

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2020

Zacharias Kettunen

KONENÄKÖ AUTOTEHTAAN KOKOONPANON LAADUNMITTAUKSESSA

Zacharias Kettunen

KONENÄKÖ AUTOTEHTAAN KOKOONPANON LAADUNMITTAUKSESSA

Tämä opinnäytetyö käsittelee konenäön hyödyntämistä autotehtaan kokoonpanon linjastossa. Opinnäytetyö suoritetaan Valmet-Automotive Oy:lle.

Työn keskeisenä tavoitteena on selvittää, testata ja toteuttaa konenäkösovellus auton valmistuksen kokoonpanotehtaalla. Konenäön avulla voidaan havainnoida auton koriin kiinnitettävien komponenttien olemassaolo ja sijainti. Tarkoituksena on myös osoittaa yritykselle konenäön tuomat kehitysmahdollisuudet tuotteen valmistuksen ja laadunvarmistamisen kannalta.

Työ aloitetaan tutkimalla ennalta todettua ongelmakohtetta, joka on kokoonpanon lasisolua edeltävä työpiste. Tässä pisteessä liimataan auton tuulilasin ja korin väliset korokepalat, jotka varmistavat tuulilasin oikean sovituksen auton koriin nähden. Selvitys pitää sisällään valmistuslinjalla olevien eri autovariaatioiden tunnistamisen, sillä tuulilasin sovitusongelma koski vain tiettyä variaatiota, panoraamakattoista Mercedes-Benz GLC-mallia. Tämän ongelman ratkaisuun sovelletaan konenäköjärjestelmää, jonka toimintaa testataan tuotannon ulkopuolella ja mahdollisuuksien mukaan integroidaan osaksi kokoonpanon tuotanto- ja laadunvarmistus prosessia.

Työ oli kokonaisuudessaan onnistunut ja opettava. Autojen väri vaihtelujen seurauksena kappaleen tunnistamisessa ilmeni haasteita, jotka kuitenkin saatiin selvitettyä tiimityöllä. Konenäköjärjestelmä integroitiin osaksi kokoonpanoa ja takaisinmaksulaskelma osoitti sen kannattavuuden.

ASIASANAT:

Konenäkö, lasisolu, kokoonpano, Omron, GLC, korokepala

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical Engineering

2020 | 45 pages, 2 attachments

Zacharias Kettunen

MACHINE VISION IN QUALITY MEASUREMENT OF CAR FACTORY ASSEMBLY

This thesis deals with the utilization of machine vision in the car factory assembly line. The thesis is completed for Valmet-Automotive Oy.

The main goal of the work is to examine, test, and implement machine vision applications in a car production factory assembly. Machine vision can be used to determine the location and existence of components that are being attached to a car body. The purpose is also to show the company the possibilities of machine vision in terms of product quality assurance.

The work starts with an examination of a pre-identified problem, which is the workstation before the glass cell of the assembly. At this station, the podium pieces between the car windshield and body are glued, to make sure the glass is aligned with the car body. The research continues by investigating the variations of the car coming from the line, as the problem only concerns the panoramic roofed GLC model. To solve this problem, a machine vision system is examined and tested out apart from the production and possibly integrated as part of the assembly.

Overall, the project was a success, and educational. Problems did occur, due to the car's different color variations, but they got solved through teamwork. The machine vision system was integrated into the assembly, and the payback calculations showcased its capabilities.

KEYWORDS:

Machine vision, glass cell, assembly, Omron, GLC, podium

SISÄLLYS

| | |
|--|-----------|
| KÄYTETYT LYHENTEET | 7 |
| 1 JOHDANTO | 1 |
| 1.1 Kehityskohde | 2 |
| 1.2 Tavoite | 4 |
| 2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ | 5 |
| 2.1 Kokoonpano | 5 |
| 2.1.1 Lasisolu | 7 |
| 3 KONENÄKÖ | 8 |
| 3.1 Mitä on konenäkö? | 8 |
| 3.2 Konenäköjärjestelmän toiminta | 9 |
| 3.3 Kameratekniikat | 11 |
| 3.3.1 Matriisi ja viivakamerat | 11 |
| 3.3.2 Älykamerat | 12 |
| 3.4 Optiikka | 13 |
| 3.6 Valaistus | 14 |
| 3.6.1 Valonlähteet | 15 |
| 3.6.2 Valaistuskulmat | 16 |
| 4 KONENÄKÖSOVELLUKSEN RISKIANALYYSI | 20 |
| 4.1 Tunnistetut riskit | 20 |
| 4.2 Riskienarviointi ja niiden minimointi | 21 |
| 5 KONENÄKÖSOVELLUKSEN TOTEUTUS | 23 |
| 5.1 Konenäköjärjestelmän pilot-testi | 23 |
| 5.2 Konenäkösovelluksen logiikkaohjelma | 29 |
| 5.3 Konenäköjärjestelmän asennus | 33 |
| YHTEENVETO | 35 |
| LÄHTEET | 37 |
| LIITTEET | 38 |

KÄYTETYT LYHENTEET

| | |
|-------|--|
| CCD | Charge Coupled Device, Konenäkökaderoissa käytettävä kuvakenno |
| CMOS | Complementary Metal Oxide Semiconductor, Konenäkökaderoissa käytettävä kuvakenno |
| NIR | Lähi-infrapuna, Näkyvää valoa hieman pidempi aallonpituus |
| LID | Linear Imagine Device. Viivakamera |
| LED | Light emitting diode |
| LASER | Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation |
| I/O | Input/Output |
| PLC | Programmable Logic Controller, Ohjelmoitava logiikka |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Valmet Automotive Oy, joka sijaitsee Uudessa kaupungissa. Yritys omistaa Suomen ainoan henkilöautoja valmistavan tehtaan. Auton valmistuksen lisäksi suunnittelupalvelut ja ajoneuvojen akkujen valmistus ovat merkittävä osa ja tekijä yhtiön liiketoiminnassa. Suunnittelupalvelut tapahtuvat pääosin Suomen ja Saksan toimipisteissä, yrityksellä on toimipisteitä myös Puolassa ja Espanjassa. Tuotanto Uudenkaupungissa on tällä hetkellä keskittynyt Mercedes-Benz A- ja GLC- sarjojen valmistukseen, sekä sähköautojen akkuteknologian kehitykseen ja akkujen valmistukseen Salon tehtaalla.

Tehtävänä on suunnitella Valmet-Automotiven tuotannon kokoonpanoon konenäkösovellus ja mahdollisesti toteuttaa tuotantoratkaisu valittuun ongelmatilanteeseen.

Vaikka konenäkösovelluksien käyttö on jo pitkään ollut osana yritysten toimintaa, on tekninen kehitys ollut viime vuosina nopeaa. Tarjonnan kasvaessa ovat kameroiden hinnat myös laskeneet kilpailun ja valmistusmäärien myötä. Tämän takia on taloudellisesti kannattavaa hyödyntää konenäkösovelluksia valmistuksessa/kokoonpano työssä, joissa vaaditaan tarkkuutta ja toistoja. Sovelluksien hyödyntäminen näkyy myös Valmet Automotivella. Tällä hetkellä tuotannossa sovelletaan useita konenäkösovelluksia korihitsaamossa sekä joitakin sovelluksia kokoonpanossa ja maalaamossa.

Opinnäytetyössä tuodaan vahvasti esille konenäön perustaa, komponentteja ja erilaisia kamera ratkaisuja. Lisäksi työssä toteutetaan pilot-ratkaisu testilaitteilla ja testiympäristössä, joka antaa valmiudet sovelluksen toteuttamiseen tuotantoprosessiin kokoonpanotehtaalle ja myös suuntaviivat muihin tuleviin sovelluksiin.

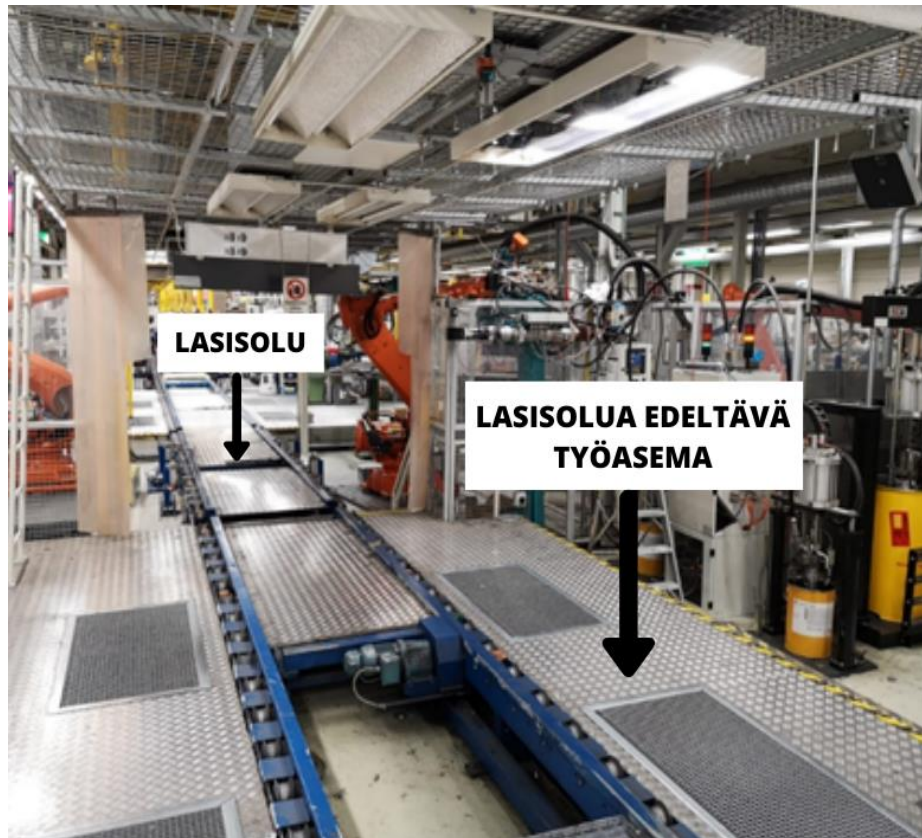
1.1 Kehityskohde

Kehityskohteeksi on määritelty lasisolua edeltävä työasema. Tällä asemalla auton koriin liimataan sovituskorokepaloja tuulilasin asennusta varten. Korokepaloilla varmistetaan tuulilasin oikeanlainen linjaus. Tällä hetkellä korokepalat asennetaan manuaalisesti sekä niiden asennuksen tarkastus tapahtuu silmämääräisesti ja näihin varattu asennusaika on lyhyt. Tämän seurauksena korokepaloja saattaa jäädä inhimillisen virheen vuoksi asentamatta.



