

Petri Krekula

ÄLYKAMERASOVELLUS KUPARIKATODIN PINNANLAADUN
TARKKAILUUN

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2015

Krekula, Petri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2015
Ohjaaja: Leino, Mirka
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 0

Asiasanat: kuparikatodi, älykamera, konenäkö, analyysi, pinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kuparikatodin pinnan laatua. Tarkoitus oli rakentaa älykamasovellus tekemään laaduntarkastus ihmissilmän sijaan. Tällä hetkellä laaduntarkkailijana toimivat operaattorit, jotka katsovat monitorista pinnan laatua. Ajan kuluessa silmä voi väsyä ja tehtävät päätökset eivät ole aina johdonmukaisia. Kamasovellus toimii aina, kuten se on ohjelmoitu.

Työn tarkoituksena oli etsiä sopiva järjestelmä havaitsemaan epäkohdat levyn pinnassa laboratorio-olosuhteissa. Näin järjestelmää voitaisiin viedä eteenpäin ja toteuttaa tuotannontiloissa.

Tutkimukset aloitettiin kuvaamalla kuparikatodin pintaa eri valaistuksilla. Valaistustyyppejä kokeilemalla huomattiin, että sivuvalo olisi oikea tapa lähteä viemään projektia eteenpäin. Sivuvalolla saatiin paras kontrasti hyvän ja huonon pinnan välille. Tuloksia analysoitiin Cognex In-Sight Explorer ohjelmalla. Analyysien avulla pohdittiin, miten järjestelmä saataisiin toimimaan järkevästi tuotannon tiloissa.

Lopputuloksena voidaan pitää, että älykamerajärjestelmä on mahdollista rakentaa tuotannon tiloihin. Se tulisi tarvitsemaan lisätyötä suunnittelussa ja testauksessa.

MACHINE VISION SYSTEM FOR EXAMINATING COPPERCATHODES SURFACES

Krekula, Petri

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

April 2015

Supervisor: Leino, Mirka

Number of pages: 29

Appendices: 0

Keywords: coppercathode, machine vision, analysis, surface

The purpose of this thesis was to examine surface of coppercathode. The goal of this work was to design a machine vision system to do the quality control of the surface instead of human eye. Currently the quality control is made by the operator via a monitor. Operators could make wrong decisions watching this monitor for a long time. Machine vision does always the same function.

The purpose of this work was to design a suitable system to notice flaws from the surface in laboratory conditions. This way the system could be integrated to the production.

The research was started by imaging the coppercathode with different illuminations. According to the tests dark field was the best illumination method for the system. Darkfield illumination had the best contrast between good and bad surface. Results were analyzed by Cognex In-Sight Explorer. After the analysis there was pondering about how the system could function on the production area.

As the result of this work it can be seen, that it is possible to build machine vision system to production area. The system would need more work on design and testing.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YRITYS.....	2
2.1	Boliden AB	2
2.2	Boliden Harjavalta Oy	2
3	KONENÄKÖ	4
3.1	Mitä konenäkö on?.....	4
3.2	Perinteisiä konenäköjärjestelmiä ja älykamerajärjestelmiä	4
3.2.1	Perinteinen konenäköjärjestelmä.....	4
3.2.2	Älykamerajärjestelmä.....	5
3.3	Konenäköjärjestelmän komponentit	6
3.3.1	Kamera	6
3.3.2	Optiikka.....	7
3.3.3	Valaistus	8
3.3.4	Ohjelmistot.....	12
4	LABORATORIOTESTIT KUPARIKATODIN PINNAN TARKKAILUUN.....	16
4.1	Kuvaustestit	17
4.1.1	Analysointi	23
5	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia teknologiamahdollisuuksia konenäön soveltamisesta kuparikatodin pinnanlaadun tarkkailuun. Kestokatodit ovat elektrolyysialtaassa anodien kanssa viikon kerrallaan, jolloin anodin pinnassa oleva kupari pelkistyy kestopatodin pintaan elektrolyysin avulla.

Prosessista riippuen kupari ei aina pelkisty katodin pinnalle tasaisesti. Tällöin kuparikatodin pintaan tulee ”kokkareita tai nyppyjä”. Näitä nyppyjä voi myös esiintyä rykelminä. Kuparikatodi on tällöin B-luokkaa, eikä sitä voi myydä A:na eteenpäin, jolloin sen arvo laskee.

Katodit erotellaan tällä hetkellä silmämääräisesti koneenkäyttäjien toimesta. Tämä työllistää käyttäjiä ja käyttäjän silmä voi väsyä, jolloin valinta ei aina ole absoluuttinen. Koneäköjärjestelmän tarkoituksena on poistaa koneenkäyttäjiltä kokoaikainen laaduntarkkailun seuraaminen.

Työn tarkoituksena oli suunnitella alustava älykamera järjestelmä, joka tunnistaa epäkohdat katodin pinnalta. Työ koostui neljästä vaiheesta: alkusuunnittelu, testaus, analysointi ja pohdinta. Alkusuunnittelussa kartoitettiin tutkittavan kohteen määrä ja tapa, jolla kohdetta tarkasteltaisiin. Testauksessa käytiin läpi eri kuvaus- ja valaistusmenetelmiä. Analysointi voitiin tehdä, kun oli havaittu oikea tapa tutkia kohdetta testauksessa. Pohdinnoissa mietittiin, miten järjestelmä voitaisiin toteuttaa tuotannon tiloihin analyysien avulla.

2 YRITYS

2.1 Boliden AB

Boliden on ruotsalainen kaivos - ja metallialan yritys. Se on perustettu vuonna 1931. Bolidenin osaamisalueet ovat malminetsintä, kaivostoiminta, sulattotoiminta ja metallien uusiokäyttö. Bolidenin kaivostoiminta tuottaa pääasiassa sinkkiä, kuparia, lyijyä, kultaa ja hopeaa. Bolidenilla on neljä kaivosta, joista kaksi avolouhosta, Aitik ja Maurlidenin kaivos, muut kaivokset ovat maansisällä. Yrityksen sulatot ovat Rönnskar, Harjavalta, Kokko, Odda ja Bergsöe. (Boliden verkkodokumentti 2014)

Bolidenilla on toimipisteitä Ruotsissa, Suomessa, Norjassa, Tanskassa, Saksassa, Englannissa ja Irlannissa. Vuonna 2013 Bolidenilla työskenteli kokoaikaisena 4 815 henkilöä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2013 oli 34 409 MSEK. (Boliden verkkodokumentti 2014)

2.2 Boliden Harjavalta Oy

Boliden Harjavalta Oy:llä on kaksi tuotantolaitosta, Harjavallassa ja Porissa. Harjavallassa sijaitsee sulatto, joka tuottaa kuparianodeja. Kuparianodit tuodaan Poriin kuparielektrolyysiin, jossa kuparianodit jatkojalostetaan kuparikatodeiksi. Boliden Harjavalta ostaa kuparirikasteensa ympäri maailmaa, esimerkiksi Etelä-Amerikasta ja Portugalista. Boliden Harjavalta sulattaa myös nikkelirikastetta muilta asiakkailta. (Boliden verkkodokumentti 2014)

Boliden Harjavalta Oy:llä on pitkät perinteet Suomen teollisuuden historiassa. Kuparisulatto aloitti toimintansa vuonna 1936 Imatralla, josta se siirrettiin Harjavaltaan pois sodan jaloista vuonna 1944. Ensimmäinen kuparivalu tehtiin Harjavallassa vuonna 1945. Kuparielektrolyysi perustettiin Poriin vuonna 1941. (Boliden www-sivut)

Vuonna 2013 yrityksen liikevaihto 1 631 MSEK, josta liikevoittoa kertyi 316 MSEK. Harjavalta tuotti vuonna 2013 kuparirikastesulatetta 471 tuhatta tonnia ja nikkeliri-

kastesulatetta 251 tuhatta tonnia. Porin elektrolyysi tuotti kuparikatodia 119 tuhatta tonnia. (Boliden [www-sivut](#))

3 KONENÄKÖ

Tässä kappaleessa käydään läpi konenäköä. Mitä konenäkö on, mitä eri osa-alueita konenäköjärjestelmä tarvitsee. Lisäksi, miten konenäköä voidaan soveltaa erilaisiin käyttötarkoituksiin.

