva-antureineen. Näiden avulla sovelluskohteen tuottavuutta voidaan lisätä ja parantaa tuotannon laatua. (Cavazzana, 2017).

### 2.3.1 Kamera

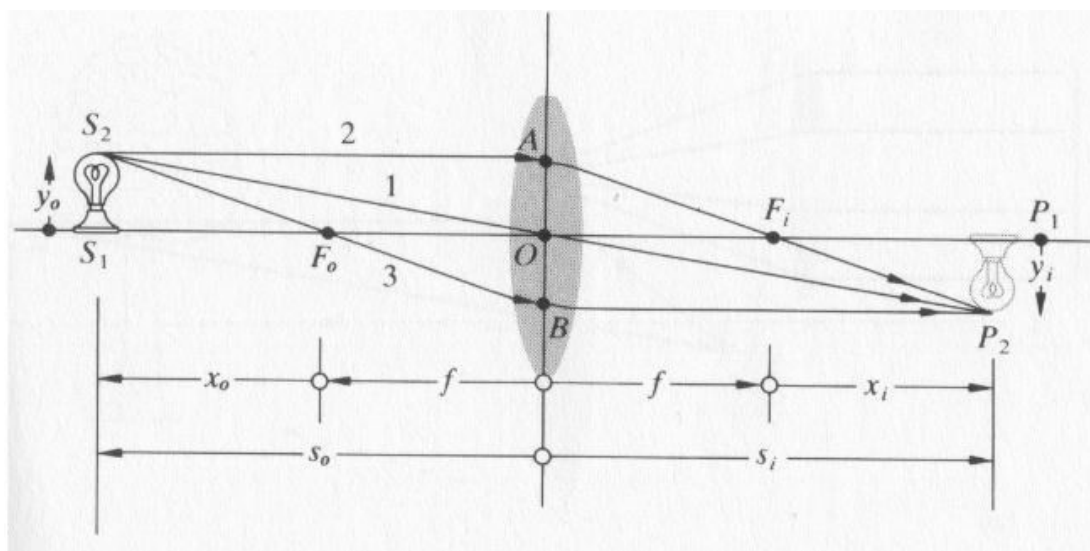
Kameran tehtävä on ottaa kuva tuotteesta. Siihen täytyy liittää optiikka, jonka avulla tuotteesta heijastuva valo siirretään valoherkälle kennolle. CMOS- tai CCD- kennot kuvastavat ainoastaan harmaasävyjä. Värit saadaan kuvaan värisuotimilla, joita ovat yleensä punainen, vihreä ja sininen. (Leino, 2019b).

Kameran kenno muodostuu pikseleistä, jotka varautuvat sähköisesti siihen osuvan valon kirkkauden mukaan. Pikselit voivat olla kennossa joko yhdessä rivissä, eli viivana tai useassa rivissä, eli matriisina. Matriisikennossa kuvan koko lasketaan sarakkeiden ja rivien tulona. (Leino, 2019b).

Kuvan tarkkuus ilmoitetaan resoluutiona eli pikseleiden määrällä vaakasuunnassa sekä pystysuunnassa. Pikseliresoluutiolla ilmaistaan yksittäisen pikselin kykyä ilmaista harmaasävyä. Kahdeksan bittisellä kameralla mustan harmaasävyarvo on 0, kun taas valkoisen harmaasävyarvo on 255. Kaikki muu siltä väliltä on harmaan eri sävyjä. (Leino, 2019b).

### 2.3.2 Optiikka

Linssin tehtävänä on fokusoida kuvattavasta tuotteesta kuva kameran kennolle. Linssin tuottama kuva projisoituu ylösalaisin kennolle.



Kuva 3. Linssi ja projisoituvaa kuva (Leino, Kameratekniikat, 2019)

1. Optisen keskipisteen (O) läpi menevä säde ei taitu
2. Kohti suoraan optiseen akseliin (A) menevä säde taittuu polttopisteeseen
3. Polttopisteen (B) kautta menevä säde taittuu optisen akselin suuntaiseksi

Optiikkaan liittyy keskeisesti muun muassa seuraavat käsitteet: polttoväli, työskenteletäisyys ja kuvakoko. Erillisellä linssiyhtälöllä voi laskea, miten linssin esineestä muodostama kuva riippuu esineen etäisyydestä linssiin sekä linssin polttovälistä.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

Kaava on muotoa  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ , jossa  $f$  on polttoväli,  $u$  on kohteen etäisyys linssistä

ja  $v$  on linssin etäisyys kuvatasosta. Haluttuun polttoväliin vaikuttaa erityisesti haluttu kuvakoko, kuvausetäisyys kohteesta ja kameran kennon koko. (Leino, 2019b).

Tietyn matkan päässä linssistä oleva kappale näkyy selkeänä, kun se on kohtisuorassa optista akselia. Jos se on sen ulkopuolella, kappale näkyy sumeana. (Steger, Ulrich, Wiedemann, 2007, s.24)

Optiikkaan voi liittää erillisiä tarvikkeita ja filttäreitä, kuten esimerkiksi kaistanpäästösuotimia, jotka päästävät valoa lävitseen riippuen suotimen aallonpituudesta. Suotimilla saa esimerkiksi auringon valon vähenemään neljäsosaan ja loisteputkivalon 35. osaan. Polarisaatiofilterillä pystyy poistamaan heijastuksia ja lisäävät värisaturaatiota. (Leino, 2019d).

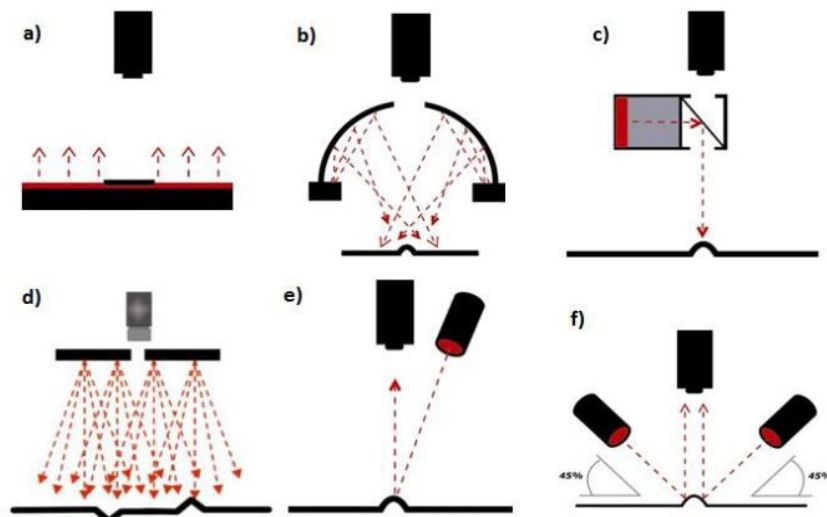
### 2.3.3 Valaistus

Valaistus on yksi järjestelmän muokattavimmista ja halvimmista osuuksista. Valaistuksella luodaan sellaiset olosuhteet, että kuvattavaan kohteeseen kohdistuisi mahdollisimman vähän ympäristövaihteluja, jotta ne eivät vaikuttaisi kuvausten tuloksiin. Kun kohteelle luodaan optimaalisin olosuhde, kamera kykenee ottamaan siitä tarkan kuvan. (Leino, 2019d).

Mahdollisimman lyhyitä työskentelyetäisyyksiä ja kohdennusta on käytettävä, koska valon intensiteetti eli ts. valoteho pinta-alayksikköä kohden on kääntäen verrannolli-

nen valonsäteiden hajaantumisen neliöön,  $I = \frac{1}{r^2}$ . (Leino, 2019d).

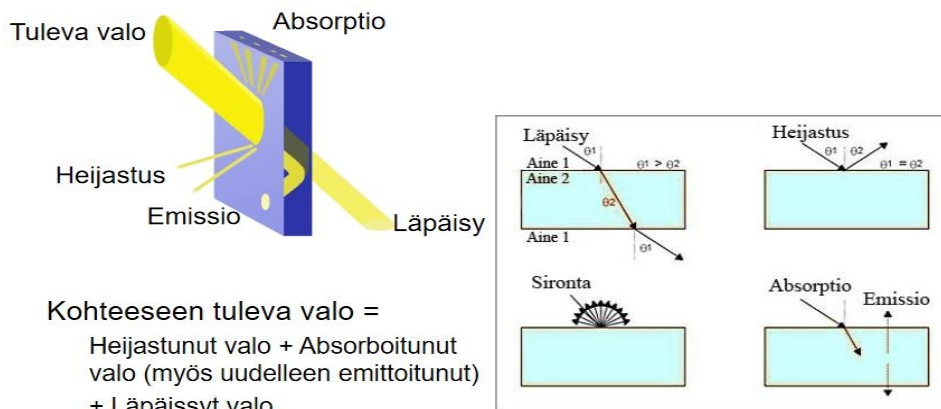
Valaistuksen merkitys on mm. tuoda kohteen kiinnostavat kohdat näkyviin, parantaa tarkasteltavia kohtien kontrastia ja lisätä reunojen tarkkuutta. Valonlähteitä on muun muassa LED, halogeeni, loisteputket, ultravioletti, Xenon, infrapuna, laser ja monimetallilamput. Erilaisia valaistustekniikoita on taustavalaistus (a), diffuusivalaistus kupolin avulla (b), aksiaalinen diffuusivalaistus (c), suora diffuusivalaistus (d), kohtisuora valaistus  $\epsilon$  sekä pimeäkenttävalaistus eli sivuvalo valaistus (f). (Leino, 2019d).



Kuva 4. Valaistus tekniikoita (Leino, Valaistus konenäköjärjestelmissä, 2019)

Kohteessa voi kokeilla myös vaihtaa spektriä, jotta näkee niiden vaikutukset tuotteeseen. Vaihdamalla valo lämpöisestä viileään väriin voi vaikuttaa jo huomattavasti kohteen erottamiseen kuvassa. (Leino, 2019d).

Kuvattavaan kohteeseen saapuva valo käyttäytyy usealla erilaisella tavalla. Valon säteet läpäisevät, heijastuvat, sirottuvat ja absorboituvat sekä emittoituvat aineesta. Oikeanlaisella valaistuksella voidaan luoda mahdollisimman hyvä kontrasti etsittävien virheiden tai ominaisuuksien tuomiseksi esiin. Vaihtoehtoisesti sillä voi häivyttää joitakin ominaisuuksia, jotka ovat tarkastelun kannalta epäoleellisia. Hyvän kontrastin voi luoda esimerkiksi käyttämällä valoa, joka on kuvattavan kohteen vastaväri. (Leino, 2019d).



Kuva 5. Valon käyttäytyminen aineessa (Leino, Valaistus konenäköjärjestelmissä, 2019)

### 2.3.4 Ohjelmisto

Kuvankäsittelyohjelmalla analysoidaan kameran muistissa olevat kuvat. Ohjelmalla luvasta poimitaan tarvittava tieto ja samalla jätetään tarpeeton informaatio pois. Tämän avulla tiedonsiirto nopeutuu. (Leino, 2019a). Lähes kaiken analysoinnin perusta on segmentointi. Se tarkoittaa kuvan jakamista kahteen tai useampaan alueeseen, jotta kohde erottuu taustasta. (Leino, 2019c).