Kuva 1. Tuulilasin korokepalat.

Työasemasta tekee kriittisen se, että asema on lasisolua edeltävä työasema, sillä lasisolussa tapahtuu jo auton tuuli ja -takalasin asennus. Kun korokepala jää asentamatta, sovitte auton korin ja tuulilasin välillä ei välttämättä ole laadullisesti riittävä ja tällöin auto on poistettava tuotantolinjalta.



Kuva 2. Lasisolua edeltävä työasema.

Auton poistaminen tuotantolinjalta tapahtuu kolmannen linjan lopussa. Linjalta poistamisen jälkeen joudutaan se siirtämään lasin irrotus- ja asennuspisteelle korjaukseen ja tämä siirtotyö itsessään vie työntekijältä keskimäärin kaksikymmentä minuuttia.

Varsinainen korjaus alkaa asennuspisteellä, jossa suoritetaan vian todennus ja kirjaus työpisteen vikalokiin ja auton dokumentaatioon. Kirjaamisen jälkeen aloitetaan lasin irrotusprosessi. Lasi irrotetaan ja vanhat korokepalat poistetaan, jonka jälkeen päästään asentamaan uudet korokepalat, sekä tuulilasi.

Tuulilasin vaihtoon menee keskimäärin kaksi tuntia. Prosessin valmistuttua auto viedään takaisin tuotantoprosessin, jossa tehdään määrätyt testit ennen auton palauttamista tuotantolinjalle. Siirrot testauksineen vievät noin 80 minuuttia.

Eli kokonaisuudessaan viallisen tuotteen korjaukseen menee n. 4 tuntia ylimääräistä aikaa sekä se aiheuttaa poikkeaman tuotantoon, joka aiheuttaa välillisiä kustannuksia.

1.2 Tavoite

Työn tavoite on selkeä jo työtä aloittaessa. Mercedes-Benz GLC mallien koro-kepalojen puuttuminen on suuri ongelma autotehtaan kokoonpanoprosessissa. Tavoitteena on automatisoida korokepalojen tarkastus turhan työn välttämiseksi ja ennen kaikkea laadun varmistamiseksi sekä tuotantoon poikkeamien vähentämiseksi. Prosessin valmistuminen kerralla on aina laadullisesti ja tuottavuuden kannalta paras tapa.

Työn luonteesta johtuen, kohteeseen katsotaan järkevänä ratkaisuna soveltaa älykameraa tarkastamaan ovatko korokepalat paikallaan vai ei.

COVID-19 aiheuttaman vierailukiellon takia korokepalojen malleja lähetetään kameratoimittajan toimipisteelle analysoitavaksi, joista asiantuntijat saivat kerättyä tarpeellista dataa projektin tueksi.

Datan saatua tilaamme älykameran tehtaalle koekäyttöön suorittaaksemme tuotannon ulkopuolisen pilot-testin. Testin tarkoituksena on simuloida mahdollisimman todellisuutta vastaava tilanne, jotta varsinainen tuotannon käyttöönotto voitaisiin toteuttaa mutkattomammin. Pilot-testi antaa hyvät valmiudet muuttujien selvittämiseen, toiminnan toteamiseen ja riskikohteiden esille tuomiseen.

Toteutus itse kokoonpanoon tapahtuu viikolla 31. Tällä kyseisellä viikolla ei ole tuotantoa ja prosessit ovat seisahtaneena.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Kokoonpano

Valmet Automotiven kokoonpanotehdas koostuu neljästä asennuslinjasta. Näillä linjoilla asennetaan kaikki oleelliset osat ja komponentit sekä tehdään diagnosti auton toiminnan varmistamiseksi. Tämänhetkisen tuotantotahdin ja prosessin mukaan auton läpimenoaika kokoonpanossa on n. 8 tuntia, eli suunnitteen yhden työvuoron mittainen aika. Siihen väliin mahtuu yli 130 eri työasemaa.

Ennen auton saapumista kokoonpanoon, korirakenne kootaan hitsaamossa, jonka jälkeen se korroosio käsitellään ja maalataan pintakäsittelyprosesseissa. Tämän jälkeen maalattu kori kulkee raportoinnin kautta kokoonpanoon, jossa se lukitaan lopulliseen asiakastilaukseen ja sen edellyttämään kokoonpano osiin sekä varustukseen. Auton tietojen raportoinnin jälkeen kori jatkaa matkaa kuljetimella uudelle ns. 0-linjalle, jota ennen irrotetaan ovet, jotka ohjautuvat erilliselle kokoonpano asemille. 0-linja rakennettiin 2019 kesällä tuotannon uusien versioiden tasapainotuksen ja kapasiteetin nosto tarpeisiin. 0-linjalla autoon asennetaan sisätilan komponentteja, kuten ensimmäiset ohjainyksiköt ja johtosarjat.

Tästä kori siirtyy 1-linjalle. Tässä vaiheessahan on autosta irrotettu ovet, eikä laseja ole vielä asennettu. Tämä tekee sisustan komponenttien ja verhoilun asennuksesta helpompaa, joka tapahtuu 1-linjan alussa. Auton mahdollinen lasikatto ja lasit kuitenkin asennetaan ovia lukuun ottamatta 1-linjan keskivaiheessa paikalleen. Tämän jälkeen asennetaan polttoaineputket, polttoainesäiliö ja äänieristeet. Viimeisenä työpisteenä on 1-linjalla ”Marriage point”, jossa auton moottori, voimansiirto ja alusta yhdistetään koko pakettina auton koriin.

Tämän yhdistämisen jälkeen auto siirtyy 2-linjalle, jossa jatketaan alustan kiinnitysten lisäystä ja kiinnitysmomenttien läpikäynnillä.

Tällä linjalla asennetaan myös alustan suojat, akku ja erilaiset korinosat sekä suoritetaan suurin osa auton vaatimista nestetäytöistä, kuten jarruneste, jäähdytinneste ja ilmastoinnin kylmäaine.

2-linjan jälkeen auto siirtyy 3-linjalle. Linjan alussa asennetaan autoon pyörät ja auto laskeutuu kuljettimelle omien pyöriensä varaan. Tämän jälkeen jatketaan komponenttien asennuksilla; kuten ratti, auton esikootut ovet, valot ja sisustan verhoilut aina istuimiin saakka.

Tässä vaiheessa auto on osien asennuksiltaan melkein valmis, ja se siirtyy viimeiselle eli 4-linjalle, jossa tapahtuu loput nesteiden täytöt kuten lasipesunesteen, polttoaineen ja sen lisäaineen täyttö ensikäynnistystä varten. Tällä linjalla suoritetaan myös embleemien ja tarrojen asennukset. Ensikäynnistykseen jälkeen suoritetaan tarvittavat sovitusten tarkastustoimenpiteet, jonka jälkeen auto jatkaa pyöräkulmien ja ajoavuste toimilaitteiden säätöön, vesitiiveystestaukseen, koeajoon sekä toimitushyväksyntään.



Kuva 3. Marriage point. (YLE 2019.)

2.1.1 Lasisolu

Lasisolulla tarkoitetaan robottisolua, jossa autoon asennetaan tuuli- ja takalasi. Tämä solu sijaitsee ensimmäisen linjan keskikohdassa. Solusta löytyy kaksi robottia asennusprosessin suorittamiseen. Toisen robotin tarraimella napataan lasi, joka viedään liimasuutin pisteelle, jossa liimasuutin levittää liiman lasin reunoille. Samalla hetkellä toinen roboteista on varustettu konenäkökameralla, jonka avulla haetaan paikkapisteet tuulilasin liimausta varten. Tiedon saatuaan lasia käsittelevä robotti asentaa tuulilasin paikalleen koriin. Sama prosessi toistuu myös takalasilille. Kokonaiskesto prosessilla on noin kaksi ja puoli minuuttia mukaan lukien siirtoajat asemalle ja siitä pois.



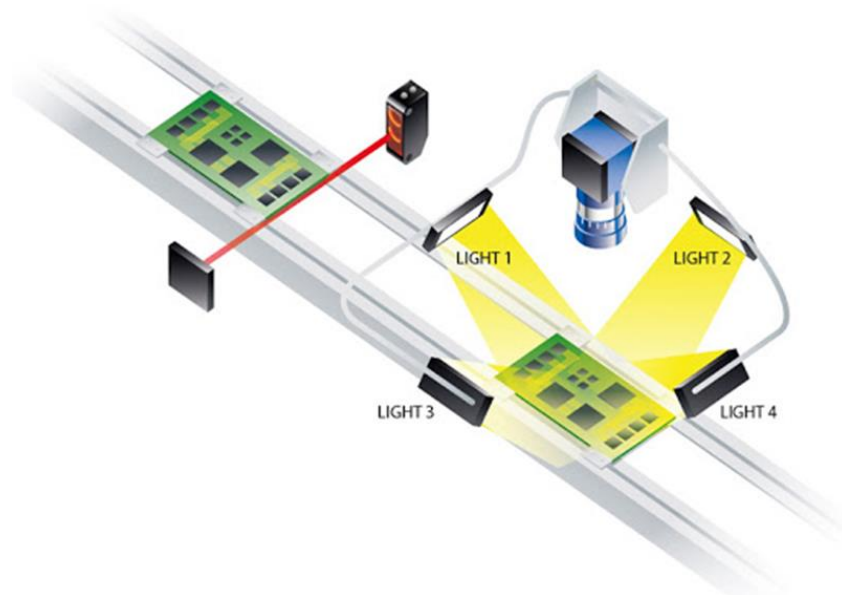
Kuva 4. Lasisolu.

3 KONENÄKÖ

3.1 Mitä on konenäkö?

Konenäön toiminta muistuttaa ihmissilmän toimintaa, mutta se on luotettavampi, nopeampi ja väsymätön tarkastaja. Ensimmäiset erittäin yksinkertaiset konenäkösovellukset tulivat robotiikkaan 80-luvulla ja nämä sovellukset liittyivät lähinnä asennon tunnistamiseen. Uudenkaupungin autotehtaalla ensimmäinen sovellus on otettu tuotantokäyttöön 1992.

Konenäön hyödyntäminen automaattisessa laadunvalvonnassa on ollut tunnettu asia jo suhteellisen kauan. Konenäkö parantaa laatua ja kannattavuutta, lisää nopeutta ja turvallisuutta, sekä vapauttaa resursseja turhasta tarkastustoiminnasta kannattavampaan toimintaan. Tekniikan kehittyminen on auttanut kehittämään entistä luotettavampia järjestelmiä, kehittyneempiä ohjelmistoja sekä huomattavasti pienempiä konenäköjärjestelmän hankintakustannuksia. (Savon Automaatio 2020.)