3.1 Mitä konenäkö on?

Konenäkö toimii kuten ihmisen silmä. Konenäkökamera muodostaa kohteesta kuvan ja siirtää sen tietokoneelle analysointia ja päätöksen tekoa varten. Kun kuva on analysoitu, muodostaa tietokone päätöksen automaattisesti tai ihmisen avustuksella. Päätöksillä voidaan ohjata esimerkiksi robottia. Koko toimintaperiaate vastaa ihmisen näköaistia. Silmä muodostaa kuvan verkkokalvolle ja tämä kuvainformaatio siirtyy aivoille käsiteltäväksi. Tämän jälkeen ihminen tekee päätökset. (Leino Mirka 2014a)

Konenäköä käytetään laajasti eri teollisuuden aloilla. Näitä aloja ovat muun muassa: elintarviketeollisuus, kappaletavarateollisuus, kiviteollisuus, mekaaninen metsäteollisuus sekä prosessiteollisuus. Monella alalla konenäkö on kuitenkin vasta alkutekijöissään ja sitä voitaisiin hyödyntää paljon enemmän. (Leino Mirka 2014a)

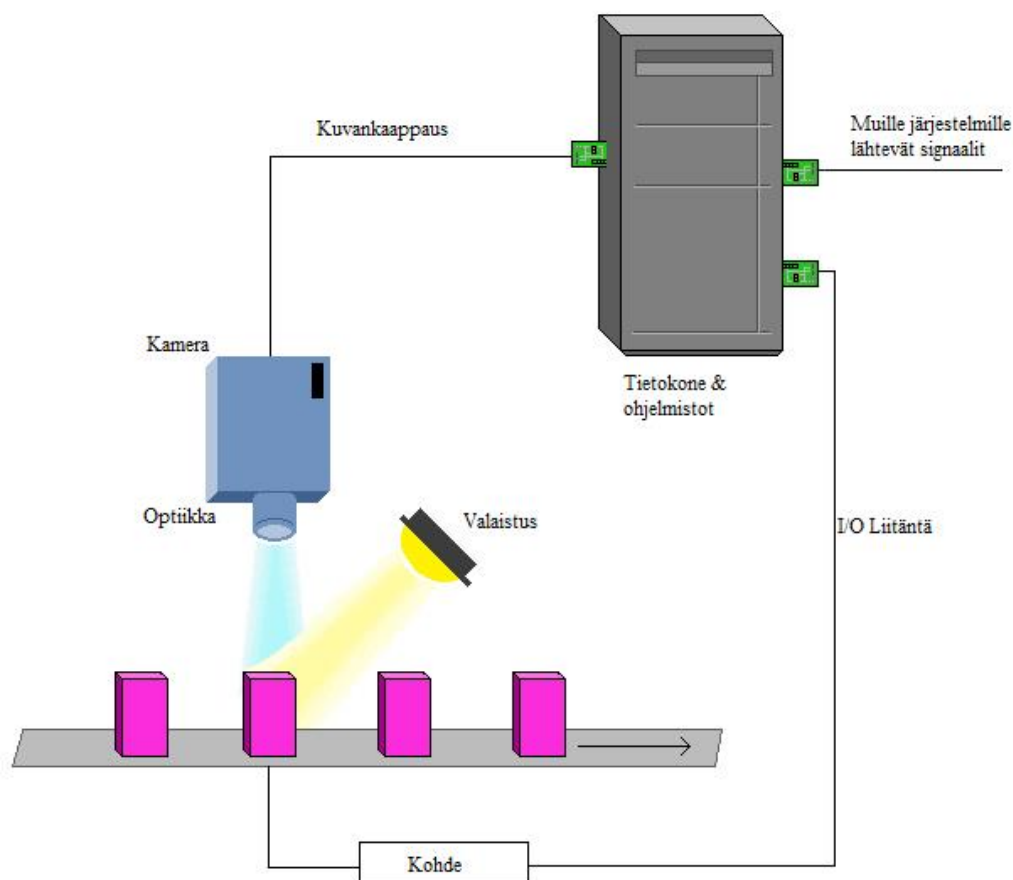
3.2 Perinteisiä konenäköjärjestelmiä ja älykamerajärjestelmiä

Tässä kappaleessa vertaillaan perinteisen konenäköjärjestelmän ja älykamerajärjestelmän kokonaisuuksia.

3.2.1 Perinteinen konenäköjärjestelmä

Perinteisessä konenäköjärjestelmässä laitteet on hajautettu erilleen. Konenäköön kuuluu siis kamera, valaistus, tietokone ohjelmistoinen ja liitännöinen. Tämän etuna on joustavuus ja PC:n laskentatehokkuus. Konenäköjärjestelmään voidaan liittää moniakin kameroita ja ne keskustelevat keskenään PC:n avulla. Tämän kaltainen jär-

jestelmä voi helposti muodostua monimutkaiseksi ja kalliiksi kokonaisuudeksi. Alla oleva kuva havainnollistaa järjestelmää hyvin. (Leino Mirka 2014b)



Kuva 1. Konenäköjärjestelmä (SAMKin Automaation tutkimusryhmän www-sivut)

3.2.2 Älykamerajärjestelmä

Älykamera on konenäköjärjestelmä yhdessä paketissa. Prosessitehot ovat kasvaneet tietokoneissa ja ne on saatu pienempään kokoon mahdollistaen itsenäisen kameras, jossa on tietokone sisällään. Näin saadaan älykameraan yhdistettyä suurin osa konenäköjärjestelmän komponenteista.

Älykamerajärjestelmät eivät yllä aivan konenäköjärjestelmien laskentatehoihin, vaikka näistäkin saadaan paljon tehoa irti, jos on valmis maksamaan. Älykamerat sopivat enemmän yksinkertaisiin toimilaitteohjauksiin, joissa seurataan vain yhtä so-

lua. Yleisimmät älykameralla tehtävät työt ovat tunnistus, mittaaminen ja tarkastus. (Leino Mirka 2014c)

Älykameran toimintaperiaatteena on, että älykamera liitetään tietokoneeseen, jossa voidaan tehdä älykameralle ohjelma sen käyttöä varten. Ohjelmoinnin voi hoitaa myös verkon kautta. Kun älykameralle on tehty ohjelma, se ladataan kameralla, kamera liitetään tuotantokäyttöön ja se noudattaa sille annettuja ohjeita. (Leino Mirka 2014c)

3.3 Konenäköjärjestelmän komponentit

Konenäköjärjestelmän oleelliset komponentit ovat kamera, optiikka, valaistus ja analysointiohjelmisto.

3.3.1 Kamera

Kamera on oleellisin ja tärkein osa konenäköjärjestelmää tehtäessä. Digitaalinen kuva saadaan aikaiseksi, kun kuvattavasta kohteesta saadaan valoenergiat optiikan lävitse kamerasisään rakennetulle kennolle. Kennossa olevat valoilmaisimet eli fotodiodit muuttavat fotoneina tulevat valoenergiat sähköiseksi signaaliksi. Sähköinen signaali lähetetään ohjauselektroniikan käsiteltäväksi, josta saadaan digitaalinen kuva. (Leino Mirka 2014b)

Kamerat jaetaan kahteen päätyyppiin kennon perusteella, CCD -, ja CMOS-kameroihin. CCD (Charge – Coupled Device) on näistä kennoista yleisempi. Kenno eli ilmaisin on jaettu matriisiksi. Kenno koostuu sensoreista. Kennon yksittäinen osa on nimeltään valoilmaisin, jonka koko voi olla esimerkiksi 10 x 10 µm. Valoilmaisin kerää valoenergian, joista muodostuu kuvan pikselit. Sensorit voivat olla mustavalko- tai värisensoreita. CCD – kenno toimii siten, että valo tulee optiikan lävitse sensoreille, jossa se purkaa varausta valomäärän mukaan. Lyhyen valotusajan jälkeen kuva on luettavissa yksittäisten valoilmaisinten varauksia tutkimalla. Digitaalikameroissa varaukset muutetaan biteiksi heti pikseleistä ja näin saadaan kuvatiedosto aikaiseksi. CCD – kennon hyviä puolia ovat kuvanlaatu, yleiskäyttöisyys, pikselien

tasalaatuisuus ja herkkyys. Huonona puolena voidaan pitää ohjauselektroniikan tarvetta ja pikselin ylivalottumismahdollisuutta. (Leino Mirka 2014b)

CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) on vaihtoehto CCD –kameralle. Fotodiodi muuntaa fotoneina tulevan valoenergian sähkövaraukseksi. Sähkövaraus muutetaan jännitteeksi. Jännite muutetaan biteiksi AD-muuntimella. Molempien kennotyyppien päällä on mikrolinssi, jonka avulla kompensoidaan fotodiodin pinta-alan pienuutta suhteessa pikselin pinta-alaan. CMOS –kamerat ovat nopeita ja ne tarjoavat käsiteltävyyttä kuvaamiselle, joka nopeuttaa prosessia. Huonona puolena voidaan pitää kuvanlaatua. (Leino Mirka 2014b)

CCD – ja CMOS kennot kuvantavat vain harmaasävyä. Kennolla olevat valoherkät diodit eivät osaa erottaa värejä toisistaan ja muodostavat kohteesta harmaasävykuvan. Kennoilla voidaan saada myös värit näkyviin erilaisin tekniikoin, esimerkiksi valoherkkien diodien päälle asetetaan värisuotimia, jotka ovat yleensä punainen, vihreä ja sininen. (Leino Mirka 2014b)

3.3.2 Optiikka

Kaikki kamerat tarvitsevat jonkinlaisen optiikan, linssin. Linssi kerää hajallaan olevan valon kohteen pinnalta. Se johtaa valonsäteet kennolle, joka muodostaa valon intensiteetin perusteella jokaisen pikselin arvon. Kenno on siis yleensä CCD - tai CMOS – tyyppinen kenno. (Stemmer Imaging Oy 2013, 130)

Optiikka on tärkeässä osassa konenäköjärjestelmää koottaessa. Optiikka on hyvä valita suunnittelun alkuvaiheessa, koska myöhemmin se voi osoittautua ongelmalliseksi. Tämänkaltaiseen tilanteeseen voidaan joutua, jos kuvattavasta kohteesta tulee epätarkka kuva, tai kohde ei mahdu kuvaan. Lisäksi hyvin suunniteltu optiikka vähentää konenäköjärjestelmän kustannuksia. (Batchelor 2012, 160)

3.3.3 Valaistus

Valaistus on tärkeä osa konenäköjärjestelmää suunniteltaessa. Jos valaistus suunnitellaan väärin, menetetään paljon informaatiota myöhemmissä analyysissä. Tätä menetettyä informaatiota ei saada takaisin analyysiohjelmilla. Esimerkiksi kontrasti on sellainen, mitä ei saada rakennettua ohjelmistoissa. Näin voidaan menettää harmaita alueita, joita tarvitaan analyysissä. On myös tärkeää varmistaa suunniteltaessa, että ympäristöstä tuleva valo ei häiritse tutkittavan kohteen valaistusta. (Stemmer Imaging Oy 2013, 43)