Ohjelmiston työkaluja ovat esimerkiksi:

- Kynnystys, eli treshold, on harmaasävyille annettava jokin tietty raja-arvo. Raja-arvoilla kuvasta voi löytää haluttuja piirteitä, esimerkiksi naarmu kannen pinnassa tai eristenauhan eheys. Huomionarvoista on se, että jos valaistusolosuhteet muuttuvat, niin kynnystysarvoja täytyy muuttaa.
- Kohinalla tarkoitetaan kuvaan tuotantoprosessin takia mahdollisesti ilmaantuvia häiriöitä. Näitä voi tulla muun muassa höyrystä, likaisuudesta tai lämmön siirrosta. Kohina poistetaan ohjelmallisesti erilaisilla suodatusmenetelmillä. Suodattaminen kuitenkin aina heikentää alkuperäisen kuvan laatua, joten kuvauspaikan suunnittelussa on hyvä ottaa nämä asiat huomioon.
- FindPattern -työkalulla etsitään tiettyä muotoa tai rakennetta. Etukäteen täytyy ottaa opetuskuva, josta määritellään ne piirteet, jotka tuotteesta halutaan löytää.
- Edges -työkalulla löydetään kuvasta ne kohdat, joissa esiintyy selkeä muutos sävyissä. Reunat voivat olla pyöreitä, kaareva tai suoria. Tällä työkalulla voi esimerkiksi etsiä kannen ulkokehä. (Leino, 2019c).

### 3 KEHITETTÄVÄN PROSESSIN KUVAUS

Kameraksi valikoitui edellisestä projektista hyväksi havaittu Cognex 5403 -kamera, jonka resoluutio on 1 600 x 1 200 pikseliä. Kameran tarkemmat ominaisuudet ovat:

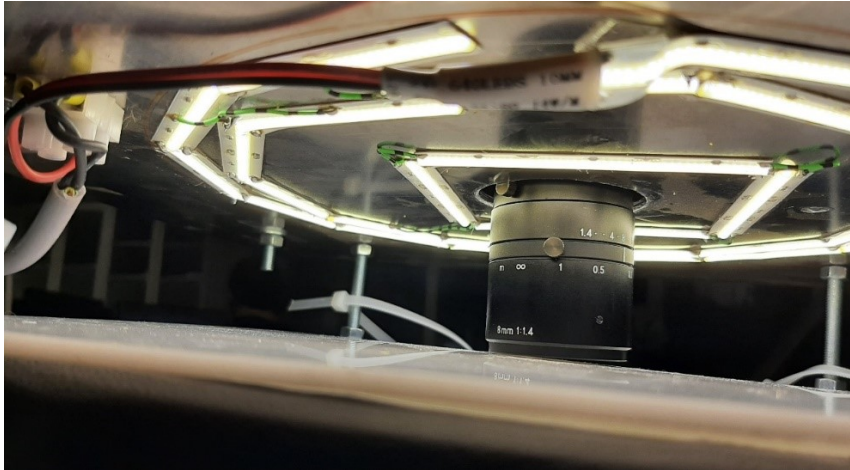
- Työmuisti 32 Mb, kuvan käsittely 64 Mb
- Sensori on 1/ 1.8 tuuman CCD -kenno
- Ympäristön käyttölämpötila 0 – 45 °C, ilmankosteus 95 %
- Kotelointiluokka IP67
- 24 VDC, 500 mA



Kuva 6. Cognex 5403 -kamera

Opinnäytetyössä käytettiin yrityksen omaa linssiä, joka oli käytössä heidän aikaisemmassa konenäköjärjestelmässään. Sen koko oli 8 mm 1/ 1.4.

Aikaisemmassa projektissa tultiin siihen tulokseen, että diffuusikupolivalo on toimiva ratkaisu. Varmistuksen vuoksi oli kokeiltava myös yrityksessä jo käytössä ollut valaistusjärjestelmää.



Kuva 7. Yrityksen vanha konenäköjärjestelmä toiminnassa

Koska tehtaan vanhassa valojärjestelmässä valo tulee suoraan kuvattavan kohteen yläpuolelta, aiheuttaa se kannen muotojen takia varjostumien muodostumista. Tämä on ongelmallinen asia harmaasävykameralle, joten suositeltavaa on vaihtaa valojärjestelmä diffuusikupoliin, jossa valo jakautuu tasaisemmin kuvattavaan pintaan.

### 3.1 Kuvattavien tuotteiden ominaisuudet

Kuvattava tuote ja siinä käytetty materiaali luo haasteita, jotka on otettava huomioon jo kuvausjärjestelmää suunniteltaessa. Käytetty materiaali on metallilevyä, jonka valmistuserissä on huomattavia sävyeroja. Metallin valmistusprosessista johtuvat sävyerot eivät ole hylkäyksen peruste, joten kamerajärjestelmän täytyy osata tulkita ne, ettei se hylkää niitä turhaan.



Kuva 8. Metallikansien valmistusmateriaalien sävyeroja



Kun metallilevy on leikattu ja prässätty kannen muotoiseksi, siihen lisätään tiivistemassa reunauraan. Tiivistenauhan täytyy olla katkeamaton. Muussa tapauksessa tölkin sisältö saattaa kontaminoitua tai valua purkista ulos. Jos nauha on katkennut, kansi hylätään.



Kuva 9. Valmiita kansia

### 3.1.1 Tuotteen laadun varmistus

Jotta metallikansi todetaan kameranäöllä laadukkaaksi, siitä tarkastellaan: tiivistenauhan katkeamattomuutta, kannen naarmuttomuutta sekä lommottomuutta. Mikäli jokin näistä esiintyy kannessa, se poimitaan ohjausjärjestelmän avulla pois linjastolta. Opinäytetyössä onnistuttiin poimimaan kannen tiivistenauhan katkeilu, naarmut sekä lommot.

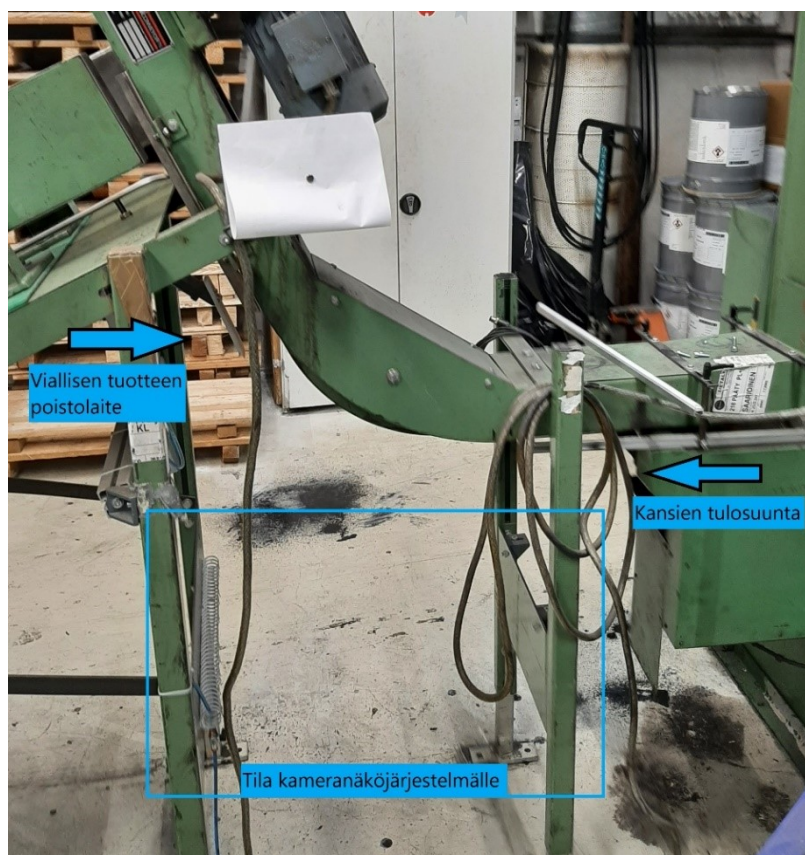
Jos konenäköjärjestelmä havaitsee poikkeaman, voi ohjausjärjestelmä poimia viallisen tuotteen pois linjastolta. Tuotteita liikkuu linjastolla noin 1 kpl / sekunti, joten koko kameränäköjärjestelmä ohjauslaitteineen täytyy toimia luotettavasti tässä ajassa.



### 3.2 Tehdasympäristö

Ympäristö, jossa kamerajärjestelmä tulee olemaan, on kohtalaisen puhdas. Ympärillä ei ole koneita, joista lentelisi lastuja, öljyä tai likaa kuvausjärjestelmän päälle. Tuotantolinjastolla on jonkin verran tärinää, mutta se ei vaikuta kuvaustarkkuuteen eikä mitaustulosten luotettavuuteen. Metallikannet kulkevat kuvauspaikan ohi noin 1 kpl/ sekunti vauhdilla ja kuvausalue on noin 38 cm leveä.

Kameran tarkkuuteen voi vaikuttaa yläpuolelta tuleva valo tai linssin päälle kerääntyvä pöly. Valo voi vaikuttaa jonkin verran kameraan esimerkiksi heijastuksina ja pöly taas voi sumentaa linssiä. Nämä voidaan kuitenkin korjata paikan päällä, mikäli niistä koi-  
tuu ongelmia.



Kuva 10. Tuotantolinjaston tarkastuspiste



Kuva 11. Kameran FOV (Field of View) on noin 38 cm



Kuva 12. Viallisen kannen poistolaite

### 3.2.1 Huomioon otettavat asiat

Konenäköjärjestelmässä tulee ottaa tietyt asiat huomioon, jotta kuvista tulee laadukkaita. Diffuusikupolilla varustettu kamera täytyy asentaa sopivalle korkeudelle linjaston alle siten, että kupolista sirottuva valo kattaa koko metallikannen ja että kameran optiikka näkee kannen kokonaisena kuvausalueella.

Kohteessa suurin haittava tekijä on kuvauspaikan yläpuolelta mahdollisesti kameraan osuva valo, joka voi vaikuttaa kuvauksen laatuun. Tähän voi olla ratkaisuna esimerkiksi kameran huputtaminen kankaalla. Muita konenäköjärjestelmää haittaavia tekijöitä tehdasympäristössä voi olla esimerkiksi linssin likaantuminen, heijastukset, voimakas magneettikenttä tai värinä. Likaantumista tapahtuu kohteessa vain pölyn muodossa, joten ajoittainen linssin puhdistus riittää huoltotoimenpiteeksi.

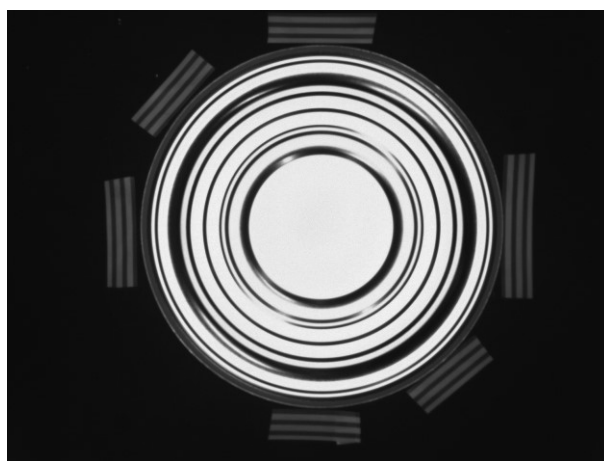
Kohteeseen asennettavat komponentit ovat kestäviä, teollisuuteen tarkoitettuja komponentteja, joten niiden vaatimat huoltotoimenpiteet ovat vähäisiä.