Kuva 5. Laadunvalvontaan käytetty konenäkösovellus. (Novus Light 2018.)

3.2 Konenäköjärjestelmän toiminta

Konenäön yleisenä tavoitteena on saada ”kone” ymmärtämään mitä kameran tai muun sensorin kuvaama näkymä sisältää ja käyttää tätä tietoa hyväksi erilaisissa sovelluksissa. Koneen on pystyttävä tunnistamaan kohteita ja määrittämään niiden sijainnit ja asennot, ilmaisemaan kohteissa tapahtuneita muutoksia ja tulkitsemaan eri havaintojen merkitys. (Oulun yliopisto N.d.)

Konenäkö koostuu tyypillisesti seuraavista osista: Kamera ottaa kohteesta kuvia halutulla kuvanottotaajuudella (monta kuvaa/sekunnissa). Tasainen kuvanlaatu edellyttää muuttumattomia valaisuolosuhteita, eikä esimerkiksi suoraa auringonvaloa saa päästää kuvattavaan kohteeseen. Talteen otetut kuvat digitoidaan ja siirretään tietokoneen muistiin, missä kuvat analysoidaan ennalta ohjelmoitujen ohjeiden mukaisesti, ja saadun analyysin perusteella ohjauskomennot annetaan edelleen itse tuotantolinjaan, sen koneille ja laitteille. (Antti Soini, Suomen Automaatioseura N.d)

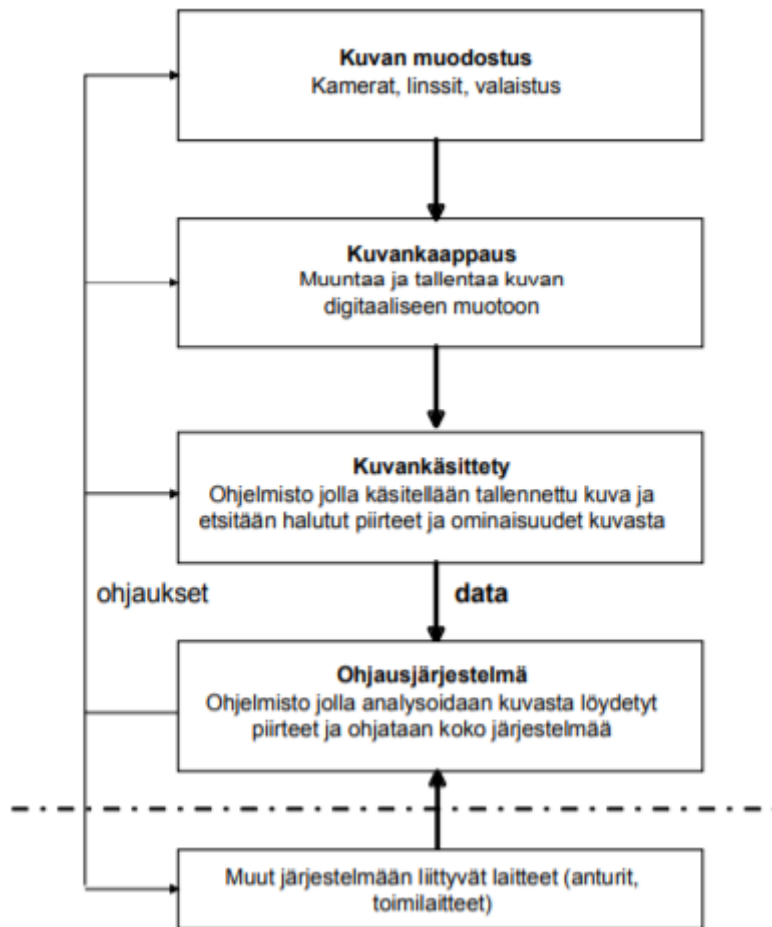
Yleisimpiä tarkastuskohteita ovat erilaiset hahmontunnistukset, mutta konenäköä voidaan soveltaa myös asemien paikallaolon valvontaan, laadunvalvontaan sekä erilaisiin lajittelu- ja laskentatehtäviin.

Kommunikointi kameran ja eri toimilaitteiden välillä voidaan toteuttaa usealla eri tavalla riippuen ympäristöstä ja toimilaitteista. Näistä yleisin on vastaanottaa tietoja kenttäväylän kautta. Sitä käytetään yleensä suuremmissa automatisoiduissa linjastoissa, sillä liitännät sallivat usean toimilaitteen tiedonsiirron samoja reittejä käyttäen, jolloin ylimääräiset kaapeloinnit jäävät pois.

Tiedonsiirtoa ohjaa tyypillisesti ohjelmoitava logiikka, joka kommunikoi siihen liitettyjen toimilaitteiden kanssa. Kommunikointi on myös mahdollista toteuttaa pelkän I/O:n avulla, jossa sovelletaan digitaalista signaalia määrittämään päälle- tai poistilaa (1 tai 0, tosi tai epätosi).

Tätä voidaan käyttää tapauksissa, joissa riittää ON/OFF tyyppinen toiminta, eikä esimerkiksi ylimääräistä mittaustietoa tarvita.

Monipuolisimmissa sovelluksissa, joissa ylimääräinen mittaustieto on tarpeen, voidaan soveltaa kenttäväyläteknikoita, kuten Ethernet/IP, Profinet, Profibus tai DeviceNet. Valinta määräytyy lähtökohtaisesti käytettävästä toimilaitteesta.



Kuva 6. Konenäköjärjestelmän osa-alueet. (Automation TKK N.d.)

3.3 Kameratekniikat

3.3.1 Matriisi ja viivakamerat

Konenäkökamerat ovat perinteisesti joko matriisi- tai viivakameroita.

Matriisikennollisella kameralla saadaan kaksiulotteinen eli suorakulmion muotoinen kuva, jossa pikseleitä on jokin määrä kennon leveyssuunnassa ja jokin määrä korkeussuunnassa. Matriisikenno on yleisin konenäkökameran kennotyyppi. Matriisikennolliset kamerat ovat hyviä kuvaamaan irrallisia kappaleita. (SAMK 2020.)

Viivakameralla saadaan yksiulotteinen eli viivanmuotoinen kuva, jossa on pystysuunnassa yksi pikseli tai jopa kolme pikseliä, kuten joissain väriviivakameroissa ja vaakasuorassa kameran ominaisuuksien mukaisesti 1024 pikselistä jopa 16 000 pikseliin. Viivakameraa käytetään useimmiten liikkuvien kohteiden ja erityisesti yhtenäisen liikkuvan kohteen kuvaamiseen, esim. paperin valmistuksessa tai kankaan painatuksessa. Viivakameraa kannattaa harkita myös niissä tapauksissa, joissa kohde on esim. sylinterin muotoinen. Matriisikameralla on haastavaa saada aikaiseksi tarkka kuva eri etäisyyksillä kamerasta olevista kohteen osista. Viivakameralla saadaan yhdestä pinnan suuntaisesta kohteen osasta tarkka kuva, ja kun kohdetta, esim. sylinteriä pyöritetään, saadaan kuvatuista viivoista yhdistettyä joka kohdasta tarkka, todenmukainen kuva. (SAMK 2020.)



Kuva 7. Matriisikenno- vai viivakamerakuvaus. (SAMK 2020.)

3.3.2 Älykamerat

Viimeisin kehityssuunta on ns. älykamerat, joihin on sisäänrakennettu kaikki konenäössä tarvittavat elementit: kuvanottokamera, valaistus ja kuvankäsittely tietokone. Tällaisten kompaktien tuotteiden hinnat alkavat muutamasta tuhannesta eurosta, joten niiden käyttö älykkäinä antureina eli tunnistimina on lisääntynyt nopeasti.

Älykameroiden hienous tulee esille sen monipuolisista käyttömahdollisuuksista, niiden avulla voidaan tunnistaa kohteiden olemassaolo, muoto, täydellisyys, sijainti, asento ja tietoa voidaan käyttää, vaikka laskentatoimiin. Älykamerat soveltuvat myös erinomaisesti tehtäviin, jotka ovat ihmisen näkökyvylle mahdottomia, kuten äärimmäisen tarkka laadunmittaus.

Konenäön kameroita käytetään näkyvän valon aallonpituusalueen ulkopuolella-kin. Infrapunakamerat näkevät myös pimeässä, ja niitä käytetään mm. autoissa kuljettajan havainnoinnin apuna. Tämän lisäksi niillä voidaan mitata lämpötila-eroja, jolloin ne soveltuvat mm. eksyneiden etsimiseen lentokuvauksissa, soti-lastarkoituksiin sekä lääketieteellisiin tutkimuksiin. (Antti Soini, Suomen Auto- maatioseura N.d)



Kuva 8. Omron FHV7 Älykamera. (Omron 2020.)

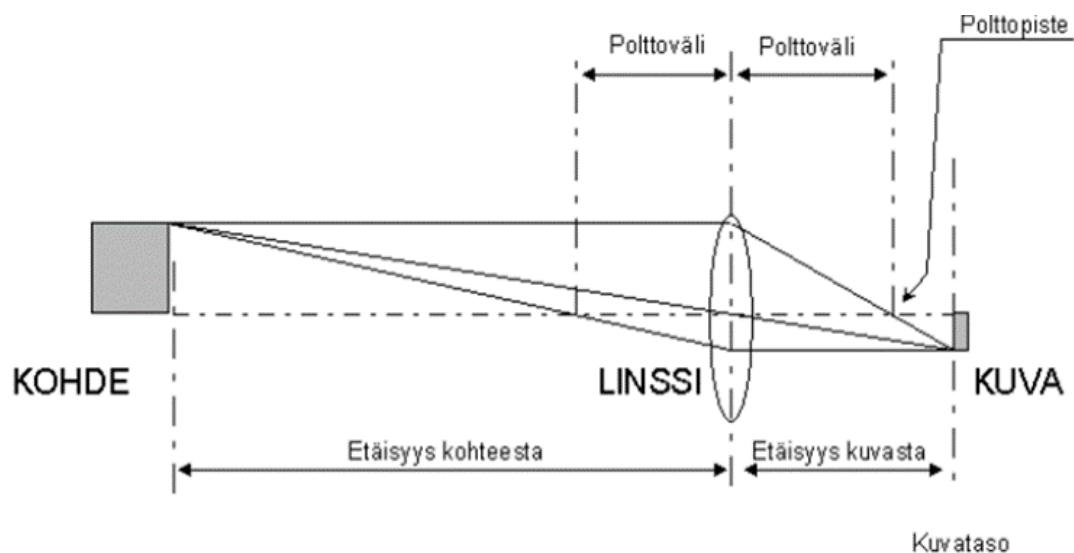
3.4 Optiikka

Optiikalla on suuri vaikutus kuvan laatuun. Kamera vaatii objektiivin kerätäkseen valon kohteesta ja ohjatakseen se objektiivin toiselle puolelle, jossa se saapuu valoilmion talteenottoon tarkoitettulle valoherkälle kennolle. Kennoista yleisimpiä ovat CCD- ja CMOS-kenno, jotka eroavat valoherkkyyden perusteella. Saadun kuvan kokoa voidaan räätälöidä objektiivien mallin ja asetusten mukaan.