Ihmisen silmä ja kamera eroavat toisistaan valaistuksen suhteen. Ihmisen silmä toimii huonommissakin ympäristöissä ja voi havaita epäkohdat tarkastettavassa kohteessa. Kamera tarvitsee stabiilin ja optimoidun valaistuksen. Kamera ei näe havaittavaa kohdetta, vaan siitä heijastuvat valonsäteet. Täten on tärkeää valita oikean tyyppinen valaistus kuvattavalle kohteelle, jotta heijastukset ovat oikeanlaiset. (Stemmer Imaging Oy 2013, 43)

Aiemmin valaistuksissa käytettiin käsin tehtyjä variaatioita. Nykyään on olemassa valmiita paketteja erilaisille kohteille. Valaistusta valittaessa on tärkeää huomata, mikä valaistustyyppi on paras kuvattavalle kohteelle. Tässä on kysymyksiä valittaessa oikeanlaista valaistustyyppiä:

- Onko kohde yksi- vai monivärinen?
- Kuinka nopeasti kuvattava kohde liikkuu kameran edessä?
- Kuinka suuri alue pitää valaista?
- Millainen kohde on kyseessä, sen fyysiset ominaisuudet?
- Mitkä asiat meitä kiinnostavat kohteessa?
- Kuinka pitkä elinikä valaistuksen valoilla pitää olla?
- Mekaaniset ja ympäristön vaatimukset?

(Stemmer Imaging Oy 2013, 43)

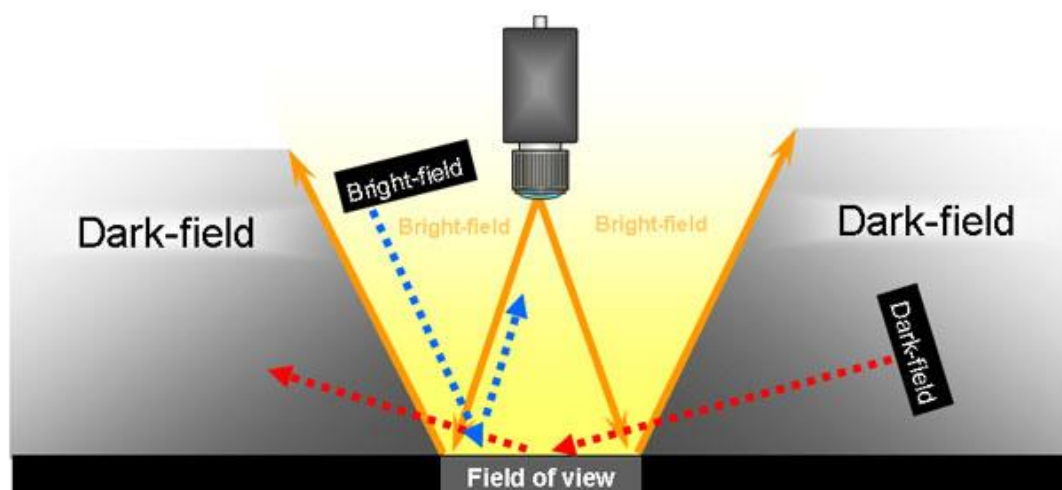
Yleisimpiä valaistustekniikoita ovat:

- Kohtisuora valaisu (Bright Field)
- Dark Field eli sivuvalo (pimeäkenttävalaisu)
- Taustavalaisu
- Diffuusivalaisu kupolivalonlähteellä
- Aksiaalinen diffuusivalaisu

(Leino Mirka 2014d)

Kohtisuora valaisu (Bright Field):

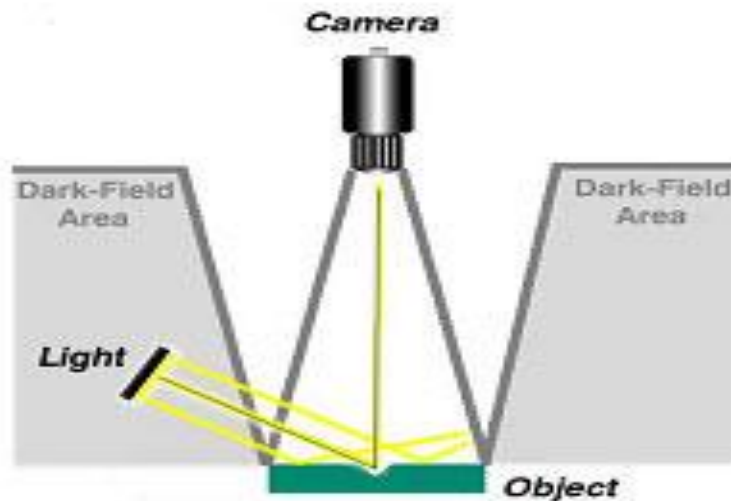
Kohtisuora valaistus on yleisin valaistustekniikka heijastumattomista kohteista. Tässä kamera kuvaa kohdetta kohtisuoraan ylhäältä ja valaistus on suurin piirtein kameran kanssa samalla linjalla, ja luo näin heijastuksen kohteesta kameralle. Alla on kuva kohtisuorasta valaistuksesta (kuva 2). (Stemmer Imaging Oy 2013, 52)



Kuva 2. Kohtisuora valaistus. (Microscan www-sivut)

Darkfield eli sivuvalo

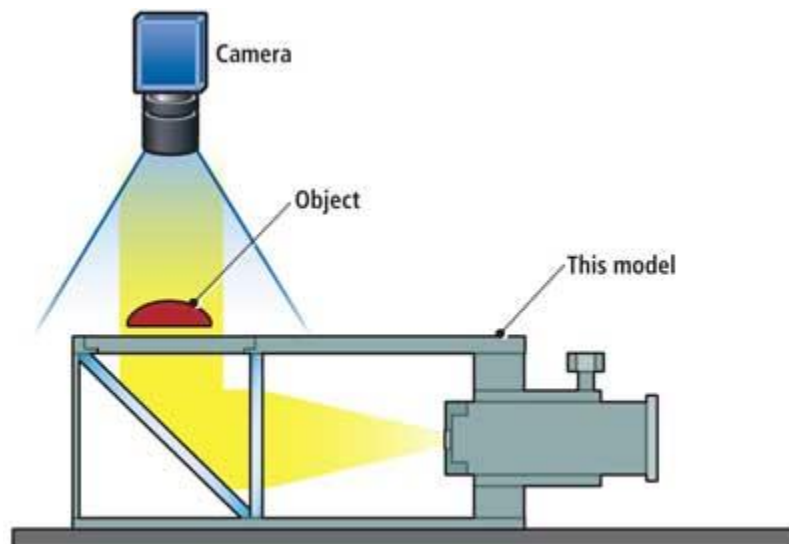
Tätä tekniikkaa käytetään usein etsittäessä kuvattavan kohteen pinnalta jälkiä, naarmuja tai kaiverruksia. Nimensä mukaan valo kohdistetaan kuvattavan kohteen sivulta tietyssä kulmassa. Kohteen tasaisilta pinnoilta valonsäteet heijastuvat pois kameran näkökentältä ja näin saadaan epätasaiset pinnat näkyviin. Tässä käytetään usein rengasmaista tai spottivaloa. Alla on kuva sivulta tulevasta valaistuksesta (kuva 3). (Stemmer Imaging Oy 2013, 52)



Kuva 3. Sivuväli. (Microscan www-sivut)

Taustavalaistus

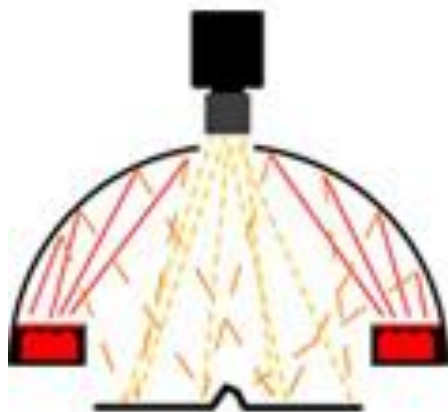
Tässä menetelmässä valaistus laitetaan kohteen alle. Tällä tavalla kohteesta löydetään reikiä tai erilaisia muotoja. Hyvä esimerkki taustavalaistuksesta on näppäimistö, valo on sijoitettu näppäimien alle, jotta ne nähdään pimeässä. Alla on kuva taustavalaistuksesta, jossa kohdetta valaistaan alhaalta päin (kuva 4). (Stemmer Imaging Oy 2013, 52)



Kuva 4. Taustaväli. (Vision-system www-sivut)

Diffuusivalaisu kupolivalonlähteellä

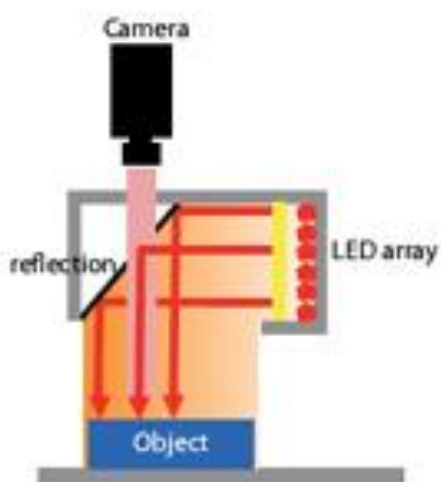
Diffuusivalo tarkoittaa hajavaloa. Valaiseva valo tulee monista eri suunnista tasaisesti ja varjottomasti. Tällä menetelmällä saadaan kuvausta häiritsevät heijastukset vähäisiksi. Luonnossa samanlainen valaistus on pilvisellä säällä. Valaistuksesta on havainnekuva alapuolella (kuva 5). (Leino Mirka 2014d)