### 3.2.2 Valaistus

Valaistuksen kannalta tuote on haasteellinen, koska se heijastaa tehokkaasti valoa takaisin ja siinä on erikokoisia uria, jotka voivat luoda syviä varjoja vääränlaisella valaistuksella. Alla esimerkki valaistuksesta, jossa kantta valaistaan suoraan ylhäältäpäin led-valolla. Seurauksena on, että se luo vahvoja varjostuksia kannen niihin kohtiin, joissa ura on jyrkässä kulmassa. Tämän vuoksi kyseinen valaisutekniikka ei sovellu harmaasävykameran kanssa työskentelyyn, vaan tämä sovellus vaatii toisenlaisen valaisutekniikan.



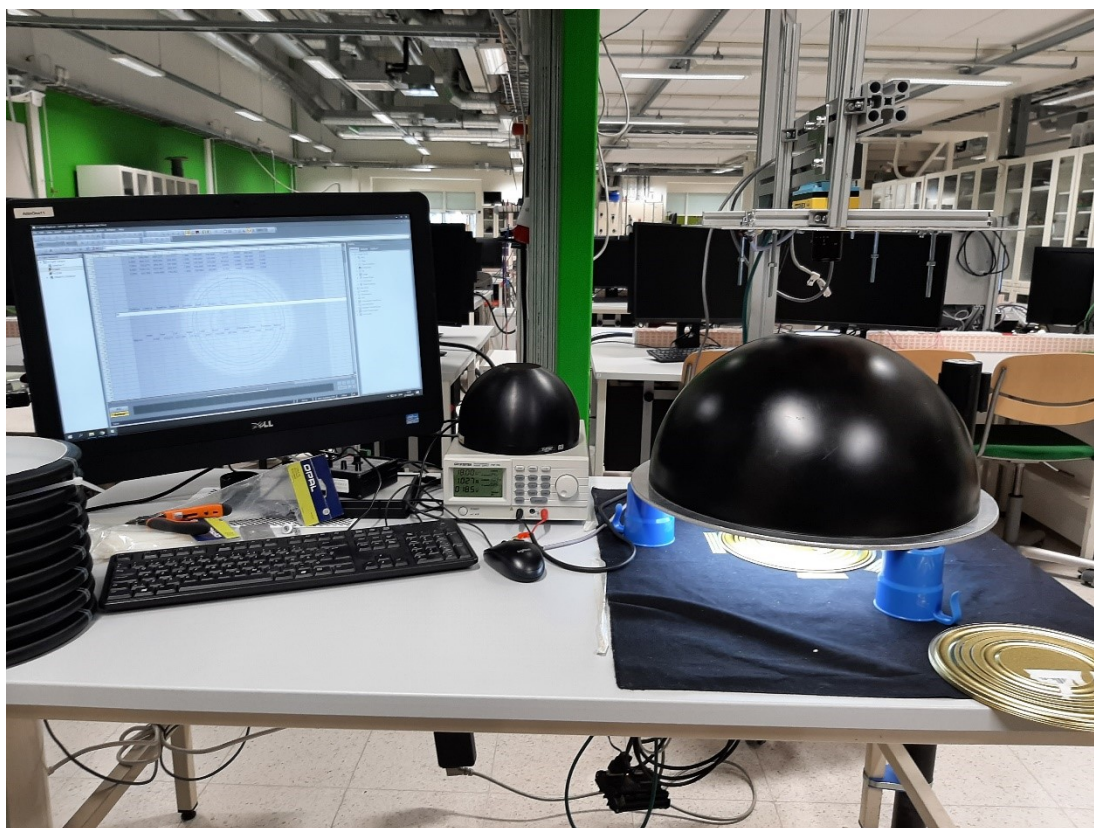
Kuva 13. Testi Cognex 5403 -kameralla ja yrityksen vanhalla valaisujärjestelmällä



Kuva 14. Testissä näkyvät varjostumia sekä heijastumia



Valaisutekniikkana toimi parhaiten diffuusivalaistus kupolin avulla. Sillä saadaan tasainen valaistus kuvattavaan kohteeseen, joka on metallinen kurkkupurkin kansi. Diffuusikupolivalaisulla saadaan varjot häivytettyä kannen urista, koska valo heijastuu kupolin kautta useaan eri suuntaan. Kupolilla valaistessa metallikanteen ei myöskään muodostu niin voimakkaita valokuovia, kuin mitä kohtisuorassa valaistuksessa helposti käy. Edellä mainittuihin asioihin voi vaikuttaa muun muassa valotehon määrällä ja etäisyydellä kuvattavasta kohteesta.



Kuva 15. Testi diffuusikupolilla

## 4 KEHITYSTYÖ JA SEN TULOKSET

Diffuusikupolivalosta pyydettiin kahdesta eri yrityksestä tarjous, kotimaiselta Elsor Oy:ltä sekä Saksalaiselta Stemmer Imaging Oy:ltä.



Kuva 16. Elsor Oy:n tarjoama diffuusikupoli

Elsor tarjosi kupolia, jonka sisähalkaisija on noin 160 mm ja ulkohalkaisija 250 mm. Valo levittyy suuremmalle alalle, kuin mitä kupolin sisähalkaisija on. Kupoliin porataan tilausvaiheessa reikä optiikalle. Kupolin hinta on 950 €.

Stemmer Imaging Oy:ltä tiedusteltiin suurempaa kupolia, CCS HPD2-400SW. Sen sisähalkaisija on 360 mm ulkohalkaisija on 424 mm. Hinta 2 970 € + alv. Myynnistä ehdotettiin myös pienempää mallia MB-DL306-W-24Z, jonka sisähalkaisija on 10,16 cm ja ulkohalkaisija 18,80 cm. Kupolin hinta on 1 300 € + alv.

Tee-se-itse-versio voi olla esimerkiksi IKEA:sta ostettava riippuvalaisin Skurup, jonka ulkohalkaisija on 38 cm. LED-valonauhan voi kiinnittää kupolin reunaan erikseen teetettävään metallilistaan, jotta valo heijastuu kupolin sisäosasta alas. Kameran optiikalle on jo valmiina hyvä reikä, johon sen voi kiinnittää. Kupolin ja valonauhan hinta noin 50 €.

Koska kamera, optiikka, virtalähde sekä muut tarvittavat osat ovat jo yrityksellä valmiina, ainoastaan diffuusikupolista oli tarve kysellä hintoja.

#### 4.1 In-Sight Explorer -ohjelmisto

Cognex- kameran kuvien analysointiin käytettiin heidän omaa In-Sight Explorer - ohjelmistoa, johon on mahdollista ohjelmoida useita erilaisia työkaluja spreadsheet -näkyvään. Ohjelmistossa on monia jo valmiita työkaluja, joiden avulla kuvasta voi etsiä tiettyjä asioita, jotka käyttäjä voi määrittellä joko etsittäväksi viaksi tai halutuksi ominaisuudeksi. Näitä määreitä voi olla esimerkiksi tuotteen koko, eheys, lommot, naarmut ja niin edelleen. Yhteen spreadsheet -soluun voi ohjelmoida yhden työkalun, jonka tulosta voi jokin toinen työkalu käyttää.

Ohjelmassa on kymmeniä valmiita työkaluja, jotka se kategorioi usean alakategorian sisään. Kun oikea työkalu löytyy, niin täytyy se vielä kalibroida kohteeseen sopivaksi. Tämä onnistuu parhaiten kokeilemalla rohkeasti useita eri vaihtoehtoja ja vertailla niiden tuloksia.

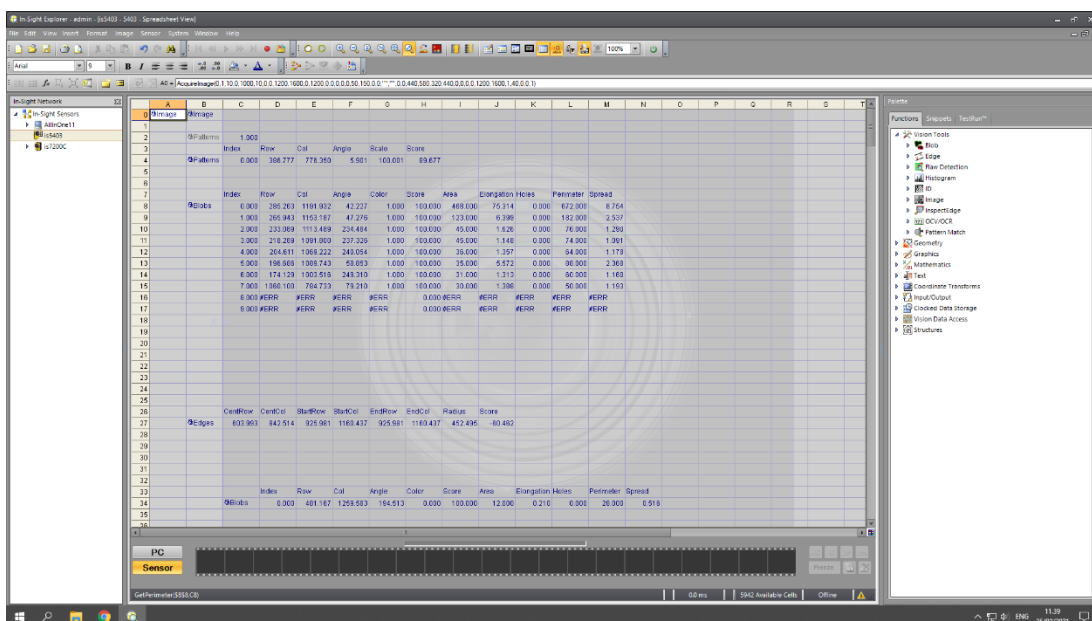
Alle on selvitetty ohjelmistossa käytettyjen työkalujen toimintakuvaus sekä niiden asetukset. Asetukset ovat suuntaa antavia, koska muun muassa ympäristötekijät sekä käytetty tekniikka vaikuttavat olennaisesti asetuksiin.

Kun järjestelmä on toimintakunnossa ja kamera ottaa ensimmäisen valokuvan, se tulee ohjelmassa näkyviin soluun A0. Ohjelman taulukko on englanniksi spreadsheet.

Spreadsheet solu A0: Image - AcquireImage. Kamerasta tuleva kuva, joka tallentuu automaattisesti soluun A0. Alla olevia asetuksia säätämällä pystyy vaikuttamaan kuvan laatuun, kirkkauteen tai kuvan ottamisen tapaan.

- Trigger -asetus on vakioasetuksessa Camera, jolloin kuva otetaan joka kerta triggeriä painettaessa. Jokaisen triggerin jälkeen kamera ottaa uuden kuvan ja siirtää sen soluun A0 ja tallentaa edellisen kuvan päälle.

- Exposure -arvolla määritetään aika millisekunneissa, jonka aikana kenno (CCD tai CMOS) saa valoa trigger signaalin saatuaan. Lyhyempi aika on hyvä pysähdyksissä olevaan liikkeeseen, mutta se voi vaatia suurempaa linssiä hyvän kuvan saantiin. Arvoksi määritelty 10 ms, skaala on 0 – 1000 ms.
- Gain -määrittää vahvistimen tason ja sen arvo on välillä 0 – 255. Vakiona se on 128, mutta tässä työssä se säädettiin 50.
- Offset -vaikuttaa kuvan kirkkauteen tai tummuuteen. Säätovara on 0 – 255, projektissa käytettiin arvoa 50.