Virheet optiikan rakenteessa voivat aiheuttaa virheitä kuvan laatuun, jolloin otettua kuvaa ei voidakaan analysoida. Kuvaustulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat myös tarkennusetäisyys, kuvausaukon koko, kameran sisäiset asetukset ja polttoväli.

Polttoväli kertoo miten laaja tai kapea objektiivin kuvakulma on. Mitä pidempi polttoväli on, sitä kapeampi on myös objektiivin tuottama kuvakulma.

Polttoväli ilmaistaan objektiiveissa millimetreinä, kuten 50mm tai 200mm. (Kamerakoulu 2020.)



Kuva 9. Optiikka. (Metropolia 2009)

3.6 Valaistus

Hyvä ja riittävä valaistus on tärkeimpiä ja järjestelmän toimivuuden kannalta keskeisimpiä perusvaatimuksia. Koneenäön kannalta nykyiset teolliseen toimintaan tarkoitetut valaisimet muodostavat tasalaatuisen kuvattavan alueen, jonka pohjalta kohde siirretään digitaalisessa muodossa kuvankäsittelyyn. Suodattamalla muun muassa värisävyjä, kohinaa ja heijastuksia alkuperäisestä kuvasta voidaan tunnistaa ja laskea mitattavat suuret. (SLO 2020.)

Konenäkösovelluksissa valaisutaajuuden tulee olla vähintään viisinkertainen kuvaustaajuuteen nähden, jolla estetään kuvan välkkyminen.

Konenäköjärjestelmissä valaistuksen määrä pyritään myös moninkertaistamaan, jotta voidaan minimoida ulkopuolisen valon vaikutukset kuvattavaan kohteeseen. Jos kuvattava kohde on liikkuva, olisi kohde järkevää pysäyttää hetkellisesti tarkan kuvan saamiseksi.

3.6.1 Valonlähteet

Valonlähteitä on tarjolla erilaisia, sekä lähtökohtaisesti luonnonvalo ei tähän kelpaa. Sopivista valonlähteistä yleisimpiä ovat:

- LED
- Infrapuna
- Loisteputket

LED on näistä yleisin sen kapean säteilyspektrin vuoksi. Pulssitettuna valosta saadaan hetkellisesti nopea ja tehokas valo ulos. Yksi sen kilpailueduista tulee myös pitkästä käyttöajasta. LED-valot toimivat vielä kirkkaina jopa 50,000 tunnin iässä, jonka jälkeen valaisuteho alkaa hiipumaan. Valaistus kestää hyvin tärinää, sekä muuttuvia ympäristöolosuhteita. Uudemmissa malleissa värisävynkin säätö onnistuu kätevästi, joka sallii räätälöinnin juuri kohteelle sopivaksi.

Näkyvän valon aallonpituusalueen sijaan voidaan myös hyödyntää infrapunateknologiaa, jolloin prosessi voidaan suorittaa joko lähi-infrapuna tai pitkäaaltoisen infrapunan aallonpituusalueilla. Pidemmältä kuvattaessa infrapunan ansiosta on mahdollista nähdä ilmiöitä, joita ihmissilmä ei erota. Infrapunan hyödyntäminen on sovelias vaihtoehto vaikeissakin olosuhteissa, joissa esimerkiksi heijastinpinnat tai spektritasot häiritsevät.

Loisteputket ovat olleet käytössä pitkään sen hyötysuhteen ollessa vielä kilpailukyinen.

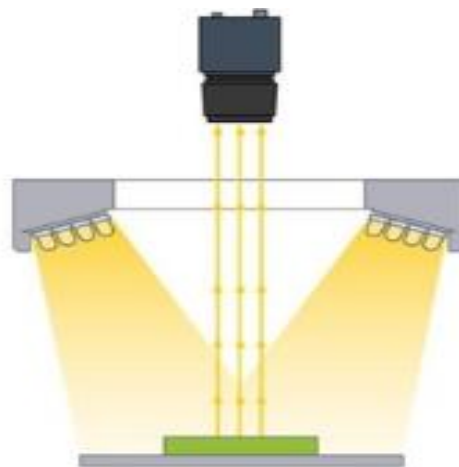
Erilaisilla fluorisoivilla aineilla lasia voidaan värjätä, joka sallii optimoinnin sovelukselle sopivaksi. Normaalit loisteputket ovat taajuudeltaan n. 50Hz, mutta koenäkösovelluksissa tarvitaan huomattavasti korkeampia taajuuksia, jolloin täytyy soveltaa suurtaajuuskonverttereita. Taajuuden nostamisella voidaan yltää jopa 30KHz lukemiin ja sen tarkoituksena on poistaa kuvan ylimääräinen huojunta.

3.6.2 Valaistuskulmat

Valaistuskulmat tulee valita tuotteen materiaalin ja toimintaympäristön perustein. Näistä suosituimpia tekniikoita ovat:

- Kohtisuora valaisu
- Sivulta valaisu
- Taustavalaisu
- Diffuusivalaisu kupolivalonlähteellä
- Aksiaalinen diffuusivalaisu

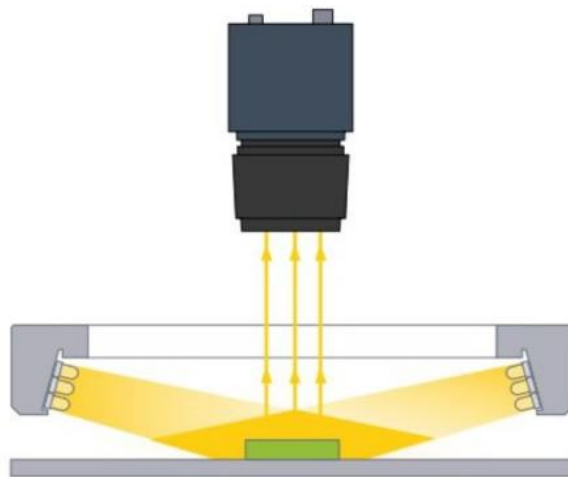
Kohtisuora valaistus on yleisin valaistustekniikan muoto. Tässä kamera kuvaa kohdetta kohtisuoraan ylhäältä ja valaistus on suurin piirtein kameran kanssa samalla linjalla, ja luo näin heijastuksen kohteesta kameralle. (Stemmer Imaging 2020.)



Kuva 10. Kohtisuora valaistus. (Stemmer Imaging 2020.)

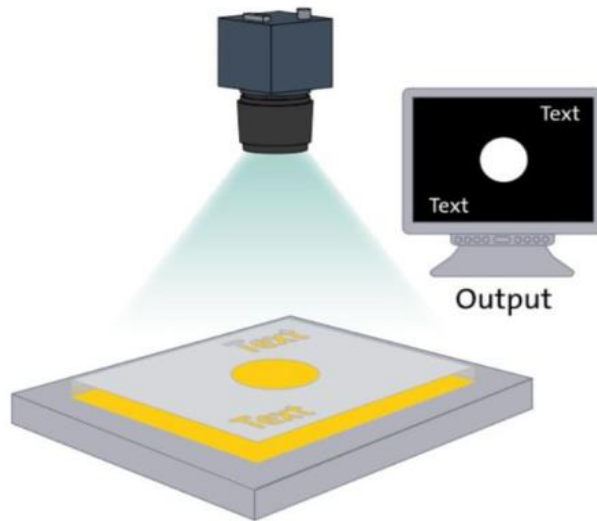
Sivuvälo tekniikkaa käytetään usein etsittäessä kuvattavan kohteen pinnalta jälkiä, naarmuja tai kaiverruksia.

Nimensä mukaan välo kohdistetaan kuvattavan kohteen sivulta tietyssä kulmassa. Kohteen tasaisilta pinnoilta valonsäteet heijastuvat pois kameran näkökentältä ja näin saadaan epätasaiset pinnat näkyviin. (Stemmer Imaging 2020.)



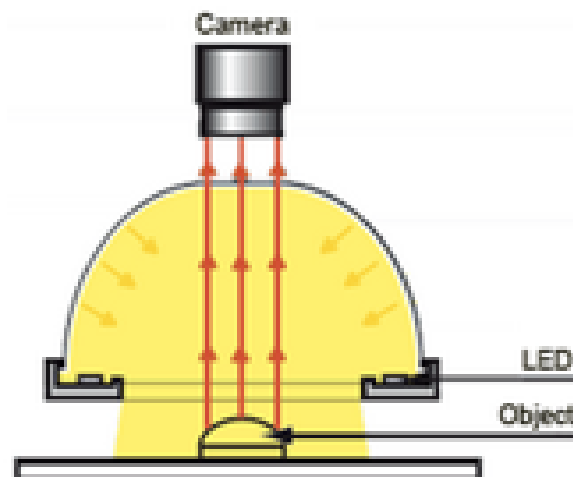
Kuva 11. Sivuvälo. (Stemmer Imaging 2020.)

Taustaväläisyyden menetelmässä välaistus laitetaan kohteen alle. Tällä tavalla kohteesta voidaan löytää reikiä tai erilaisia muotoja. Hyvä esimerkki taustaväläisyydestä on näppäimistö, jossa välo on sijoitettu näppäimien alle, jotta ne nähdään pimeässä. Alla on kuva taustaväläisyydestä, jossa kohdetta välaistetaan alhaalta päin. (Stemmer Imaging 2020.)



Kuva 12. Taustavalaisu. (Stemmer Imaging 2020.)

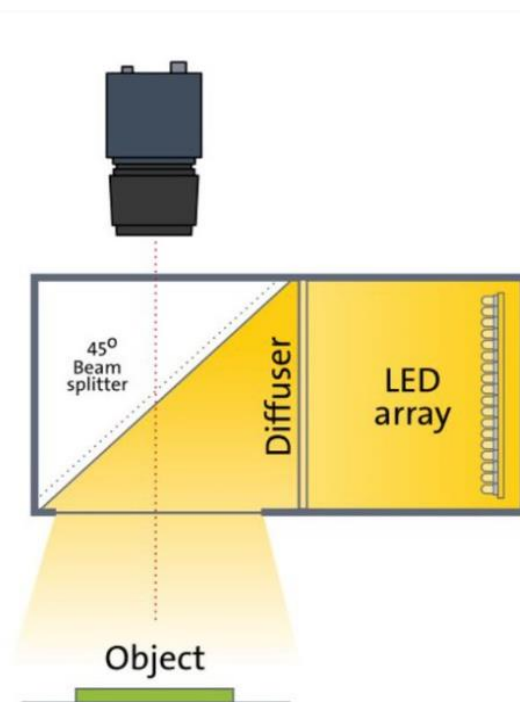
Diffuusikupoli on konenäkövalaistus, joka sallii varjottoman ja tasaisen valon, joka on erinomainen kiiltävien tai ei-tasaisten pintojen tai folioon käärittyjen esineiden tarkastamiseen. (Vital Vision 2020.)