Kuva 5. Diffuusivalaisu. (Advanced illumination www-sivut)

Aksiaalinen diffuusivalaisu

Aksiaalisessa diffuusivalaisussa valonsäteet kohdistetaan kuvattavaan kohteeseen säteenjakajan kautta. Tätä menetelmää käytetään, kun kuvattavan kohteen pinta on heijastava. Tällä valaisulla saadaan pinnan rakenne erottumaan ja korkeuserot hämärtyään. Valaisujärjestelmästä on kuva alla (kuva 6). (Leino Mirka 2014d)

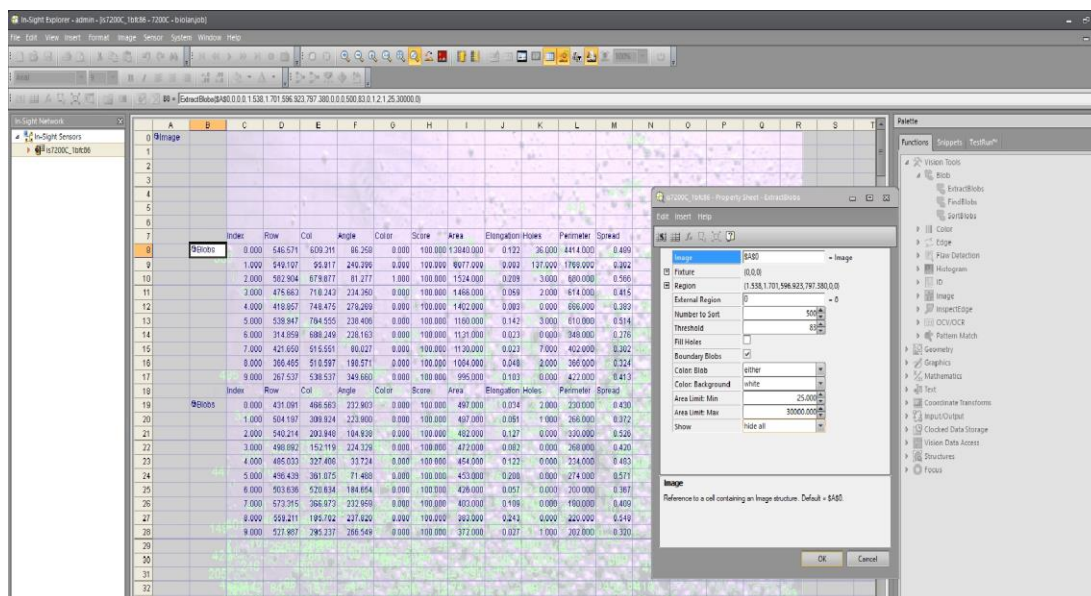


Kuva 6. Aksiaalinen diffuusivalaisu. (Microptik www-sivut)

3.3.4 Ohjelmistot

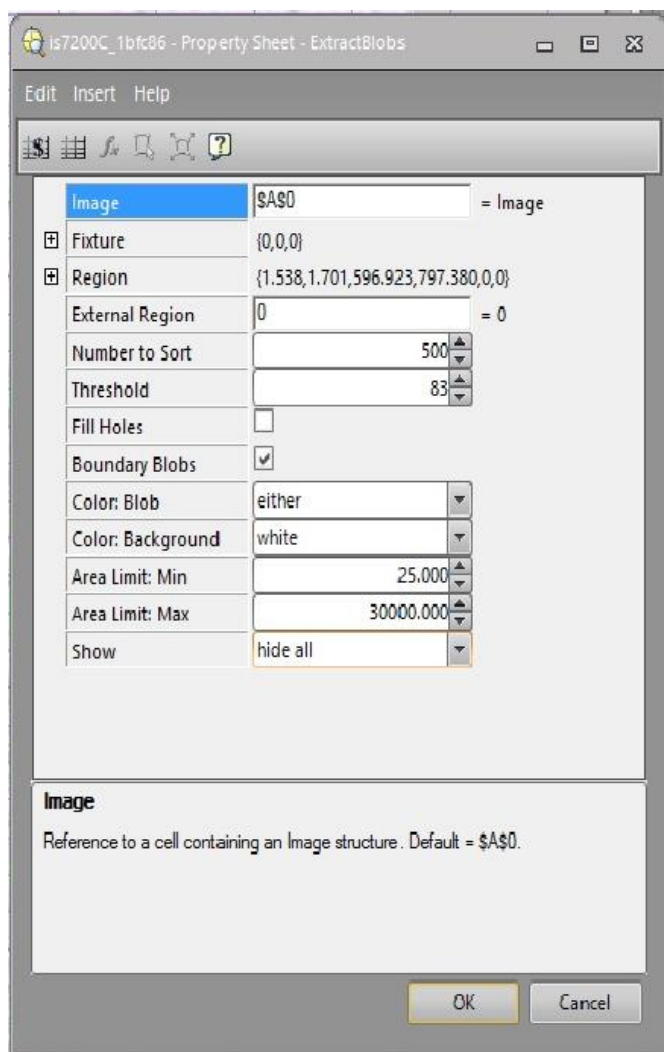
Ohjelmiston tehtävänä on analysoida kuvista haluttuja tuloksia ja tehdä niistä automaattisia ratkaisuja, joilla ohjataan toimilaitteita. Ohjelmistoja on monenlaisia ja konenäköjärjestelmissä käytetään usein vaativampia analysointityökaluja kuin älykameran sovelluksissa. Älykamerassa on sisällä ohjelma, joka analysoi tulokset ja lähettää näin viestin toimilaitteelle. Konenäköjärjestelmässä kuva tulee ensin tietokoneelle, jossa valittu analysointiohjelma analysoi kuvan ja tekee tarvittavat toimenpiteet.

Tässä työssä käytettiin kuvien analysointiin Cognex In-Sight Explorer -ohjelmaa. Ohjelmassa on Spreadsheet – näkymä, joka muistattaa Excel - taulukkolaskentaohjelman ulkoasua. Alla kuvanäkymä ohjelman ulkoasusta (kuva 7).



Kuva 7. Cognex In-Sight Explorer - ohjelman ulkoasu.

Kuvan oikeassa reunassa sijaitsevat käytettävät työkalut. Näitä käytetään raahaamalla haluttu työkalu johonkin soluun taulukossa. Tämän jälkeen aukeaa asetus-ikkuna, josta päästään sisään työkaluun, kuten alla olevassa kuvasta näkyy (kuva 8).



Kuva 8. ExtractBlobs – työkalu

ExtractBlobs ja FindPattern ovat tässä työssä tärkeimmät työkalut. FindPattern työkalulla etsitään haluttu kohde kuvasta ja rajataan analysointi siihen. ExtractBlobs työkalulla keskitytään etsimään vaaleita kohtia tummemmalla taustalla tai tummia kohteita vaaleammalla taustalla. Tässä tapauksessa haluttiin löytää epäkohtia levyn pinnalta. Epäkohdat yritettiin löytää oikealla valaistuksella tummina kohtina vaaleammalla taustalla. Ohjelmassa käytettiin tästä työkalusta seuraavia kohtia:

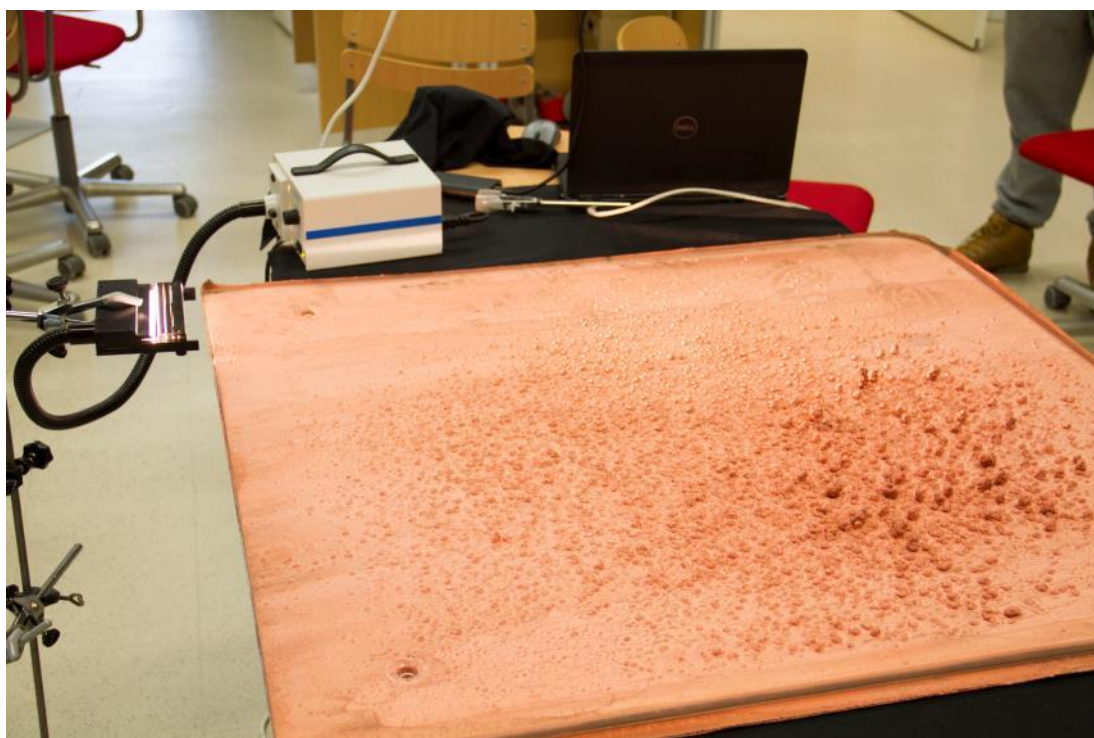
- Number to Sort
- Threshold
- Area Limit: min
- Area Limit: max

Number to Sort tarkoittaa, montako tarkasteltavaa kohdetta kuvasta halutaan löytää. Myöhemmin nähdään kuvissa löydettyjä kohtia (kuvat 13, 19 ja 21). Nämä kohdat näkyvät vihreinä palloina analysoinnissa. Threshold tarkoittaa herkkyyttä kohteiden löytämiseen. Tämän ollessa liian suuri alkaa tulla esiin myös pintoja, joita ei haluta löytyvän. Jos se on liian pieni, ei saada tarvittavia kohteita näkyviin lainkaan. Area Limit Min tarkoittaa pienimmän löydetävän kohteen kokoa pikseleinä, tässä tapauksessa 25 pikseliä. Ja toisaalta suurin koko yhdellä kohteella on 20 000 pikseliä.