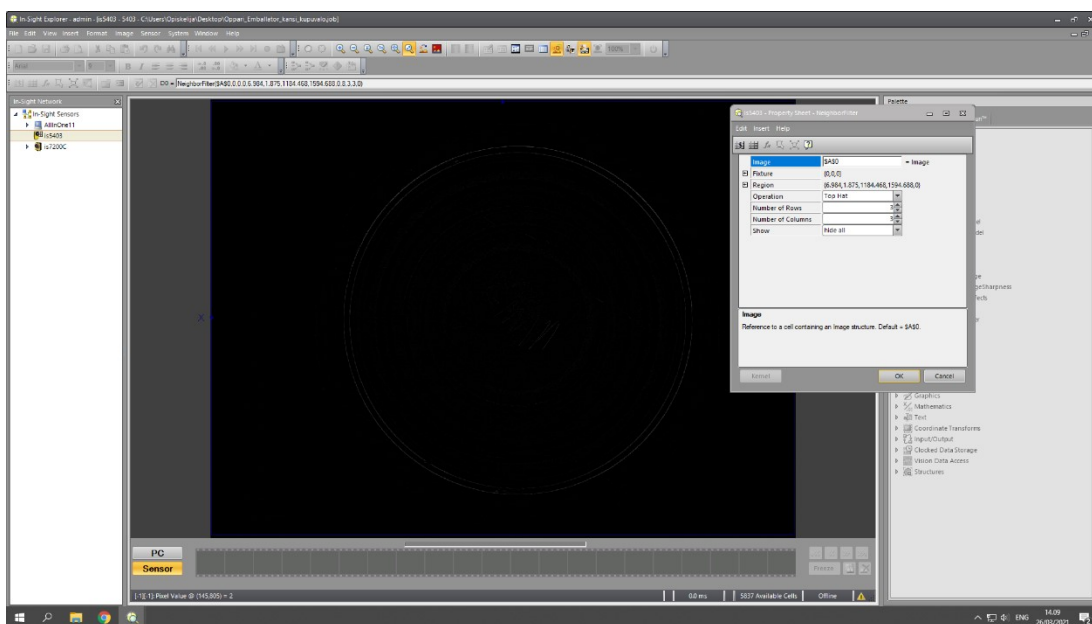


Kuva 17. Kamerasta tuleva kuva tallentuu soluun A0

Spreadsheet solu D0: Image - NeighborFilter. Tuottaa harmaasävy outputin kuvasta, jossa jokainen pikseli on käsitelty tietyllä filterillä. Pikseleitä voi käsitellä esimerkiksi kutistamalla, suurentamalla, täyttämällä, silottamalla tai niiden reunoja voi vahvistaa. Kuvälähde (Image) on kamerasta saatava kuva, eli solun A0 -arvot. Operaatioksi valikoitui Top Hat -filteri, joka suodattaa kaiken muun paitsi kirkkaat yksityiskohdat, jotka ovat kooltaan pienempiä kuin viereiset pikselit. Tätä työkalua hyödyntämällä voi tuoda tiettyjä piirteitä esiin, kuten esimerkiksi vaaleampana hohtavat naarmut tai kannen kehyksen reunus.

Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Max	Elongation	Holes	Parameter	Spread	
0	0.000	841.960	91.035	318.227	1.000	100.000	339.000	0.956	0.000	676.800	2.524
1	1.000	650.249	933.026	327.081	1.000	100.000	157.000	18.176	0.000	252.900	4.277
2	2.000	848.327	964.945	144.321	1.000	100.000	110.000	25.814	0.000	222.900	5.909
3	3.000	106.941	915.185	127.473	1.000	100.000	51.000	7.903	0.000	116.800	2.928
4	4.000	595.935	792.169	125.047	1.000	100.000	46.000	4.926	0.000	136.900	2.221
5	5.000	423.928	905.783	324.181	1.000	100.000	48.000	4.529	0.000	96.900	2.139
6	6.000	362.162	984.487	69.779	1.000	100.000	37.000	2.895	0.000	92.900	1.734
7	7.000	650.255	1384.768	228.454	1.000	100.000	34.000	1.771	0.000	76.900	1.349
8	8.000	831.242	835.151	305.229	1.000	100.000	33.000	2.204	0.000	72.900	1.563
9	9.000	827.903	825.487	323.939	1.000	100.000	30.000	0.846	0.000	56.900	0.964
10	10.000	841.960	91.035	318.227	1.000	100.000	30.000	0.846	0.000	56.900	0.964
11	11.000	650.249	933.026	327.081	1.000	100.000	29.000	0.846	0.000	56.900	0.964
12	12.000	848.327	964.945	144.321	1.000	100.000	28.000	0.846	0.000	56.900	0.964
13	13.000	106.941	915.185	127.473	1.000	100.000	27.000	0.846	0.000	56.900	0.964
14	14.000	595.935	792.169	125.047	1.000	100.000	26.000	0.846	0.000	56.900	0.964
15	15.000	423.928	905.783	324.181	1.000	100.000	25.000	0.846	0.000	56.900	0.964
16	16.000	362.162	984.487	69.779	1.000	100.000	24.000	0.846	0.000	56.900	0.964
17	17.000	650.255	1384.768	228.454	1.000	100.000	23.000	0.846	0.000	56.900	0.964
18	18.000	831.242	835.151	305.229	1.000	100.000	22.000	0.846	0.000	56.900	0.964
19	19.000	827.903	825.487	323.939	1.000	100.000	21.000	0.846	0.000	56.900	0.964
20	20.000	841.960	91.035	318.227	1.000	100.000	20.000	0.846	0.000	56.900	0.964
21	21.000	650.249	933.026	327.081	1.000	100.000	19.000	0.846	0.000	56.900	0.964
22	22.000	848.327	964.945	144.321	1.000	100.000	18.000	0.846	0.000	56.900	0.964
23	23.000	106.941	915.185	127.473	1.000	100.000	17.000	0.846	0.000	56.900	0.964
24	24.000	595.935	792.169	125.047	1.000	100.000	16.000	0.846	0.000	56.900	0.964
25	25.000	423.928	905.783	324.181	1.000	100.000	15.000	0.846	0.000	56.900	0.964
26	26.000	362.162	984.487	69.779	1.000	100.000	14.000	0.846	0.000	56.900	0.964
27	27.000	650.255	1384.768	228.454	1.000	100.000	13.000	0.846	0.000	56.900	0.964
28	28.000	831.242	835.151	305.229	1.000	100.000	12.000	0.846	0.000	56.900	0.964
29	29.000	827.903	825.487	323.939	1.000	100.000	11.000	0.846	0.000	56.900	0.964
30	30.000	841.960	91.035	318.227	1.000	100.000	10.000	0.846	0.000	56.900	0.964
31	31.000	650.249	933.026	327.081	1.000	100.000	9.000	0.846	0.000	56.900	0.964
32	32.000	848.327	964.945	144.321	1.000	100.000	8.000	0.846	0.000	56.900	0.964
33	33.000	106.941	915.185	127.473	1.000	100.000	7.000	0.846	0.000	56.900	0.964
34	34.000	595.935	792.169	125.047	1.000	100.000	6.000	0.846	0.000	56.900	0.964
35	35.000	423.928	905.783	324.181	1.000	100.000	5.000	0.846	0.000	56.900	0.964
36	36.000	362.162	984.487	69.779	1.000	100.000	4.000	0.846	0.000	56.900	0.964
37	37.000	650.255	1384.768	228.454	1.000	100.000	3.000	0.846	0.000	56.900	0.964
38	38.000	831.242	835.151	305.229	1.000	100.000	2.000	0.846	0.000	56.900	0.964
39	39.000	827.903	825.487	323.939	1.000	100.000	1.000	0.846	0.000	56.900	0.964
40	40.000	841.960	91.035	318.227	1.000	100.000	0.000	0.846	0.000	56.900	0.964

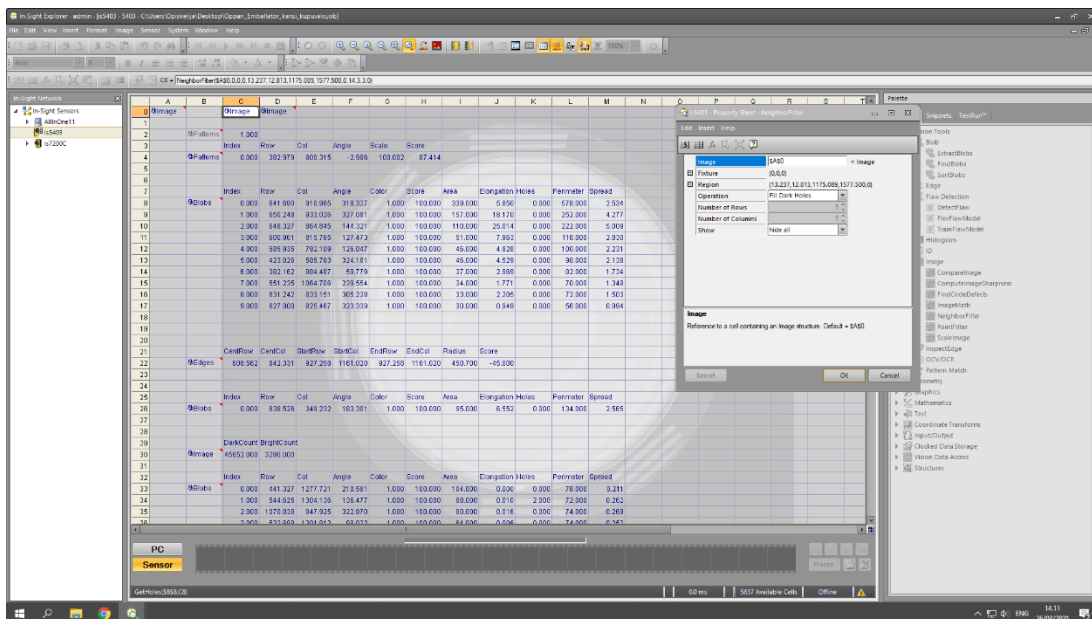
Kuva 18. NeighborFilter -työkalun tallennus solu on D0