Kuva 13. Diffuusikupoli. (Vital Vision 2020.)

Aksiaalisen diffuusivalaistuksen tekniikkaa käytetään heijastavien pintojen valaistamiseen. Säteenjakajaa tai osittain läpinäkyvää peiliä käytetään valon ohjaimen sivulle kiinnitetystä valonlähteestä siten, että se projisoidaan lähes samansuuntaisesti kameras optisten akselien kanssa esineeseen.

Tekniikka soveltuu ihanteellisesti tavallisille heijastaville esineille, joilla ei ole (tai on hyvin vähän) profiilia, tai hajanainen tausta. Esimerkkejä ovat heijastavat tartrat, tai kiillotetut esineet. (Stemmer Imaging 2020.)



Kuva 14. Aksiaalinen diffuusivalaisu. (Stemmer Imaging 2020.)

4 KONENÄKÖSOVELLUKSEN RISKIANALYYSI

Konenäkösovellusta suunniteltaessa tuli huomioida riskit, jotka voivat olla toteutuessaan haitallisia tuotteelle, ihmiselle tai itse työlle. Kartoitetuista riskeistä yleisimmät olivat laitteiston toimintahäiriöön liittyvät riskit ja siitä tuotannolle aiheutuneet haitat, jotka voisivat seisauttaa tuotantoa kriittisen ajan. Pienikin linjan seisautus olisi kustannuksellisesti suuri hukka. Ihmiselle vaaraksi olevia riskejä ei tunnistettu muuta kuin asennusvaiheessa esiintyviä riskejä.

Turvallisuusriskeinä tuli esille sähköstä ja asennuksesta johtuvat vaaratekijät, jotka lähtökohtaisestikin suljetaan pois käyttämällä alan ammattilaisia suunnittelussa ja myös tietenkin itse kytkennöissä. Tämän seurauksena riskin kriittisyys ja todennäköisyys laski huomattavasti, mutta tämäkin on huomioitava riskikartoituksessa.

4.1 Tunnistetut riskit

Yhtenä merkittävänä riskinä tuli esille avainhenkilöiden puuttuminen toteutuksen yhteydessä sekä osien myöhästyminen. Avainhenkilöiden paikallaolo on kriittinen asia itse asennushetkellä ja käyttöönotossa. Tähän laadittiin tarkka projekti-suunnitelma (liite 1), joka hyväksyttiin avainhenkilöiden toimesta. Osien myöhästyminen minimoitiin osien ennakkovarauksella, aikaisella hankinnalla ja toimien seurannalla.

Tämän jälkeen riskejä tarkasteltiin työasemien käytettävyyden kannalta, jonka myötä kamerasovellus tulee asentaa turvalliseen ja käytännölliseen paikkaan, jotta se ei häiritsisi työntekoa. Asennuksen jälkeistä toimintaa on tarkoitus myös kokeilla testikoreilla useaan otteeseen asennusviikolla tuotannottomana aikana, ennen varsinaista tuotannon alkua ja sovelluksen käyttöönottoa. Tällä vältytään turhilta aseman pysäytyksiltä tuotannon aikana.

Todennäköisimpänä riskinä on laitteiston toimintahäiriöt. Laitteiston toimintahäiriöihin liittyvien riskien todennäköisyyttä lähdettiin havainnoimaan pilot-testin avulla, jotta oli mahdollista saada mahdollisimman todellisuutta vastaavat tulokset, eivätkä riskit perustuisi vain pelkkään arvioon.

Kameran käyttöönotossa tuli ottaa huomioon järjestelmän kaikki mahdolliset toimintahäiriöiden aiheuttajat, jotka aiheuttaisivat häiriön kameraan ja sitä kautta tuotannon kulkuun.

Järjestelmän menneessä vikatilaan, logiikan tulee huomata virhe signaalin kullussa ja sytyttää vikavalvo, jolloin operaattori huomaa vian.

Lisäksi kunnossapidon henkilöstö ja lasisolun operaattorit tulee ohjeistaa ja kouluttaa sovelluksen korjaamiseen vian sattuessa. Esimerkkinä erillisen valaistuksen sammuminen, tai osumasta aiheutuva rikkoutuminen, joka johtaa kameran toimintahäiriöön.

4.2 Riskienarviointi ja niiden minimointi

Osana riskienarviointia on laadittu myös erillinen riskienarviointi (liite 2). Tähän on listattu toteutuksessa mahdollisesti esiintyviä riskejä, niiden todennäköisyyttä ja vakavuutta. Todennäköisyys taulukosta nähdään (Kuva 15) riskien esiintymistodennäköisyys asteikolla 1–5, jossa 5 tarkoittaa, että riski on 100 % todennäköinen ja 1 tarkoittaa, että riski on hyvin epätodennäköinen.

Riskien vakavuus taulukosta nähdään (Kuva 15), riskien vakavuus asteikolla 1–5, jossa 5 tarkoittaa, että riskin seuraukset ovat tuhoisat ja 1 tarkoittaa, että seuraukset ovat vähäiset.

Riskiarvon saamiseksi tulee seurauksen vakavuus ja todennäköisyys kertoa keskenään. Lähtökohtaisesti riskin ylittäessä kohtalaisen riskiarvon rajan, eli tuloon 16 on sitä saatava pienemmäksi jatkamalla suunnittelua ja toimenpiteitä kyseisessä kohteessa todennäköisyyden pienentämiseksi.

| RANK | Criteria: Occurrence of Cause |
|----------|--|
| 5 | certain or almost certain that a risk will occur |
| 4 | probable that a risk will occur |
| 3 | less probable that a risk will occur |
| 2 | improbable that a risk will occur |
| 1 | most improbable that a risk will occur |
| | |
| | |
| | |
| PISTEET | Kriteeri: Virheen esiintyminen |
| 5 | varmaa tai lähes varmaa, että riski esiintyy |
| 4 | todennäköistä, että riski esiintyy |
| 3 | vähemmän todennäköistä, että riski esiintyy |
| 2 | epätodennäköistä, että riski esiintyy |
| 1 | hyvin epätodennäköistä, että riski esiintyy |
| RANK | Criteria: Severity of Effect for Project |
| 5 | consequences are disastrous |
| 4 | consequences are serious |
| 3 | consequences are significant |
| 2 | consequences are limited |
| 1 | consequences are minor |
| | |
| | |
| | |
| PISTEET | Kriteeri: Vaikutus projektiin |
| 5 | seuraukset ovat tuhoisat |
| 4 | seuraukset ovat vakavat |
| 3 | seuraukset ovat merkittävät |
| 2 | seuraukset ovat rajoitetut |
| 1 | seuraukset ovat vähäiset |

Kuva 15. Riskianalyysitaulukko. (FMEA-pohja)

5 KONENÄKÖSOVELLUKSEN TOTEUTUS

5.1 Konenäköjärjestelmän pilot-testi

Toteutukseen tarvittavat komponentit tilasimme Omron Electronics yritykseltä, sillä heidän tuotteitansa löytyi tehtaaltamme jo aiemminkin. Heiltä saimme testi-käyttöön kameran, valaistukset ja kaapelit.

Järjestelmän kameraksi valittiin yksi Omron FHV-sarjan kamera ja tarkemmaksi kohteeksi valikoitu FHV7H-M063R-C kamera, jonka resoluutio on 6,3 megapikseliä ja kyseisen kameran kuvataajuus on 430 fps. Valaistukseksi valikoitui lopuksi erilliset infrapunavalot, jotka tilasimme CCS toimittajalta.

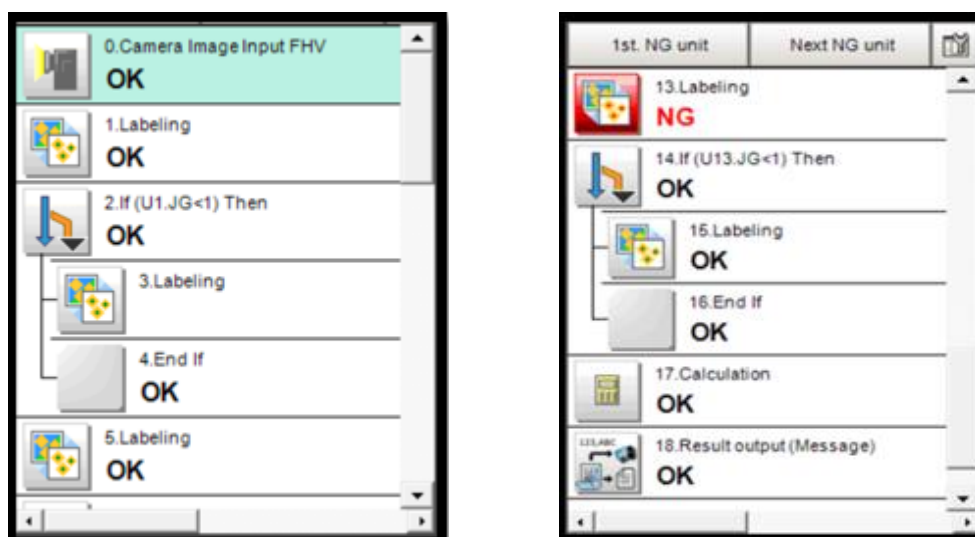
Työ aloitettiin testaamalla Omronin konenäköjärjestelmää tuotekehityksen tiiloissa tuotannon ulkopuolella, varmistaakseen järjestelmän mutkattoman ja häiriöttömän toiminnan ennen tuotantoon tapahtuvan asennuksen ja käyttöönoton toteutusta. Lyhyetkin toiminnalliset puutteet ja häiriöt tuotannossa voivat aiheuttaa tuotanto jättämää tai laatueroja, jotka ei ole hyväksyttäviä.

Itse pilot-testi alkoi Omron FHV Remote tool -ohjelman asennuksella, johon saimme lisenssit Omronin laitetoimittajalta. Testikameran, valojen ja kaapeleiden saavuttua loimme tuotekehityksen tiloihin todellisuutta vastaavan ympäristön kerätäksemme tietoja kameran ja valojen käyttäytymisestä kuvattavaan kohteeseen.