4 LABORATORIOTESTIT KUPARIKATODIN PINNAN TARKKAILUUN

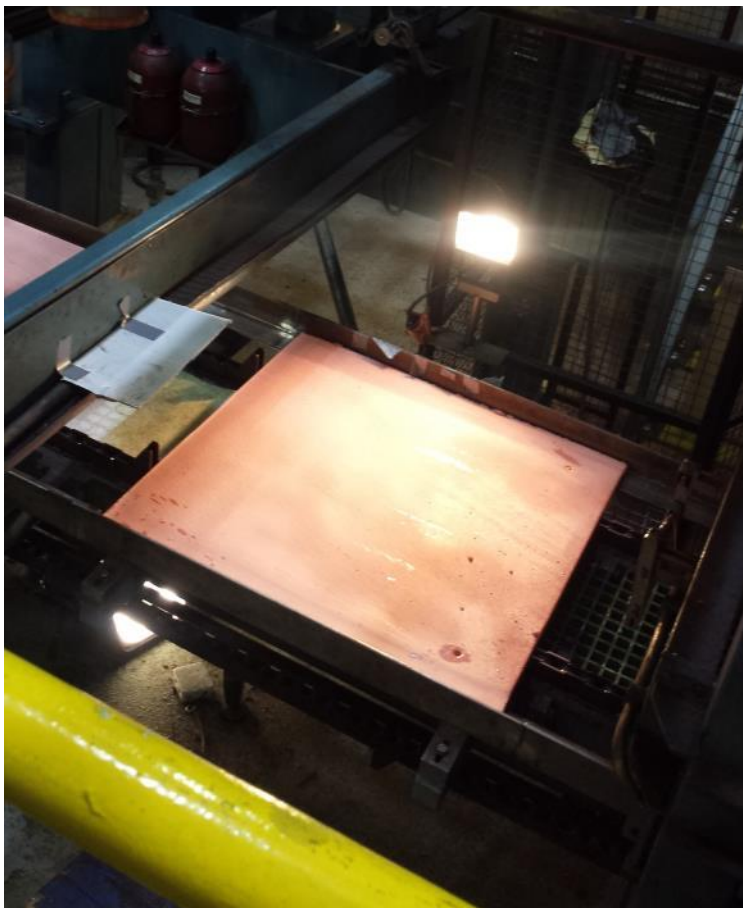
Tässä kappaleessa käydään läpi laboratoriossa tehdyt testit.

Tarkoituksena oli tutkia, millaisia mahdollisuuksia on kuparikatodin pinnalla olevien epäkohtien löytämiseen eri valaistusmenetelmillä ja älykameralla. Tarkasteltavana kohteena oli kaksi kuparikatodilevyä. Toinen levyistä oli pinnaltaan huonolaatuinen ja toinen pinnaltaan hyvälaatuinen (kuva 10). Alla olevasta kuvasta (kuva 9) näkee hyvin epäkohdat levyn pinnalla, kun levyn pitäisi olla sileä ollakseen A-laatua.



Kuva 9. Huonolaatuinen kuparikatodi.

Tätä huonolaatuista levyä käytettiin testeissä. Testejä tehtiin erilaisilla valaistusmenetelmillä etsittäessä oikeaa valaistusmenetelmää epäkohtien löytämiseksi.

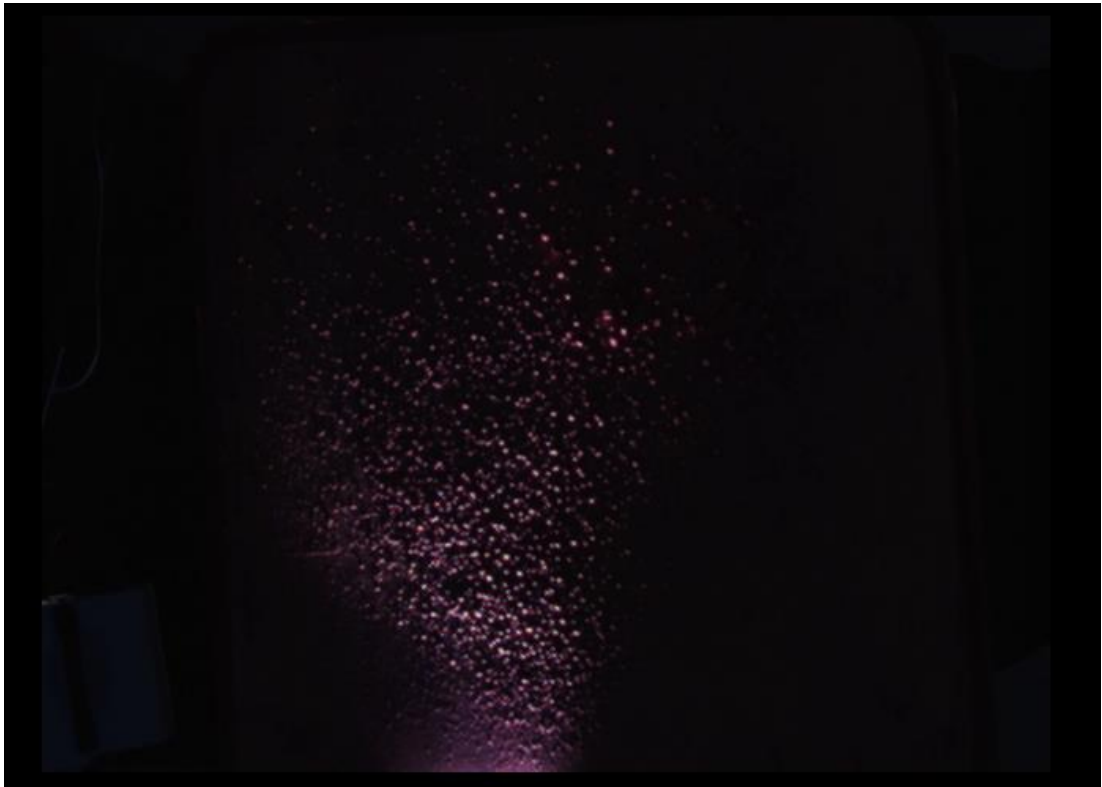


Kuva 10. Hyvälaatuinen levy tuotannossa.

Kuvasta nähdään (kuva 10), että valaisuna tuotannossa käytetään halogeenivaloa sivuvalona. Levyn yläpuolella on kamera, joka kuvaa levyä kohtisuoraan. Kamera on tällä hetkellä vain operaattoria varten, joka tarkkailee ohjaamossa monitorista levyn pintaa ja tekee päätöksen, meneekö levy A - vai B - laatuna. Tähän oli tarkoitus hakea ratkaisua, onko tämä toiminto suoritettavissa älykamasovelluksella, jolloin kamera tekee päätöksen operaattorin sijaan.

4.1 Kuvaustestit

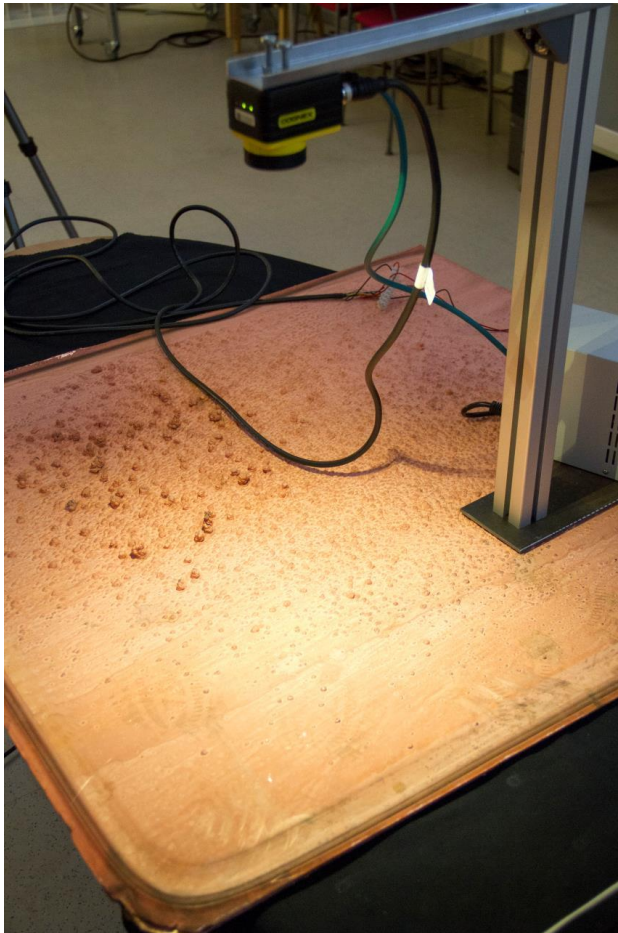
Ensimmäisissä kuvaustesteissä käytettiin Cognexin 7200C kameraa. Tämä kamera on värikamera, jonka resoluutio on 800 x 600 pikseliä. Kaikissa testeissä käytettiin analysointiin Cognex In-Sight -sovellusta. Tarkoituksena oli havainnollistaa eri valaistusmenetelmiä ja etsiä niistä mahdollista sopivaa valaisua, johon perehdyttäisiin paremmin.