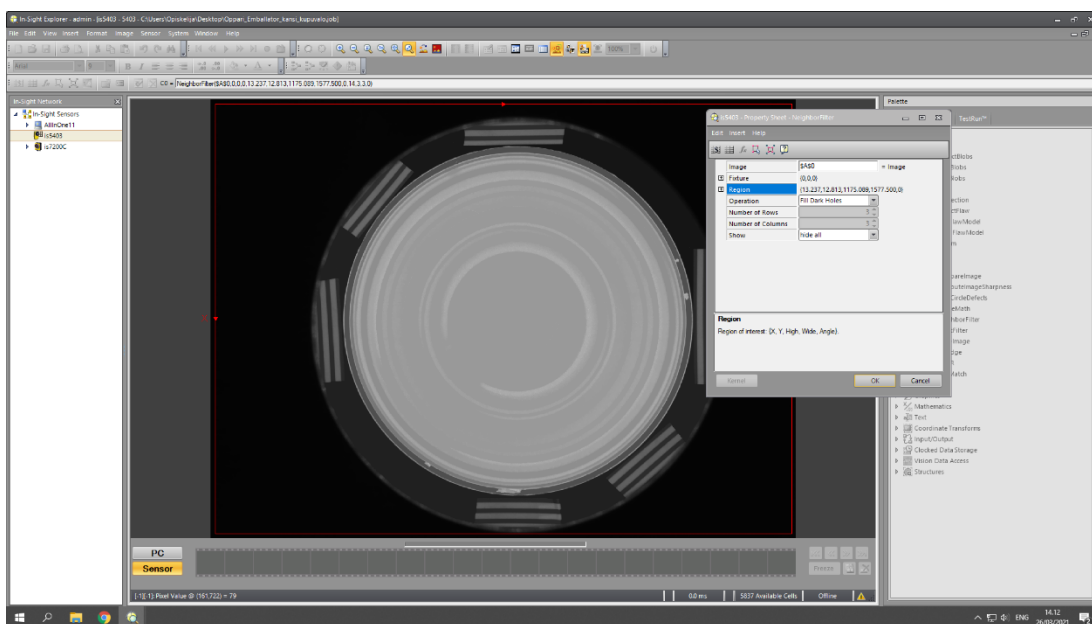
Kuva 19. Top Hat -filteri tuo hohtavat pikselit esiin, kuten reunat tai naarmut

Spreadsheet solu C0: Image - NeighborFilter. Toimii samalla tavalla kuin edellinen työkalu, mutta tähän valittiin erilainen filteri. Kuvälähde (Image) on kamerasta saatava kuva, eli solun A0 -kuva. Operaatioksi valikoitui Fill Dark Holes -filteri, jossa tummat pikselit, joita ympäröi vaaleat pikselit, muutetaan vaaleiksi pikseleiksi. Tuloksena tummat reiät täytetään.





Kuva 20. Toinen NeighborFilter -telleennetaan soluun C0

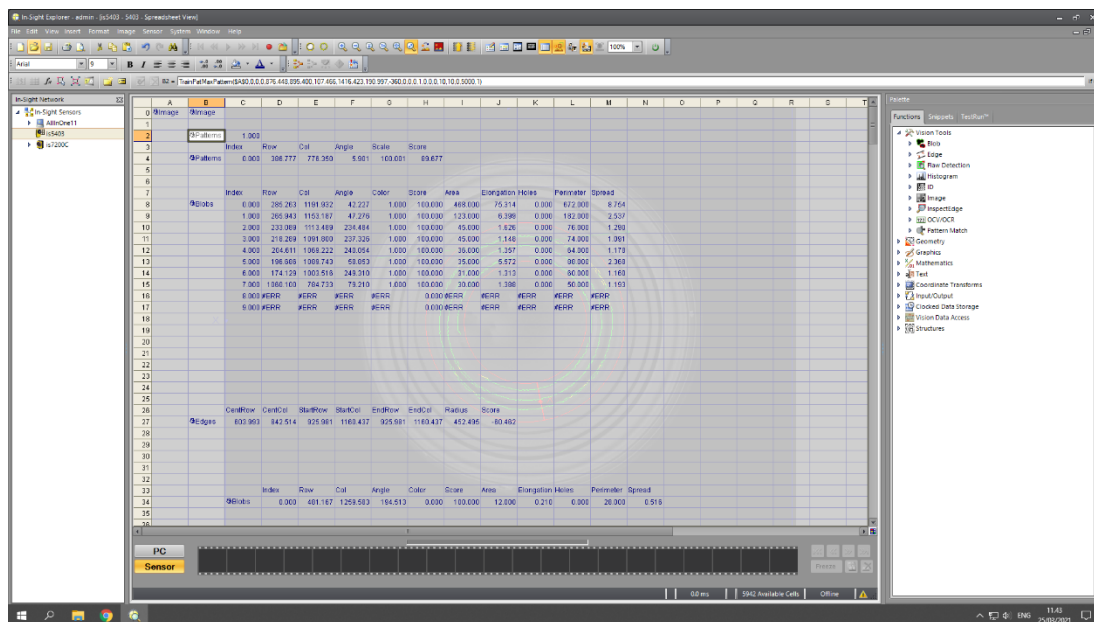


Kuva 21. Fill Dark Holes -filterillä saa näkyville esimerkiksi tumman reunanauhan katkeilu

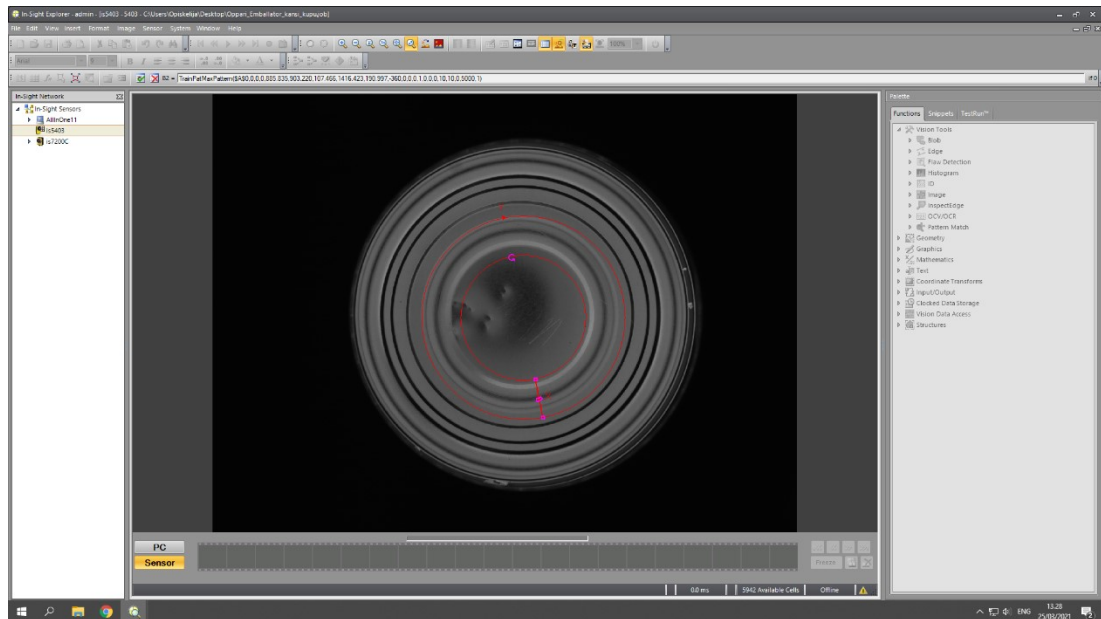
Tämän työkalun avulla voisi etsiä esimerkiksi reunanauhassa olevia katkoksia.

Spreadsheet solu B2: Patterns - TrainPatMaxPattern. Opetetaan hakemaan/ löytämään tiettyjä geometrisia kuvioita kuvasta. Työkalulla voi tehdä nopean paikannuksen ja sillä on hyvä tarkkuus. Muotojen etsintä perustuu muotoon, ei harmaasävy arvoihin. Image haetaan solusta A0, eli viimeisemmästä tallennetusta valokuvasta.

- Pattern Region -rajauksella alueeksi määritettiin kannen keskusta ja sen ympärillä oleva ura.
- Pattern Settings -yksilöi asetukset, jolla kuvio käsitellään.
- PatQuick -etsii nopeasti kuvasta rajatut piirteet. Se on nopea, mutta ei niin tarkka työkalu. Tähän työhön sen tarkkuus riittää.
- Coarse Granularity -löytää suuria ominaisuuksia, kun taas Fine Granularity -spesifioi pienet pikselit ja etsii pieniä ominaisuuksia. Molemmissa vakioksi on 0, mutta tässä työssä arvoksi muutettiin 10.
- Timeout -määrittää millisekunneissa ajan, jonka aikana ohjelma yrittää etsiä haluttua kuviota kuvasta. Jos aika ylittyy, niin ohjelma tuottaa #ERR -tuloksen, eli hylkäyksen. Arvoksi laitettiin 5 000 ms. Skaala on 0 – 30 000 ms.



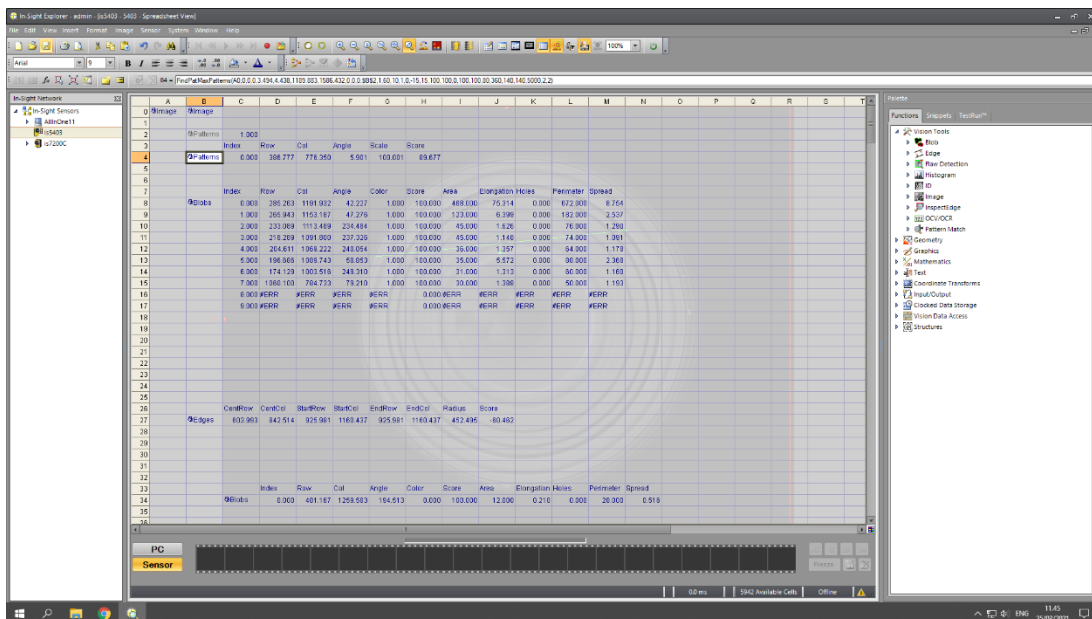
Kuva 22. Pattern -työkalun tallennus solu on B2



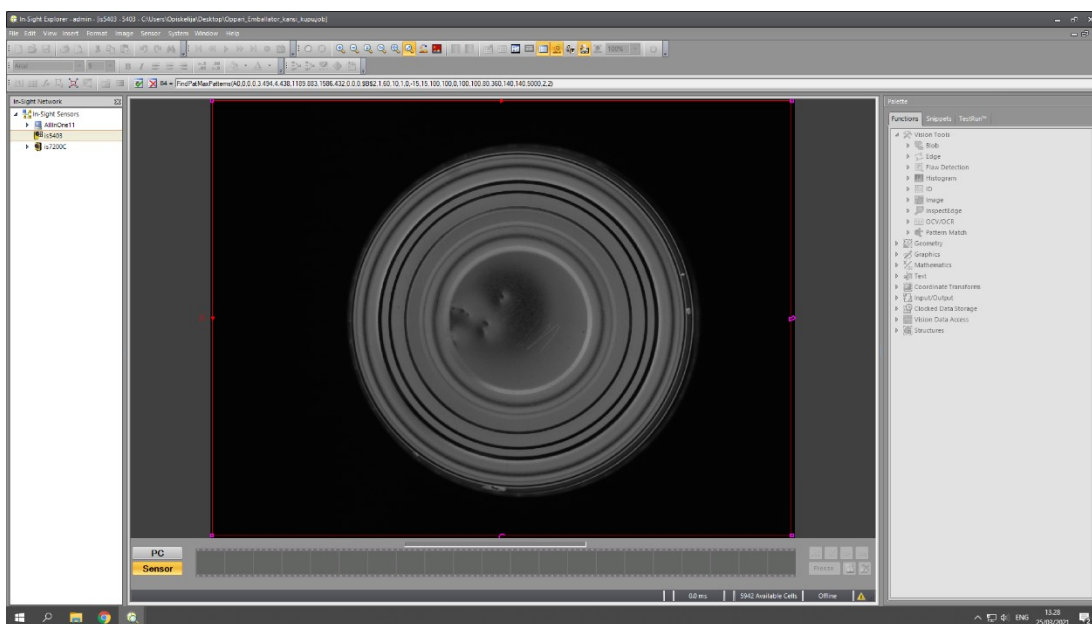
Kuva 23. TrainPatMaxPattern -työkalulla opetetaan kamera etsimään kannesta helposti tunnistettava alue, kuten esimerkiksi kannen keskusta

Spreadsheet solu B4: Patterns - FindPatMaxPattern. Etsii objekteja kuvaan opetetusta kuviosta.