Testiympäristön valmistuttua otimme Skype-video yhteyden laitetoimittajan asiantuntijoiden kanssa (Covid19 tilanne esti face to face workshopin järjestämisen). Tätä kautta he havainnollistivat ja ohjeistivat meitä kameran sekä kuvankäsittelyohjelman alustavista säädöistä.

Yhteys itse kameraan onnistui tietokoneen kautta Ethernet-kaapelin välityksellä. Kamerayhteyden saatuamme pääsimme itse kuvankäsittelyohjelmaan käsiksi. Kuvankäsittelyohjelmassa ensimmäisenä muutimme kameran suljinaika "shutter speed" asetuksia saadaksemme mahdollisimman hyvän kuvan ja loppu tarkennuksen teimme itse kamerasta.

Tästä jatkoimme kameran ohjelman teolla, joka toimi ns. drag & drop tyyppisesti ohjelman ennalta asennettujen toimintoja hyödyntämällä. Ohjelmaan sisältyi usea "labeling" toiminto, jotka tarkastelivat kohdetta binäärikuvana pinta-alan, leveyden ja korkeuden perusteella.



Kuva 16. Kameran ohjelmapuu.

Seuraavaksi määritimme raja-arvot, joiden sisäpuolelle mittaustulos tuli osua OK tulosta varten. Jos mitatut arvot eivät olleet rajojen sisäpuolella, tuli tulokseksi NOK. Autossahan tunnistettavia korokepaloja oli neljä, joten määritimme jokaiselle korokepalalle kaksi omaa "labeling" mittaustoimintoa autojen värvaihtelujen vuoksi. Jos ensimmäinen oli NOK, suoritti ohjelma vielä toisella asetuksilla mittauksen.

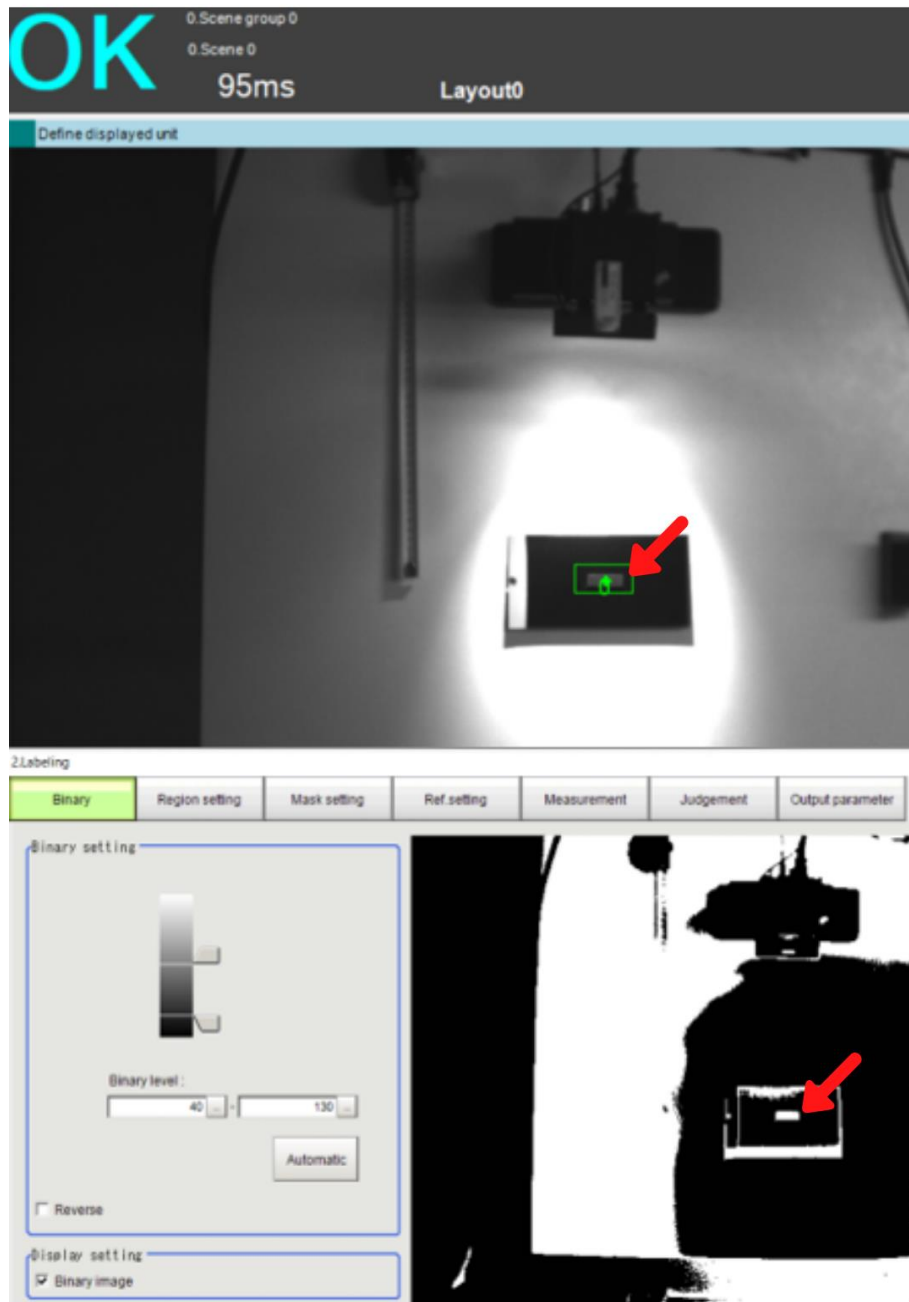
Hyväksytyn tuloksen saamiseksi tuli toisen toiminnon antaa tulos OK. Lopputuloksena oli laskuri toiminto "calculation", jossa laskettiin, että saatiinko jokaiselta neljältä korokepalalta OK tulos.

Jos tämä toteutui, kokonaislopputulokseksi saatiin OK. Lopputuloksen ollessa pienempi kuin neljä, saatiin NOK.

Ensimmäinen testaus tehtiin mustalla taustalevyllä. Taustalevyt asetettiin myös pieneen kulmaan, sillä korokepalat, jotka tulevat auton korin ja tuulilasin väliin ovat myös pienessä kulmassa. Tällä haluttiin simuloida mahdollisimman tarkasti aitoa tilannetta.

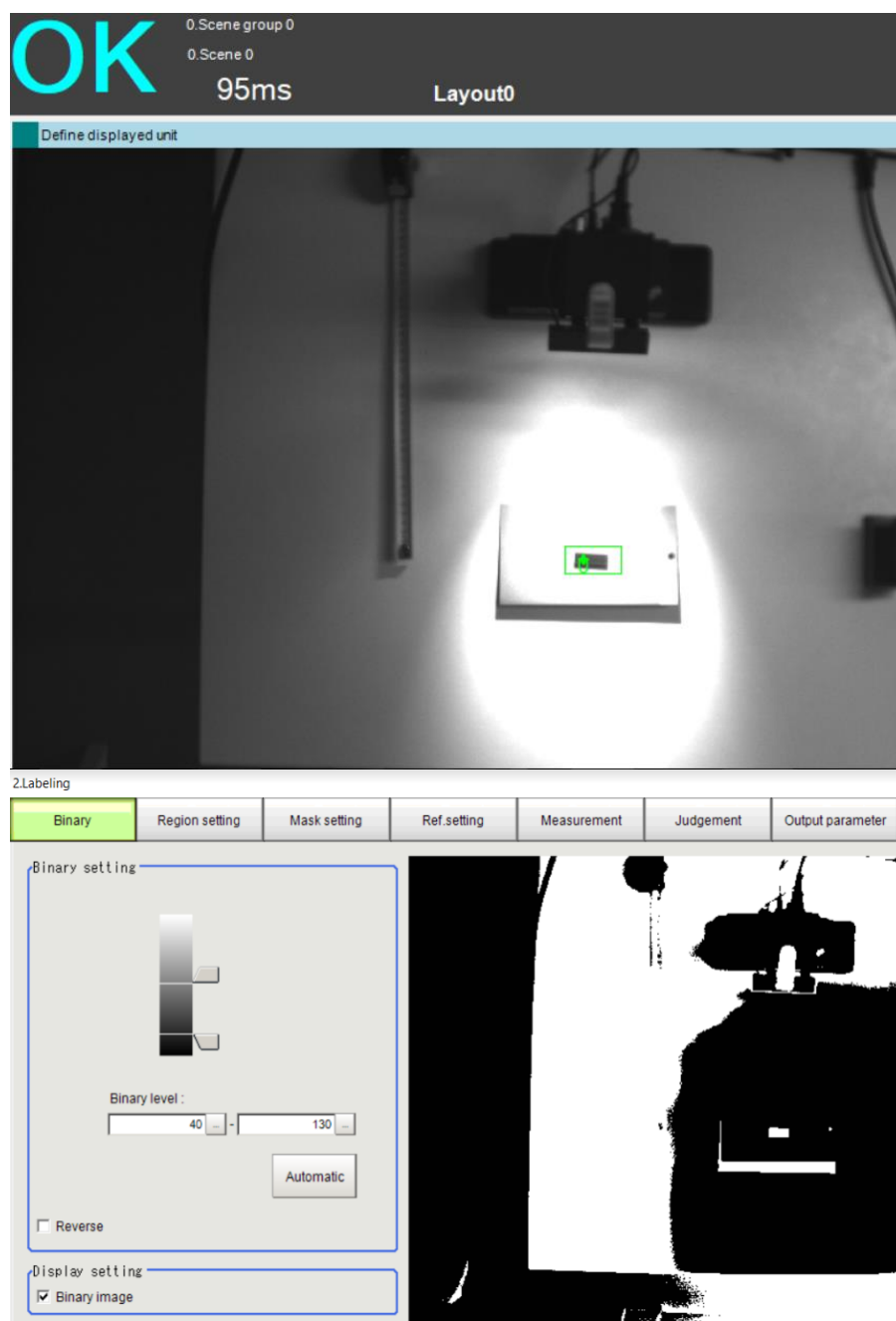
Ajan testattuumme, totesimme että LED valaistuksella on kiiltävä korokepala kiiltävässä auton korissa liian herkkä muutoksiin, joka koituisi ongelmaksi hyvin valaistussa kokoonpanossa. Tämän seurauksena aloimme tutkia infrapunavalaistuksen mahdollisuutta, joka osoittautuikin varmemmaksi.