Kuva 11. Kuituvalo sivusta.

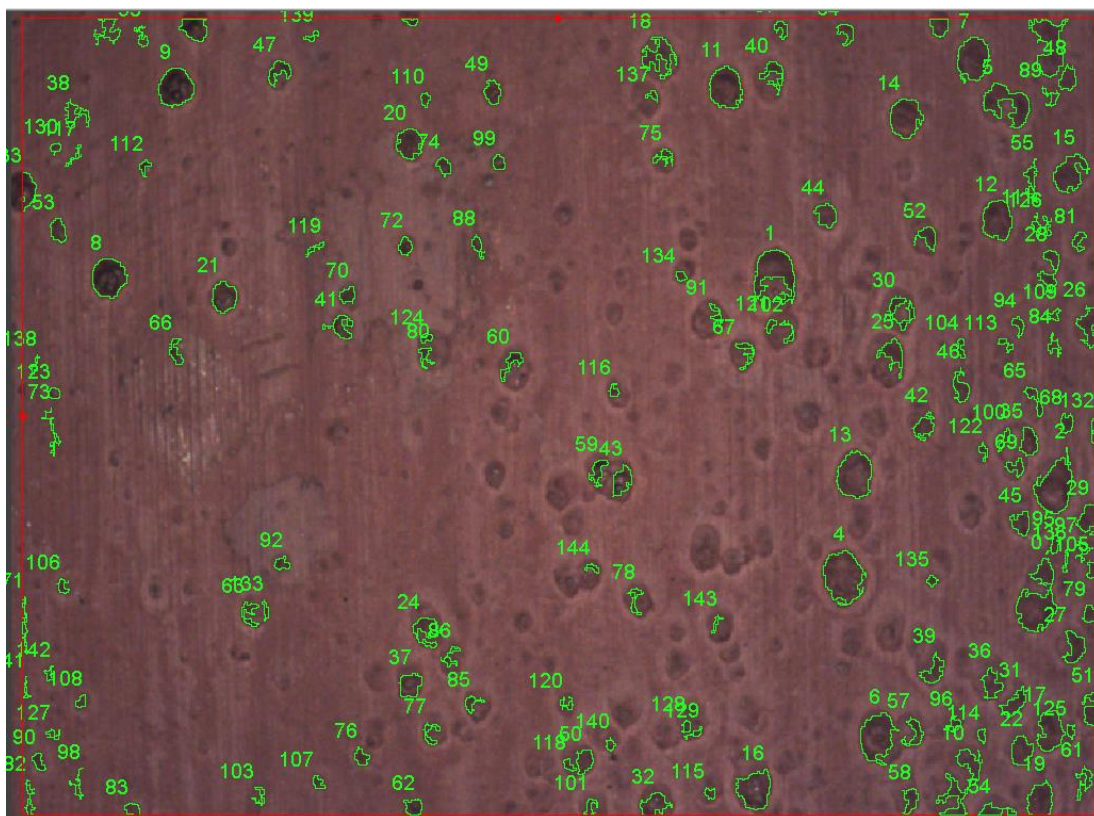
Ensimmäisenä testissä oli kuituvalo sivusta (kuva 11). Tämä valo on hajotettu linssillä viivamaiseksi. Testissä huomattiin, että tarvittava valaistus olisi tarvinnut olla huomattavasti isompi saadakseen koko levyn pinnan valaistua. Kuvan analysointi myös koitui hyvin haasteelliseksi tällä valaisulla, joten siitä luovuttiin. Kuvassa 11 on tästä järjestelystä havainnekuva.

Toisessa yrityksessä testattiin kameran omaa valaistusta kohtisuoraan levynpinnalle. Testissä huomattiin, että omavallo ei ollut hyvä analysointia varten. Tarvittavia epäkohtia ei saatu eroteltua analysoinnissa. Kamera olisi myös jouduttu laittamaan vielä ylemmäs saadakseen koko levypinnan kuvattavalle alueelle, jolloin valon intensiteetti kohteessa olisi heikentynyt entisestään. Järjestelmästä kuva alapuolella (kuva 12).



Kuva 12. Havainnekuva, kun kameran oma valo oli päällä.

Kuvasta 13 nähdään analysointituloksia tästä menetelmästä. Kuvassa esiintyvät vihreät 'blobit' ovat kohtia, jotka analysointityökalu löysi epäkohtina. Mutta kuten huomataan, osa jäi havaitsematta. Analysointiohjelman asetusarvoja muuttamalla ei saatu tarvittavaa lopputulosta, jotta tätä voitaisiin käyttää myös tuotannontiloissa.



Kuva 13. Kameran omalla valolla päältä kuvattu analysointikuva.

Kolmannessa testissä testattiin diffuusikupolivalaistusta. Testissä käytettiin itse rakennettua kupolia. Testissä oleva kupoli oli kuitenkin aivan liian pieni, sillä kupolin pitäisi peittää koko levy, jotta sitä voitaisiin käyttää myös teollisuudessa. Ongelmaksi koitui kupolin hinta, joka nousisi todella korkeaksi ja käytettävyys tuotannon tiloissa koituisi myös ongelmalliseksi. Kuvassa 14 on havainnollistettu valaistusjärjestelyä. Kuvassa 15 näkyy kupolin sisältä otettu kuva levyn pinnasta.

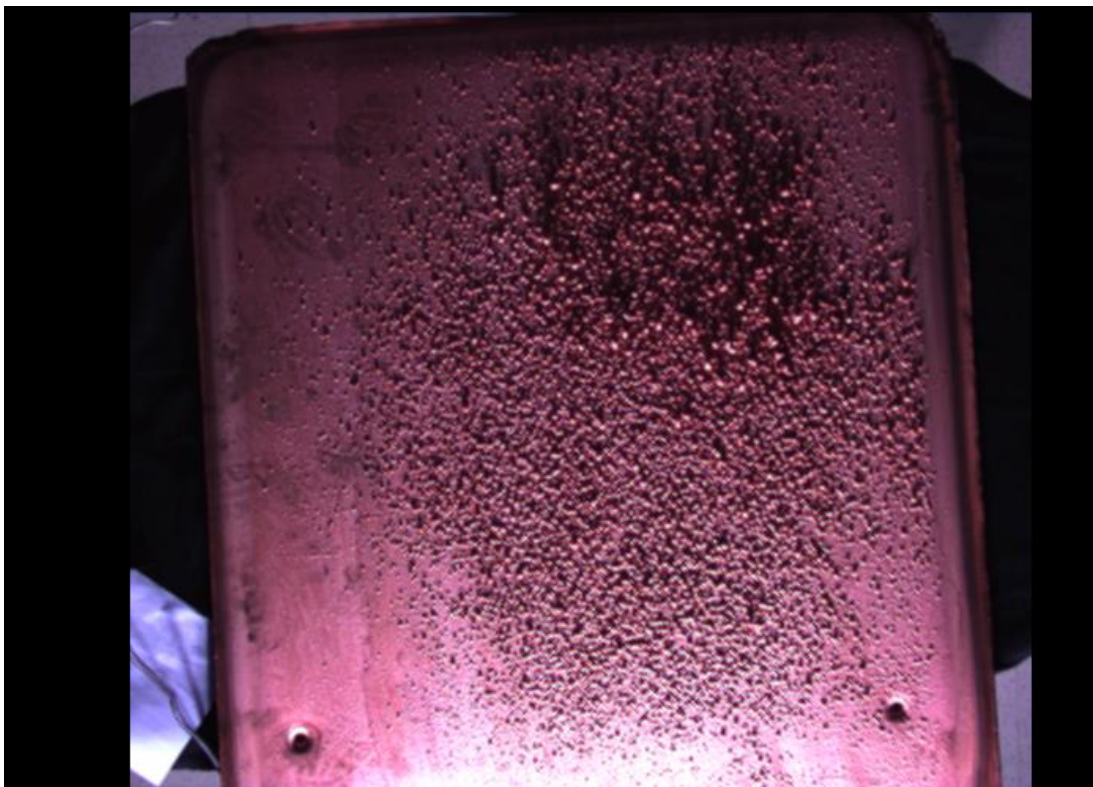


Kuva 14. Havainnekuva diffuusivalaisu kupolivalonlähteellä.



Kuva 15. Kupolin sisältä otettu kuva.

Neljäntenä kokeiltiin sivuvaloa halogeenilla (kuva 16). Tällä menetelmällä saatiin levyn pinnalla olevat epäkohdat parhaiten esiin. Myös analysointityökalut saatiin asetettua sellaisiin arvoihin, että löydettiin epäkohdat puhtaasta pinnasta eroteltuna.



Kuva 16. Sivuvälöhalogeenilla otettu kuva.