- Find Region -arvo on määritetty koko kuvan kokoiseksi. Sitä voi muuttaa erikokoiseksi, jos kuvattava kohde on pieni.
- Pattern -arvo täytyy vastata spreadsheetin solua, joka sisältää TrainPatMaxPattern -funktion. Tässä tapauksessa solu B2 sisältää kyseisen työkalun.
- Number to Find -arvoksi riittää arvo 1, eli ohjelma yrittää löytää yhden objektin. Arvo voi olla välillä 1–1024, jos esimerkiksi kuvattavia kohteita on useita samassa kuvassa.
- Accept -arvo on vakiona 50, mutta se on määritelty 60. Harmaasävyn treshold täytyy olla korkeampi kuin asetettu arvo, jotta tarkasteltava attribuutti määritellään objektiksi.



Kuva 24. Pattern -työkalan tallennus solu on B4

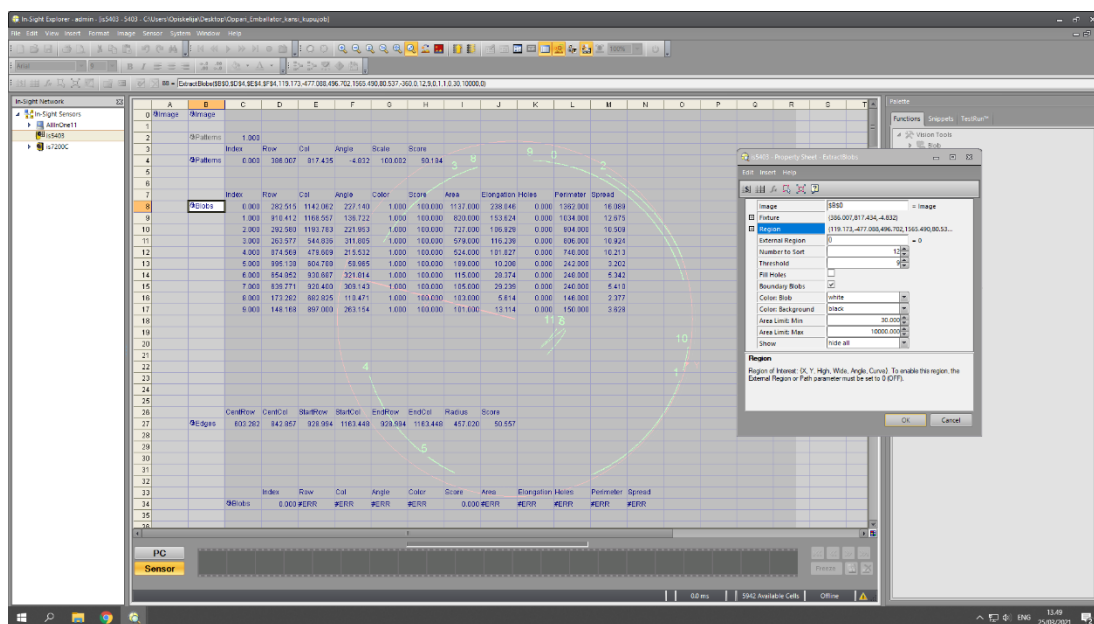


Kuva 25. Työkalu rajattiin koko kuvan kokoiseksi, josta se etsii kuvassa 24 rajatun alueen

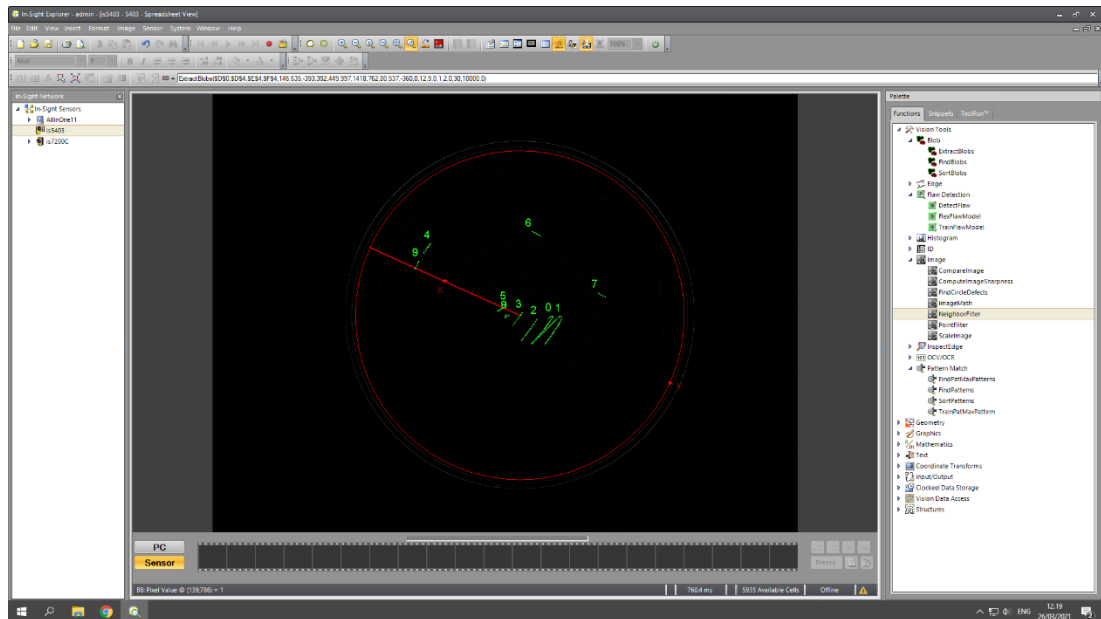
Spreadsheet solu B8: Blobs - ExtractBlobs. Suorittaa analyysin halutulta alueelta. Pikselit jaetaan kahteen kategoriaan, blob tai background, harmaasävyn treshold arvon mukaan. Siinä kaikki pikselit erotetaan joko mustaan tai valkoiseen kategoriaan. Image on D0, eli NeighbourFilter solu. Vakiona se on A0, mutta tässä työssä käytetään solua D0, koska tarkoituksena on etsiä mahdolliset naarmut kannesta.

- Region on alue, josta etsitään mahdolliset vireet. Projektiin se määriteltiin kantha hieman pienemmäksi ympyräksi.

- Number to Sort -arvoon syötetään etsittävien kappaleiden määrä. Projektityöhön muutettiin arvo 12. Arvo voi olla välillä 0–4 096.
- Harmaasävyn treshold on 9. Vakiona se on -1, jolloin se arvioi automaattisesti harmaasävy arvoja. Väli voi olla 0–255, jossa 0 on musta ja 255 valkoinen ja kaikki muu siltä väliltä ovat harmaan eri arvoja.
- Color, Blob -valittiin Either, jolloin blobin värillä ei ole väliä.
- Background -valittiin mustaksi, jolloin työkalu vertaa blobin väriä mustaan taustaväriin.
- Area Limit -asetuksella vaikutetaan etsittävän blobin kokoon. Minimi on 30 pikseliä ja vastaavasti maksimi on 10 000 pikseliä. Vain blobit, jotka ovat asetettujen arvojen välillä näytetään tuloksissa. Ensimmäisenä näytetään suurin vastaavuus indeksinä 0.



Kuva 26. Blobs -työkalu tallennetaan soluun B8

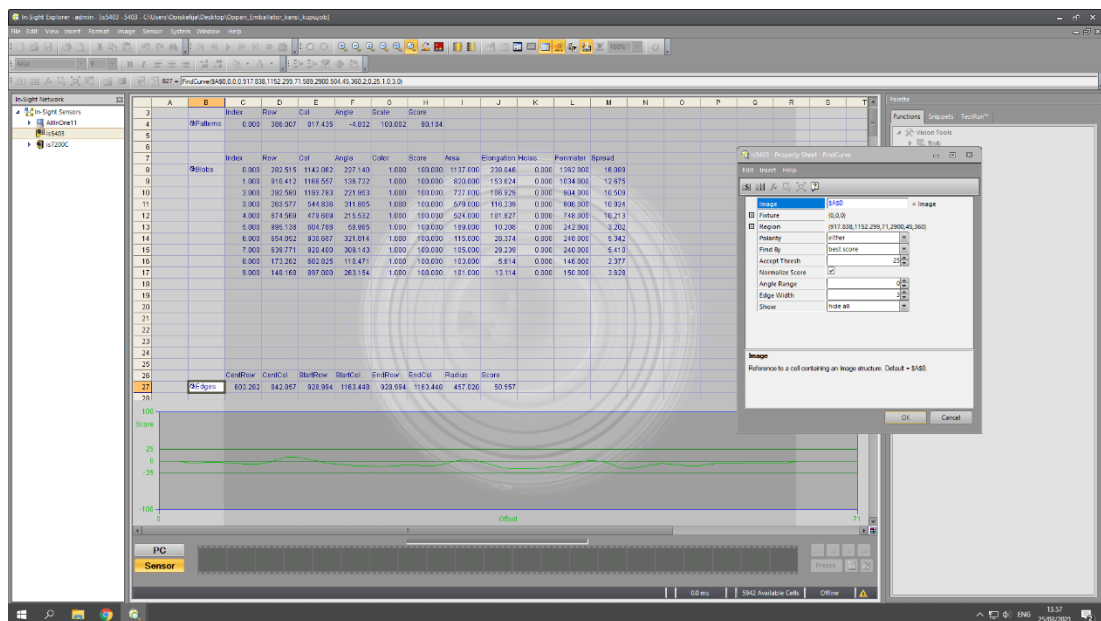


Kuva 27. ExtractBlobs –löytää kanteen tehdyt naarmut. Suurin arvo lähtee indeksistä 0 ylöspäin