Valaistuksena käytettiin palkkimaista infrapunavaloa, joka toi kontrastit parhaiten esille. Valaistus suunnattiin alaviistosta kohteeseen, jonka avulla saimme korokepalat hienosti esille:



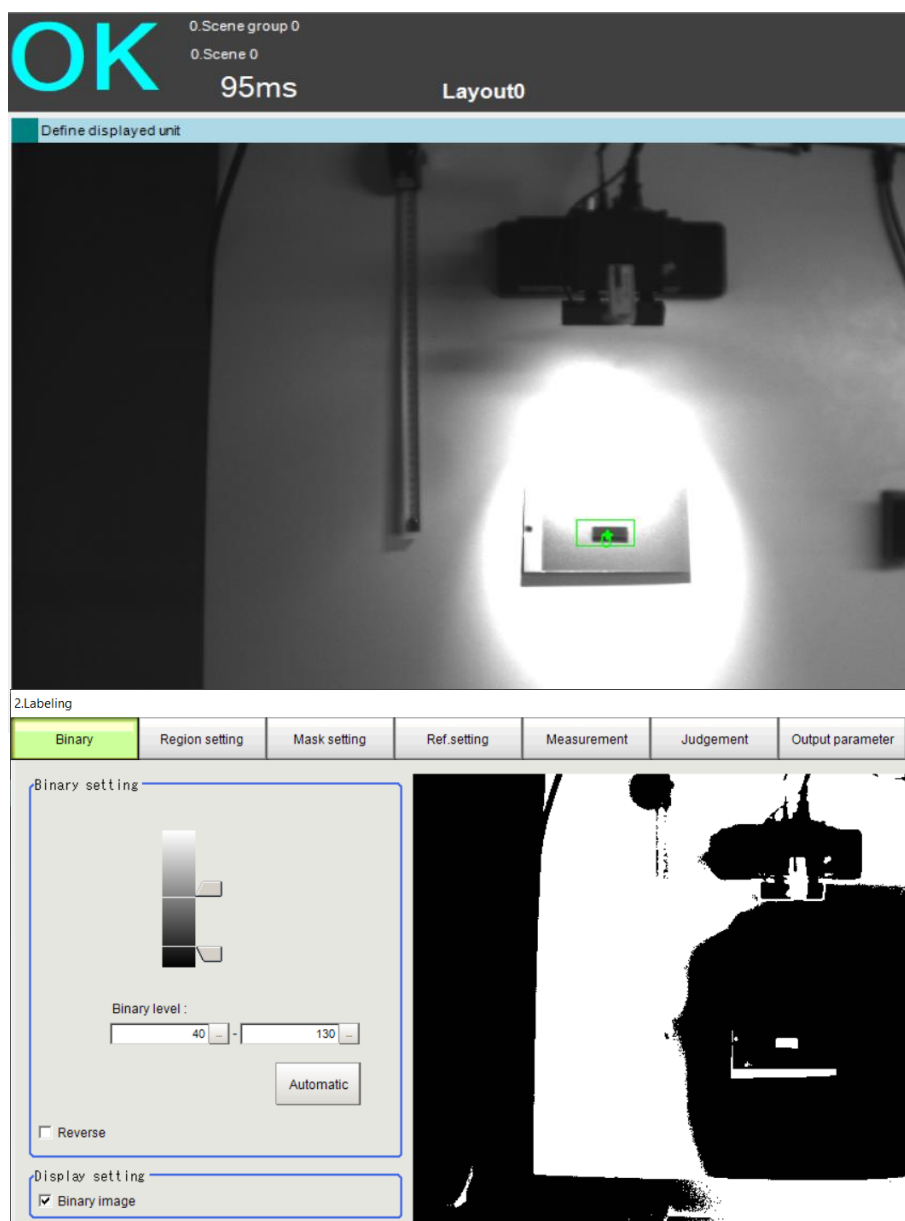
Kuva 17. Pilot-testi obsidianmusta tausta.

Valkoisella taustalla:



Kuva 18. Pilot-testi valkoinen tausta.

Iridiumhopea tausta:



Kuva 19. Pilot-testi iridiumhopea tausta.

Ja lopuksi vielä testauksen alla oli autovariaatioiden loputkin värit, jotka erottuivat IR-valon ansiosta hyvin.

5.2 Konenäkösovelluksen logiikkaohjelma

Kuvien testauksien jälkeen pääsimme pohtimaan logiikka ohjelman rakennetta kokoonpanossa. Lasisolua edeltävällä samaisella pisteellä on myös RFID lukija ja auton kulkiessa tuotantolinjaa pitkin on sen kyljessä erillinen viivakoodi, josta luetaan mikä auto ja varustetaso on kyseessä. Tämän avulla voidaan esimerkiksi antaa robotille tiedot, jotta se asentaa oikean osan paikalleen. Samaista lasisolua edeltävää RFID lukijaa pystyimme myös käyttämään tässä konenäkösovelluksessa, sillä ongelma koski vain tiettyä variaatiota eli panoraamakattoista GLC mallia, ja halusimme tunnistaa koska tämä tietty malli saapui kyseiselle asemalle. Muissa GLC malleissa korokepaloja ei tarvita ja A-sarjassa nämä ovat jo valmiina asennettuna tuulilasiin.

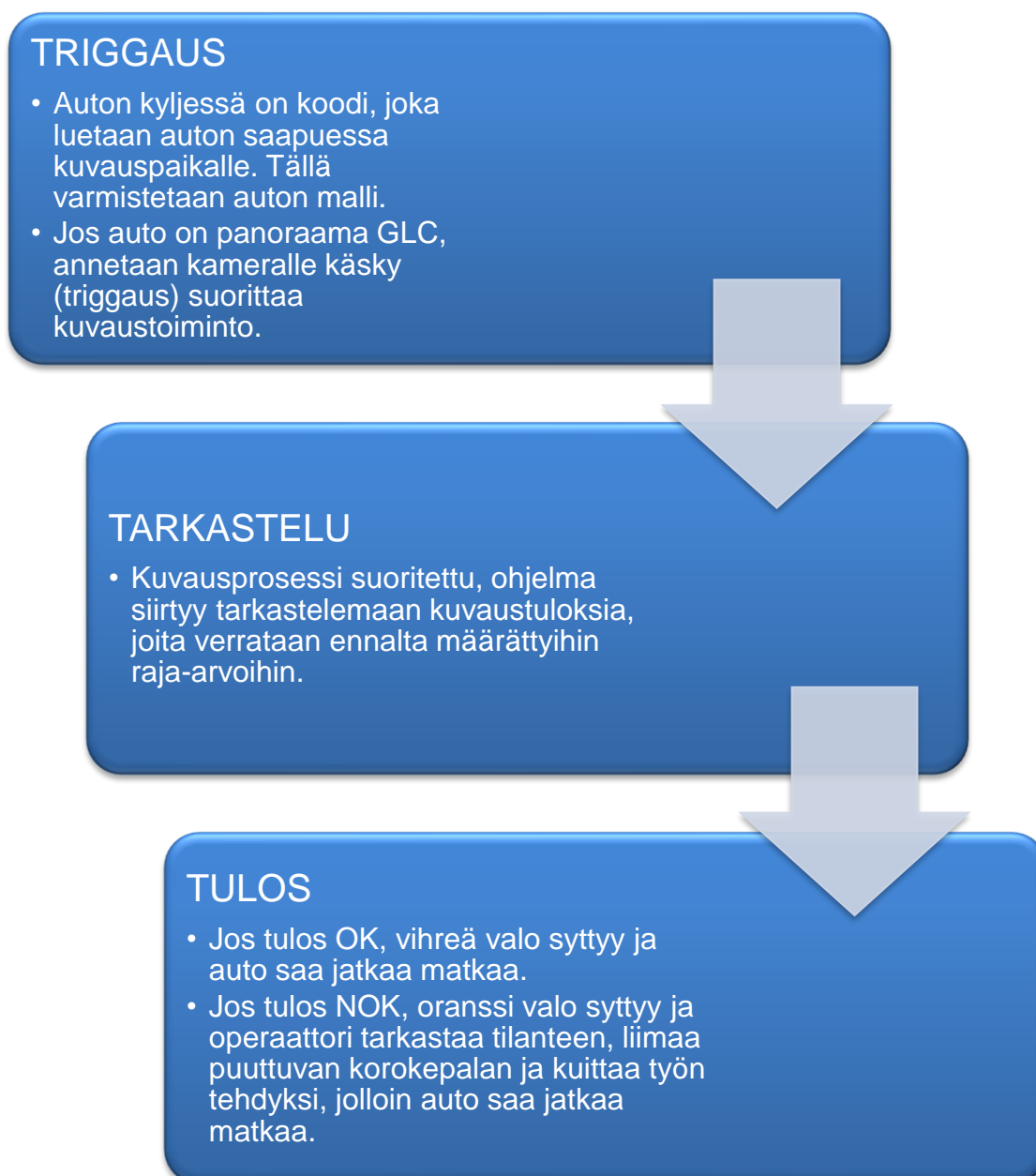
Logiikka ohjelma toimii seuraavalla tavalla:

RFID lukijalla annetaan tieto logiikalle, että panoraama GLC saapuu kuvauspai- kalle. Logiikalta annetaan tieto kameralle kuvausta varten, jolloin kamera suorittaa ohjelmapuun asetuksiensa mukaisesti. Kamera etsii kuvasta neljää koro- kepala ja antaa OK/NOK signaalin takaisin logiikalle lopputuloksen perusteella. Jos neljää korokepala ei löydy on signaali NOK ja oranssi valo syttyy majak- kaan, eikä auto saa jatkaa matkaa seuraavalle työasemalle. Tällöin asentajan tulee tarkastaa tilanne ja asentaa puuttuva korokepala. Tämän suoritettuaan hän kuittaa työn tehdyksi manuaalisesti kuittauspainikkeesta, jonka jälkeen auto saa jatkaa matkaa lasisoluun. Jos tulokseksi saadaan suoraan OK, eli neljä ko- rokepala löytyy, vihreä valo syttyy majakkaan ja auto saa jatkaa suoraan la- sisoluun.

Kommunikointi kameran ja logiikan välillä tapahtuu Ethernet/IP yhteyden avulla, sekä kamera sovellukselle tehtiin myös ohituskeino lasisolun operaattorin kes- kukseen, josta se saadaan kokonaan pois toiminnasta suuremman ongelman sattuessa.