Kuvan analysoinnin jälkeen päätettiin rakentaa järjestelmä, jossa saatiin kuvattua koko levyn pinta-ala. Lisäksi nyt vaihdettiin kameraa. Kamera vaihdettiin Cognexin 5403-malliin. Myös tämä kamera on yrityksellä valmiina, joten oli luontevaa käyttää samaa. Kameran resoluutio on 1600 x 1200 pikseliä ja se on harmaasävykamera.

Kameralla otettiin kuva levystä ensin toinen sivu valaistuna halogeenilla ja sitten toinen puoli (kuvat 17 ja 18). Kuvat yhdistettiin In-Sight Explorer - ohjelmalla. Näin saatiin kuva, jossa on valaisu molemmilta puolilta sivuvalolla. Kuvat päätettiin yhdistää, jotta saataisiin valaistus riittämään tarvittavalle pinta-alalle levyyn, joka antaisi hyvät mahdollisuudet tutkia levyä.



Kuva 17. Levy kuvattuna sivuvalolla.

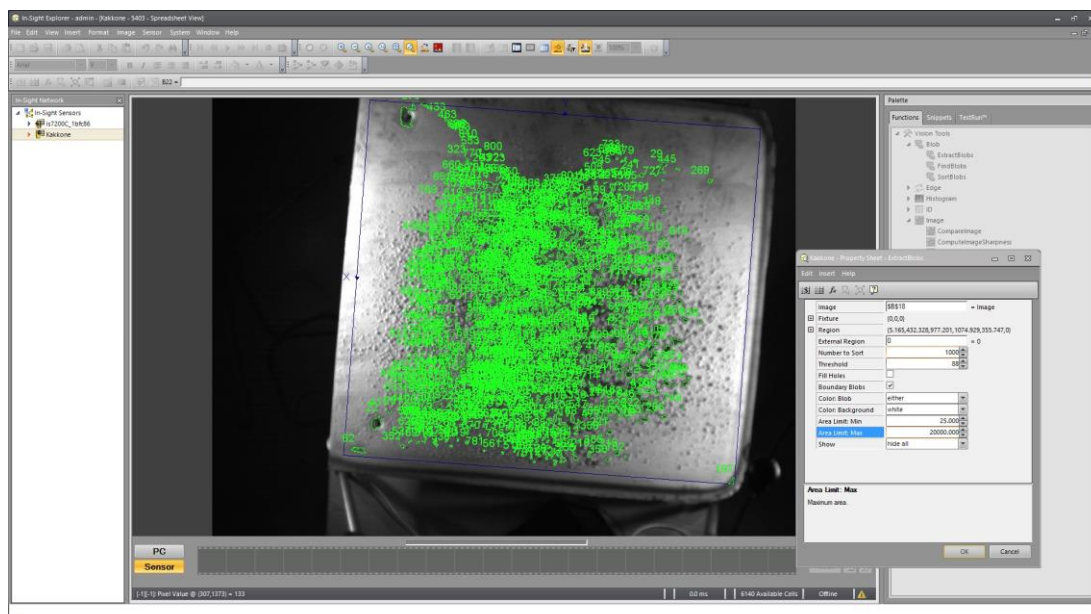


Kuva 18. Sama kuva kuin 17, mutta toiselta puolelta valaistuna.

4.1.1 Analysointi

Yhdistetyn kuvan analysointiin käytettiin In-Sight Explorer - ohjelmaa. Alla on kuva analysointituloksista (kuva 19). Ohjelmassa käytettiin asetusarvoja seuraavasti (kuva 22):

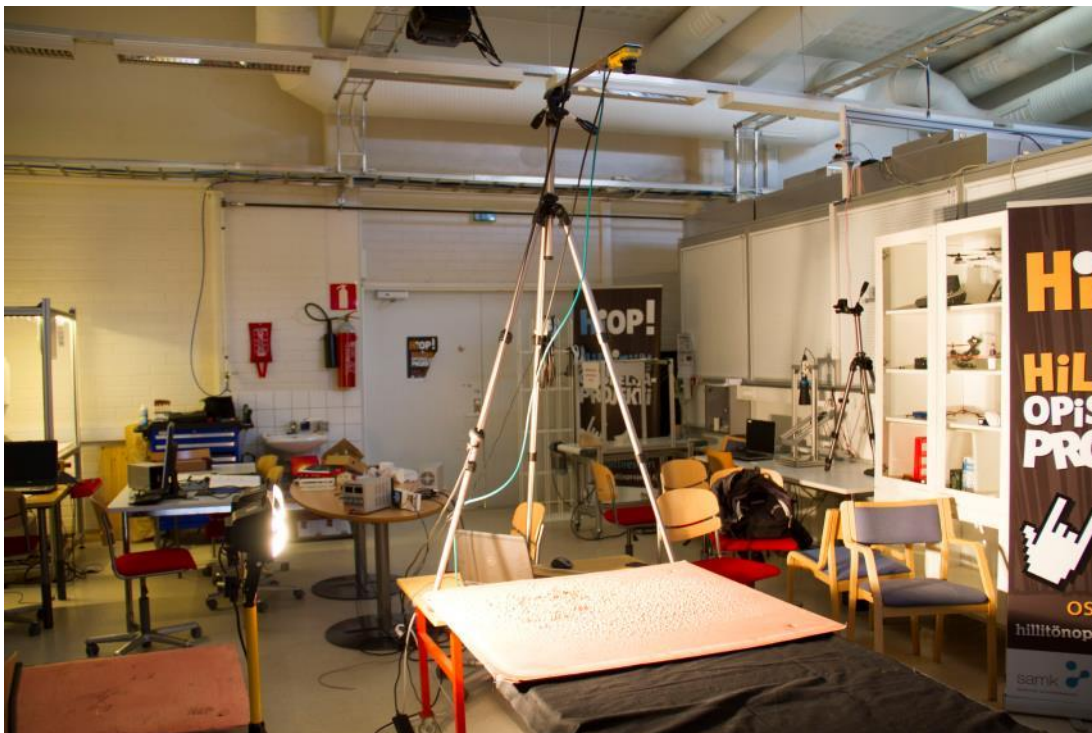
- Number to Sort: 1000
- Threshold: 88
- Area Limit Min: 25.000
- Area Limit Max: 20000.000



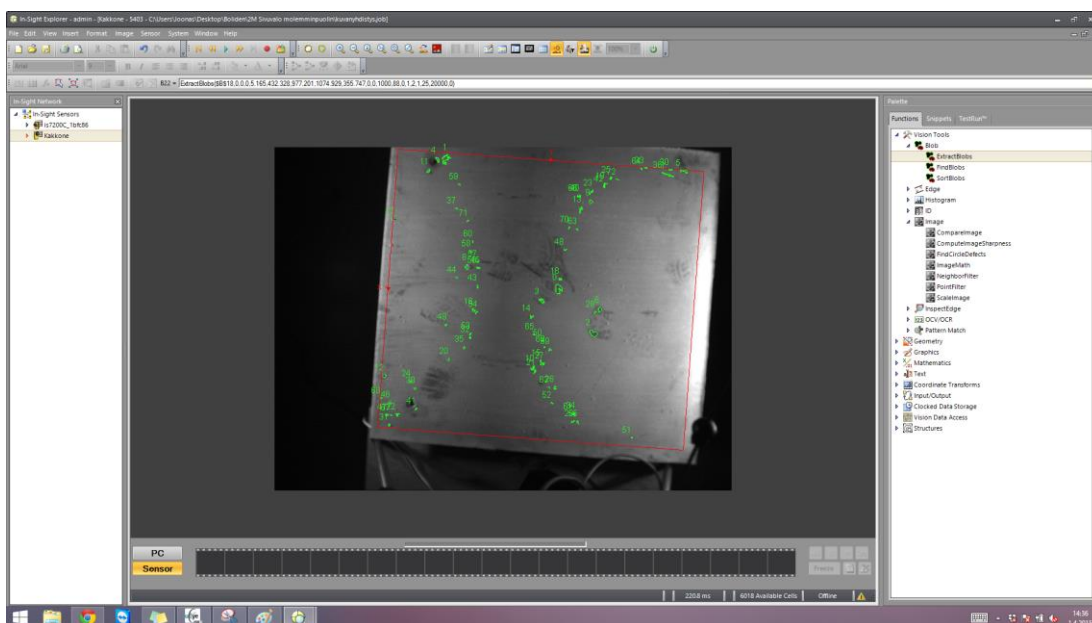
Kuva 19. Analysointikuva valmiista tuloksesta

Osa epäkohdista jäi löytymättä puutteellisen valaistuksen takia. Testit suoritettiin laboratoriotiloissa koululla. Käytössä oli yksi halogeenivalo, jossa oli kiinni kaksi 400 watin lamppua. Aseteltaessa vierekkäin useampia valoja joka puolelle levyä, saataisiin epäkohdat näkymään paremmin kameralle. Halogeenit olivat 16 asteen kulmassa kuvattavaan levyyn nähden. Alempana on kuva järjestelmästä (kuva 20).

Kun testi oli suoritettu, päätettiin tehdä vertailukuva hyvälle levyille. Tarkoituksena oli testata samoja asetusarvoja kuin B-luokan levyille käytettiin. Testin lopputuloksena huomattiin, että epäkohtia syntyi vain hyvin pieni määrä ja nämä olivat osaksi ei-valaistulla alueella. Alempana ohjelman antama analysointitulos (kuva 21).



Kuva 20. Levy kokonaan kuvattuna ylhäältä sivuvalolla.



Kuva 21. Analysointikuva sileästä levystä.