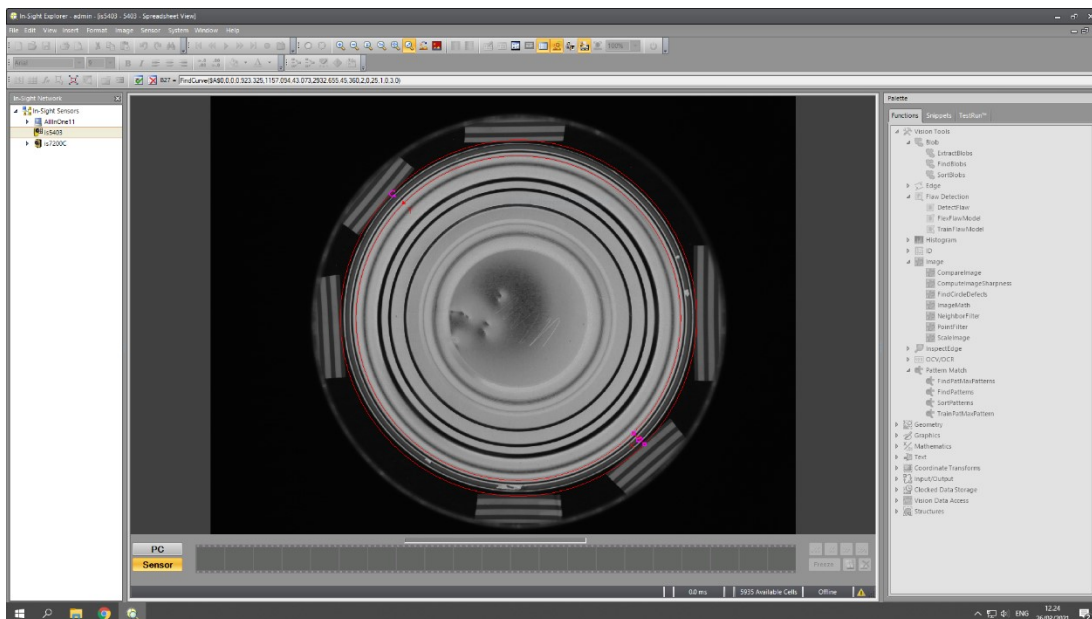
Spreadsheet solu B27 (ohjelmoiminn edetessä se muuttui B22): Edges - FindCurve.

Etsii yhtenäisen kaaren etsintä alueelta. Image on A0.

- Region -alueeksi rajattiin kannen ulkokaari, koska tarkoituksena on etsiä reunanauhasta mahdollisia virheitä. Virheenetsintätyökalu on alempana. Kaikki FindCurve -työkalun asetukset ovat vakio asetuksia.



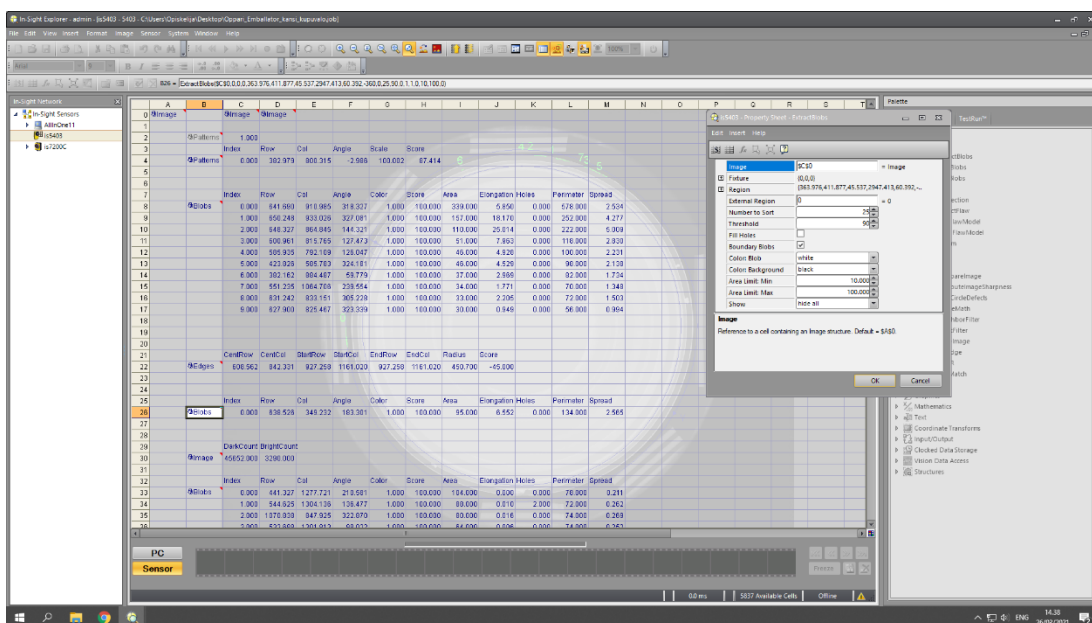
Kuva 28. Edges -työkalulla onnistuu reunojen etsiminen



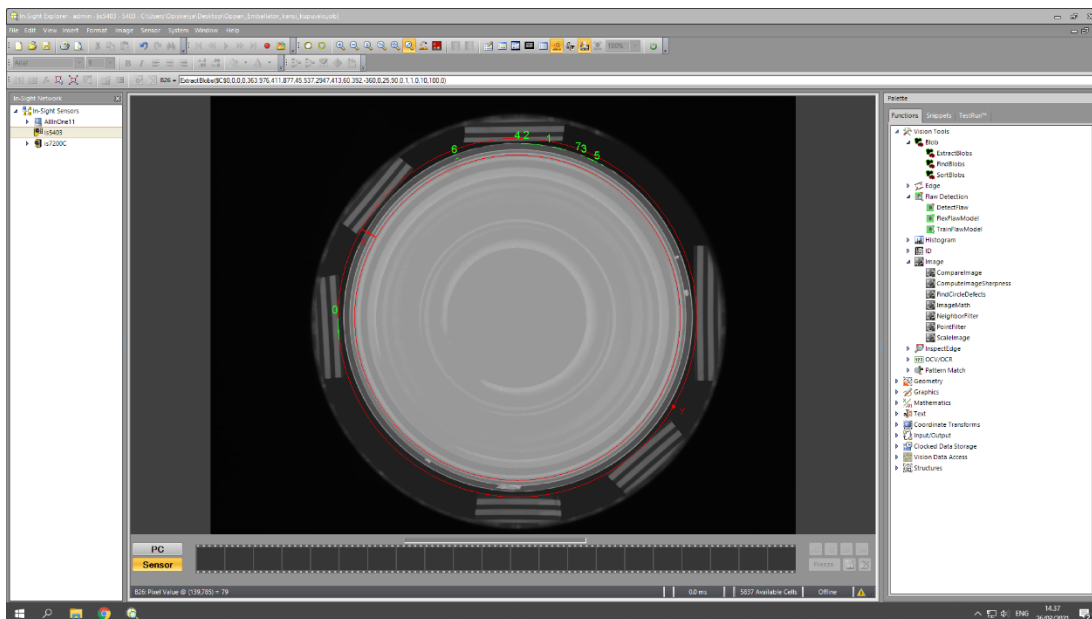
Kuva 29. FindCurve -rajataan kannen reunan ympärille

Spreadsheet solu B26: Blobs - ExtractBlobs. Tällä etsitään virheet reunanauhasta, joka määritettiin edellisessä FindCurve -työkalussa. Image on C0, Fill dark holes -filterin solu.

- Region -määrittellään kannen ulkokaareksi, josta näkee reunanauhan.
- Number to Sort -arvon ollessa 0 näytetään kaikki havaitut virheet. Muussa tapauksessa se etsii ja näyttää valitun määrän virheitä.



Kuva 30. Toinen Blobs -työkalu tallennetaan soluun B26



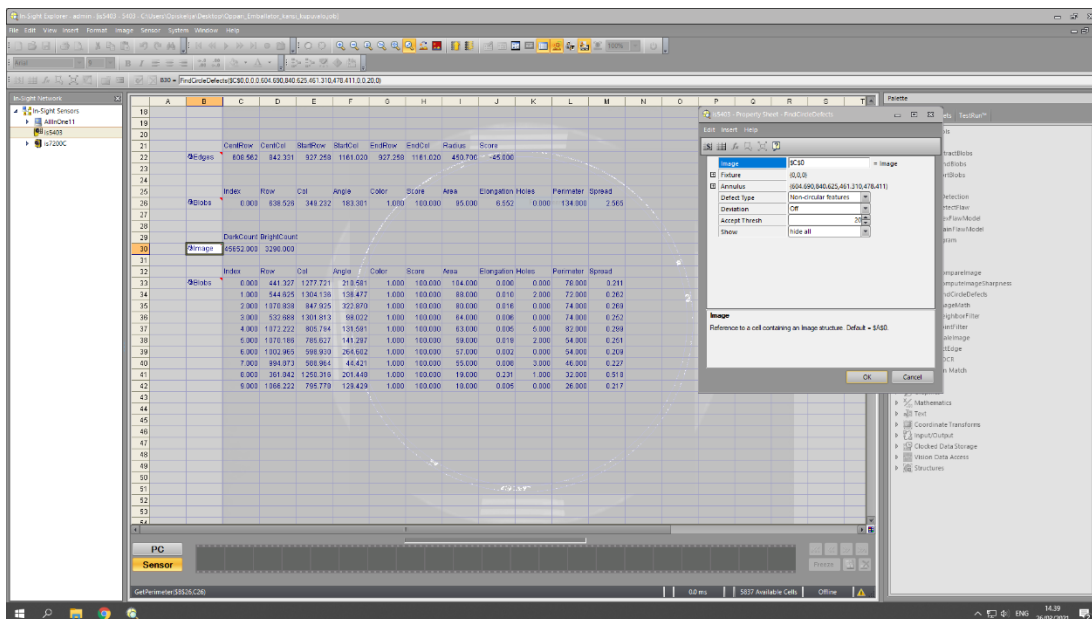
Kuva 31. Kuvassa näkyy, kuinka ExtractBlobs -yrittää löytää reunanauhaan tehtyjä reikiä. Se löysi vain kannen reunasta heijastumia.

Testissä todettiin, että tällä tavalla reunanauhan katkeilu ei tullut esiin toivotulla tavalla, vaan sitä varten tarvitaan toisenlainen työkalu.