Kuvasta 22 nähdään ExtractBlobs työkalun arvot, joilla kyseinen analysointi on tehty. Näillä arvoilla päästiin lähimmäksi haluttua tulosta. Number to Sort -arvo on maksimimäärä kohteita, jotka voidaan löytää kuvasta annetuilla arvoilla. Jos halutaan, että pienempikin määrä riittää hylkyyn menevän levyn viemiseksi, lukua voidaan alentaa. Tällä työkalulla voidaan rajata hyvän ja huonon levyn raja. Thresholdia

muuttamalla huomattiin, että analysointituloksesta tulee epätarkka, jolloin se havaitsi virheellisiä kohtia mukaan lopputulokseen. Minimialuetta kohteiden havaitsemiseen voidaan muuttaa, mutta tätä pienemmät kohdat ei oleellisesti vaikuta pinnanlaatuun. Maksimikoko haluttiin pitää korkeana, koska epäkohdat voivat olla suurena ryhmänä levynpinnalla ja korkealla arvolla voidaan löytää koko alue kerralla yhtenä kohteena.

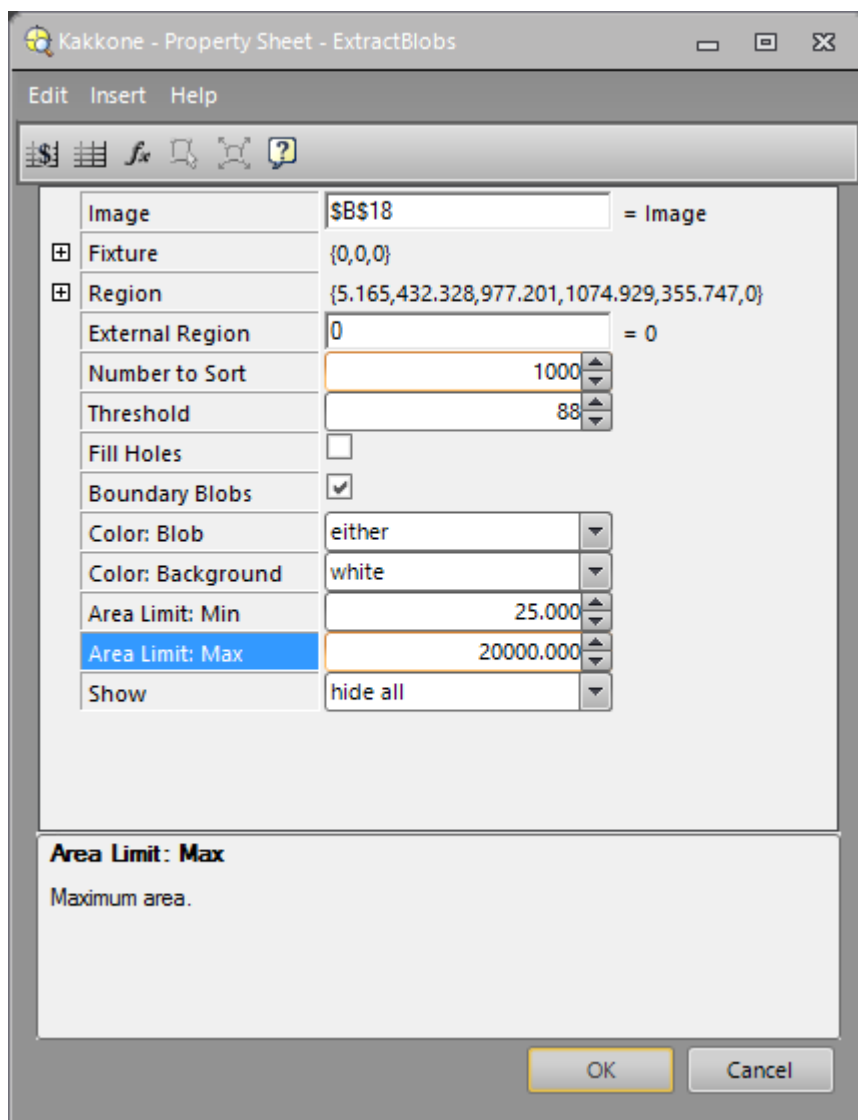


Image	\$B\$18	= Image
Fixture	{0,0,0}	
Region	{5.165,432.328,977.201,1074.929,355.747,0}	
External Region	0	= 0
Number to Sort	1000	
Threshold	88	
Fill Holes	☐	
Boundary Blobs	☒	
Color: Blob	either	
Color: Background	white	
Area Limit: Min	25.000	
Area Limit: Max	20000.000	
Show	hide all	

Area Limit: Max
Maximum area.

OK Cancel

Kuva 22. Analysoinnissa käytetyt arvot.

5 POHDINTA

Testit tehtiin laboratorio-olosuhteissa, joissa emme kuitenkaan täysin saaneet luotua tarvittavia valaistusolosuhteita. Tarkoituksena oli kuitenkin löytää menetelmä, jolla saataisiin epäkohdat löydettyä tietyllä valaistuksella ja oikealla kameralla. Näillä testeillä huomattiin, että järjestelmän kokoaminen on mahdollista. Saimme haluttuja tuloksia näkymään analysoinnilla. Tuloksia saataisiin vielä parannettua paremmalla valaistuksella.

Järjestelmä olisi mahdollista rakentaa tuotantotiloihin tuloksilla, joita tässä työssä on käyty läpi. Tutkittava levy pitäisi valaista kahdelta sivulta koko levyn pinta-alalta, jotta järjestelmä olisi luotettava. Tähän sopisi halogeenivalot, jotka asetettaisiin noin 16 asteen kulmassa levyn pintaan nähden. Kamerana voitaisiin käyttää Cognex 5403 harmaasävykameraa. Järjestelmä vaatisi vielä lisätestejä tuotannon tiloissa, jotta saataisiin valaistus ja analysointiin käytettävät arvot asetettua sopiviksi.

Älykamasovellus voisi toimia automaattisesti ja se pitäisi olla myös kytkettävissä pois päältä operaattorin toimesta. Tuotannosta voi joskus tulla hyvin hankalia levy-pintoja, joissa on esimerkiksi paljon tummia kohtia, jotka ovat jääneet pesuvaiheen jälkeen levyn pinnalle. Älykamera voisi tällaisessa tilanteessa hylätä levyn B-laatusuorituksena, vaikka pinta olisikin sileä ja A-laatusuorituksena. Tämänkaltaisessa tilanteessa kamasovellus olisi hyvä kytkeä pois päältä ja antaa operaattorin tehdä päätökset. Sovellusta on helppo muokata ja sovittaa prosessivalvontaan sopivaksi.

Testeissä suoritettiin myös 3D-kuvaus. Tästä ei ole tarkemmin materiaalia opinnäytetyössä, koska testit suoritettiin puutteellisilla välineillä. Näillä saatiin selvitettyä pinnanmuoto kolmiulotteisesti. Kuvausaika ja välineet eivät riittäneet, jotta tätä voitaisiin hyödyntää sellaisenaan teollisuudessa. Teollisuusolosuhteisiin voitaisiin ostaa ulkoiselta tarjoajalta vaadittava järjestelmä pinnanlaadun tarkkailuun. Järjestelmä tulisi kalliimmaksi kuin älykamasovellus, mutta toisaalta virheen korkeus tulisi paremmin huomioiduksi laaduntarkastuksessa.

Testit onnistuivat mielestäni hyvin laboratoriosta löytyneillä välineillä. Kameroina käytettiin samoja, jotka ovat yrityksellä käytössä. Haluaisin myös kiittää Mirkaa ja koko laboratoriohenkilökuntaa avusta työnsuoritukseen.

LÄHTEET

Boliden [Verkkodokumentti]. [Viitattu 18.11.2014]. Saatavissa: http://www.boliden.com/Documents/Press/Publications/BOL_ar13_eng_webb.pdf

Boliden [Verkkosivu]. [Viitattu 18.11.2014]. Saatavissa: <http://www.boliden.fi/fi/Toimipaikat/Sulatot/Boliden-Harjavalta/>

Leino Mirka. 2014a. Johdanto konenäköön. ”Robotiikka ja konenäkö” - opintojakson luentomateriaali. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Automaatio.samk.fi [Verkkosivu]. [Viitattu 25.2.2015]. Saatavissa: http://automaatio.samk.fi/?page_id=74

Leino Mirka. 2014b. Kameratekniikat. ”Robotiikka ja konenäkö” - opintojakson luentomateriaali. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Leino Mirka. 2014c. Älykamera ja koodien lukeminen. ”Robotiikka ja konenäkö” - opintojakson luentomateriaali. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Stemmer Imaging Oy. 2013. The Imaging & Vision Handbook.

Batchelor B.G. 2012. Light and Optics. Teoksessa Batchelor B.G. (toim.) Machine Vision Handbook New York: Springer, 160-258

Leino Mirka. 2014d. Valaistus konenäköjärjestelmissä. ”Robotiikka ja konenäkö” - opintojakson luentomateriaali. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Microscan [Verkkosivu]. [Viitattu 26.4.2015]. Saatavissa: <http://www.microscan.com/en-us/technology/machine%20vision%20lighting/brightfieldanddarkfieldlighting.aspx>

Microscan [Verkkosivu]. [Viitattu 26.4.2015]. Saatavissa: <http://www.microscan.com/en-us/Community/Blogs/08-10-10/The-Power-of-Machine-Vision-Lighting.aspx>

Vision-System [Verkkosivu]. [Viitattu 26.4.2015]. Saatavissa: <http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-18/issue-4/features/led-backlights-provide-illumination-solutions-for-vision-systems.html>

Advanced illumination [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2015]. Saatavissa <http://www.advancedillumination.com/content.php?sid=common>

Microptik [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2015]. Saatavissa <http://www.microptik.eu/product/coaxial>