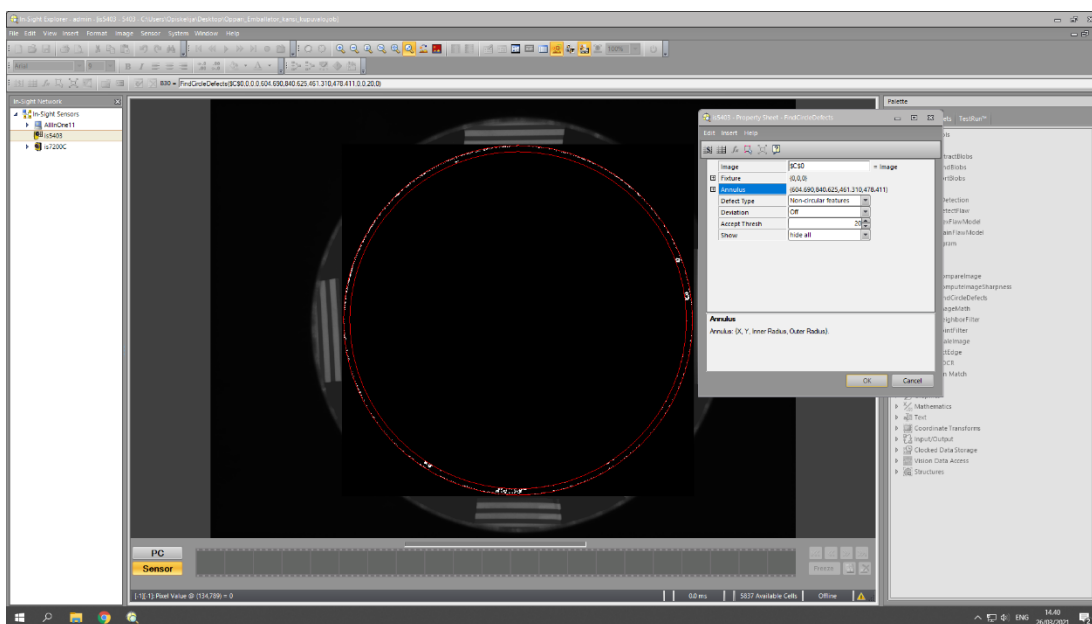
Spreadsheet solu B30: Image - FindCircleDefects. Työkalu muuttaa pikselit pyöreässä muodossa joko mustaksi tai valkoiseksi, riippuen niiden harmaasävy arvosta. Image on C0.

- Annulus -rajataan reunanauhan paksuiseksi renkaaksi.
- Accept Thresh -määrittää minimin, jonka puitteissa reunan kontrasti hyväksytään. Arvo voi olla väliltä 0 – 100. Vakiona se on 25, mutta projektiin se on asetettu 20. Funktio hylkää kaikki reunat, jonka arvo on alle asetetun.





Kuva 32. Image -työkalu tallennetaan soluun B30



Kuva 33. FindCircleDefects -työkalun etsintäalue rajattiin kannen reunaan

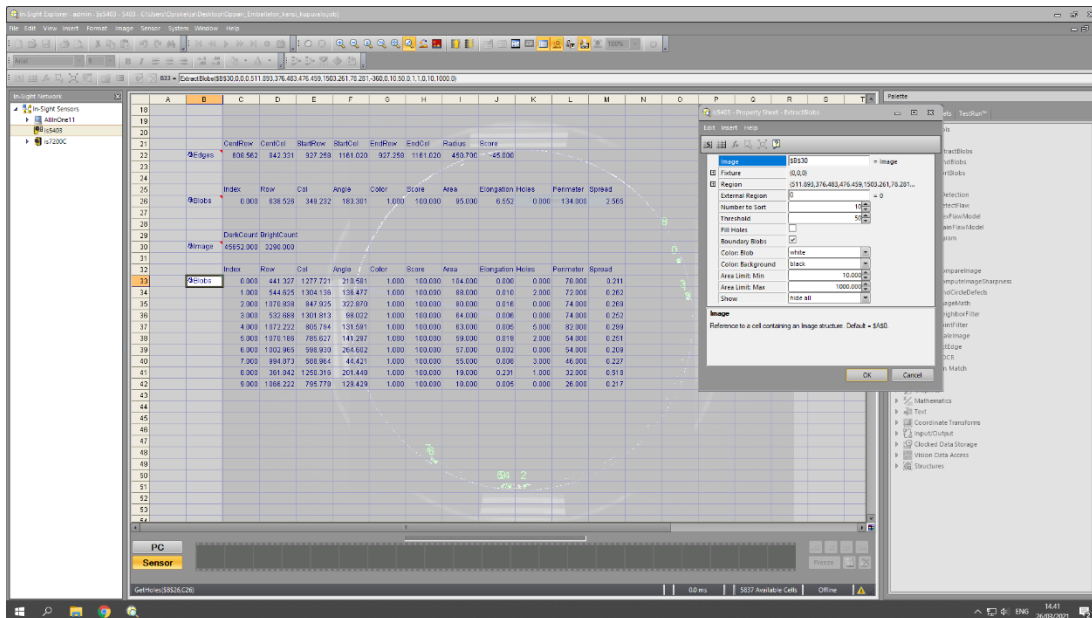
Tehokas työkalu reunanauhan virheiden tuomiseen esiin. Seuraavalla työkalulla on tarkoitus poimia ne virheet.

Spreadsheet solu B33: Blobs - ExtractBlobs. Image on B30, eli edellinen FindCircle-Defects työkalu.

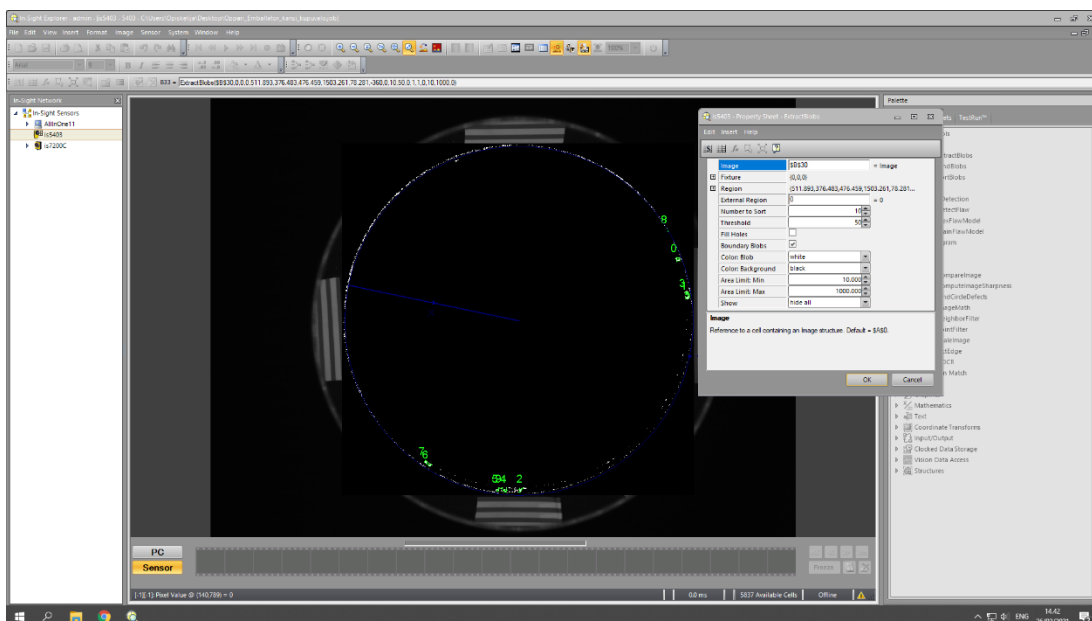
- Region on kannen reuna.
- Number to sort on 10.
- Threshold 50.

- Blob väri valkoinen, tausta musta.
- Area Min on 10 ja Max 1 000 pikseliä.

Löytää reunanauhasta löydetyt virheet tehokkaasti ja nopeasti.



Kuva 34. Kolmas Blobs -työkalu tallennetaan soluun B33



Kuva 35. ExtractBlobs -löytää tehokkaasti rajatulta alueelta reunanauhan reiät

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytteen teko oli ensimmäisen projektin jatkumoa. Työssä pyrittiin luomaan käyttöohje Cognex In-sight- kameraohjelmiston käyttämistä varten, sillä huomiolla, että asetukset soveltuvat ainoastaan kuvauspaikan olosuhteisiin. Tämän vuoksi ne eivät välttämättä toimi suoraan sellaisenaan muualla.

Kokeet todistivat, että kyseisellä järjestelmällä onnistuu haastavan metallikannan kuvaaminen ja siitä onnistutaan löytämään tietynlaiset virheet.

Parannuksena voisi viimeiseen, asennettavaan järjestelmään, lisätä kannen halkaisijan mittaustarkastuksen, jolloin saisi tarkastettua myös sen, että onko prässissä mennyt kaksi kantta päällekkäin. Tällä parannettaisiin laadun tarkastusta ja vialliset tuotteet saadaan poistettua linjastolta.

## LÄHTEET

Cavazzana, M. 2017. CMOS-anturi valtaa konenäön. *Elektroniikkalehti*. Artikkel. Päivitetty 22.9.2017. <http://etn.fi/index.php/tekniset-artikke-lit/6880-cmos-anturi-val-taa-konenaen> [viitattu 10.4.2021].

Hornberg, A. (2006). *Handbook of Machine Vision* (3<sup>rd</sup> Reprint 2011). Wiley-VCH. (2013). *Imaging & Vision Handbook*. Stemmer Imaging.

Computer Vision. (n.d.). IBM. <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> [viitattu 19.4.2021].

Leino, M. (10.9.2019, a) Johdanto konenäköön [videoluento]. SAMK Moodle. <https://moodle3.samk.fi>

Leino, M. (10.9.2019, b) Kameratekniikat [videoluento]. SAMK Moodle. <https://moodle3.samk.fi>

Leino, M. (18.4.2019, c) Konenäkö robotiikassa – Kuva-analyysi [videoluento]. SAMK Moodle. <https://moodle3.samk.fi>

Leino, M. (16.9.2019, d) Valaistus konenäköjärjestelmissä [videoluento]. SAMK Moodle. <https://moodle3.samk.fi>

Machine Vision 101: An Introduction. Teledyne DALSA Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.teledynedalsa.com/en/learn/knowledge-center/machine-vision-101-an-introduction/> [viitattu 10.4.2021].

Specifications of a machine vision system. Vision Doctor, Solutions for Industrial Machine Visions. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vision-doctor.com/en/systems.html> [viitattu 23.4.2021].

Steger, C., Ulrich, M. & Wiedemann, C. (2007). *Machine Vision Algorithms and Applications* (3<sup>rd</sup> Reprint 2013). Wiley-VCH.

Valo, P. (2014). Harjateräksen ominaisuuksien mittaaminen konenäön avulla [Opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu]. Theseus. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77942/valo\\_pauli.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77942/valo_pauli.pdf?sequence=1)

Vento, S. (2019). Konenäköjärjestelmän käyttöönotto ja kehitys [Opinnäytetyö, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu]. Theseus. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161320/Vento\\_Simo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161320/Vento_Simo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Stemmer Imaging Oy, MB-DL306-W-24Z

<https://www.stemmer-imaging.com/en-fi/products/series/metaphase-metabright-mb-dl/>

Cognexin virtuaalivalaistusharjoituksen avulla voi kokeilla erilaisia valaistustapoja erilaisille kuvattaville kohteille. Harjoitus löytyy tästä linkistä: <https://www.cognex.com/resources/interactive-tools/lighting-advisor?rdr=lgcy>. Sivustolta löytyy myös aloittelijoiden oppaita sekä kattavasti tietoa mm. valaistuksen merkityksestä.

Apuja ja ohjeita löytyy oheisesta Cognex:n linkistä: [https://support.cognex.com/docs/is\\_613/web/EN/ise/Content/GettingStarted/GettingStarted.htm?tocpath=Getting%20Started%7C\\_\\_\\_\\_\\_0](https://support.cognex.com/docs/is_613/web/EN/ise/Content/GettingStarted/GettingStarted.htm?tocpath=Getting%20Started%7C_____0)

Cognex kameran ohjekirja:

[https://www.cognex.com/support/downloads/ns/1/11/35/51xx\\_54xx\\_ss.pdf](https://www.cognex.com/support/downloads/ns/1/11/35/51xx_54xx_ss.pdf)

Tarkempaa tietoa optiikasta:

<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/components/characteristicrays/index.html>