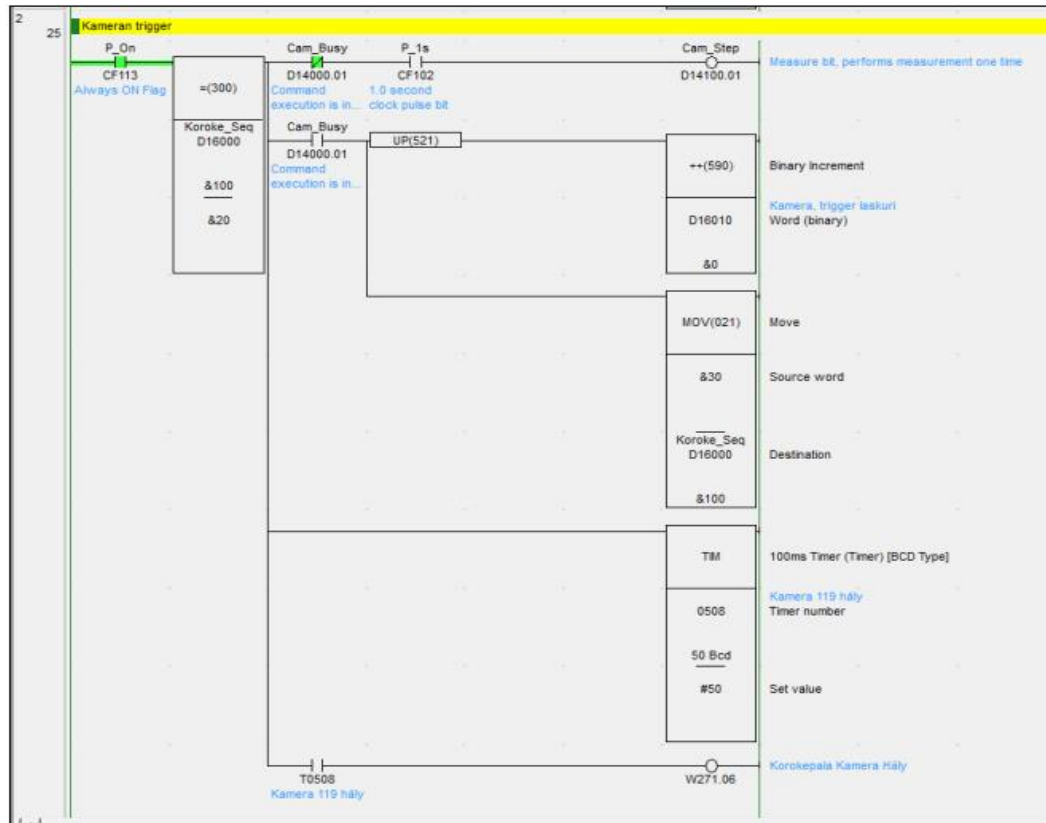
Ohjelmaan liittyvien toimintojen ohella suunnittelimme ja toteutimme kameran ja valojen kiinnitykset ja sovitteet, joihin sain hyvää ja asiantuntevaa apua protopajan asentajiltamme ja kollegoiltani.

Ohjelman toiminta kaaviomuodossa:

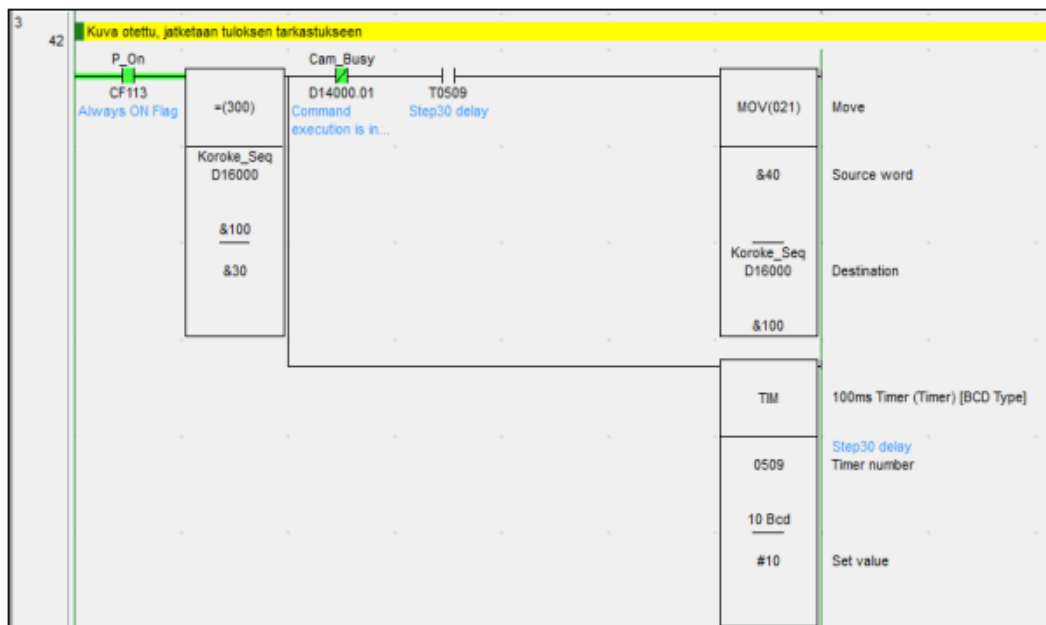


Kuva 20. Ohjelman kuvaus kaaviomuodossa.

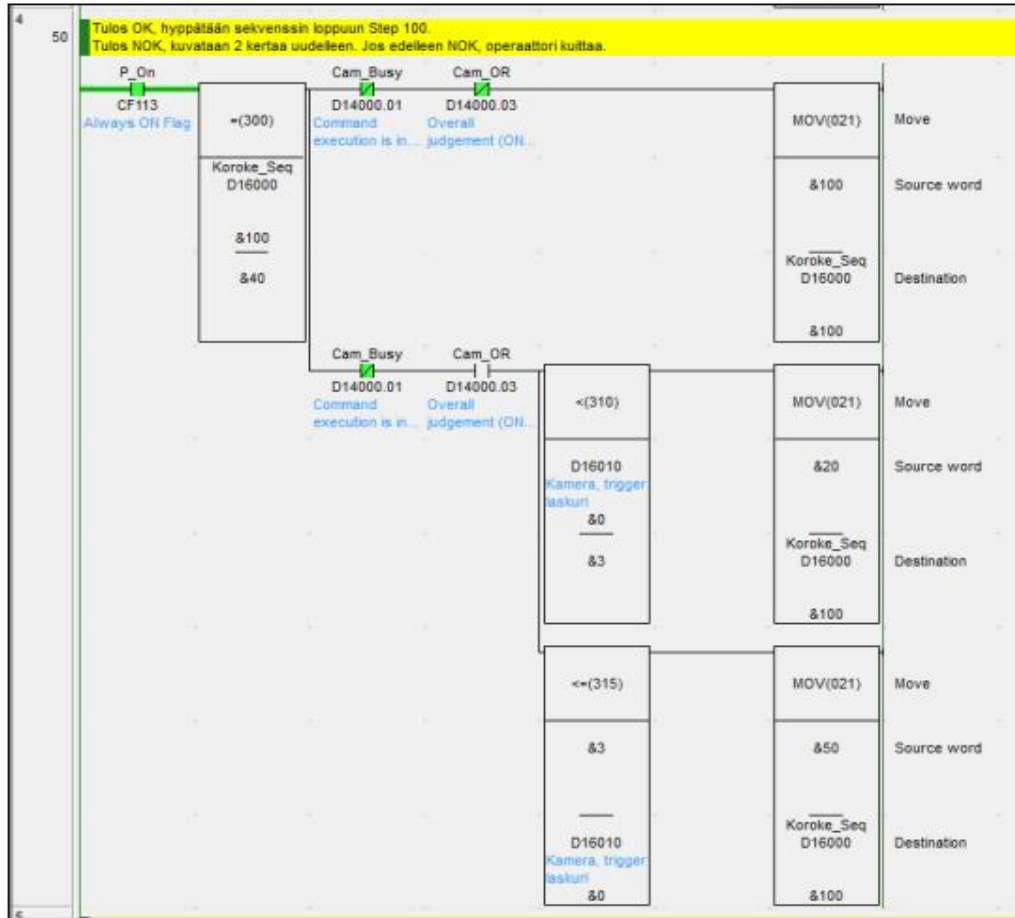
Tarkempia kuvia logiikkaohjelman ja kameran kommunikoinnista:



Kuva 21. Logiikkaohjelman kameran triggauks.



Kuva 22. Logiikkaohjelman kuvan tarkastelu.



Kuva 23. Logiikkaohjelman tarkastelu jatkuu.

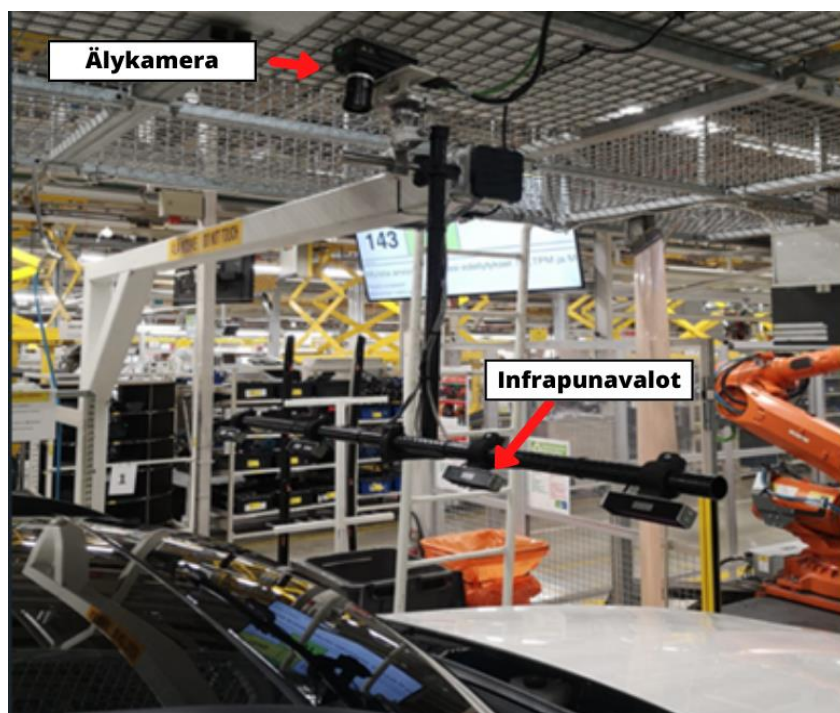
5.3 Konenäköjärjestelmän asennus

Kamerasovelluksen asennus suunniteltiin viikolle 31, jolloin tuotanto ei ole käynnissä lomien ja tasapainotuksien seurauksena. Asennusta varten tehtiin projektisuunnitelma ja aikataulu (liite 1), joiden avulla pyrittiin varmistamaan mutkaton sovelluksen asennus ja käyttöönotto. Tämän suunnitelman osana oli myös riskianalyysi (liite 2) ja sen toimenpiteet.

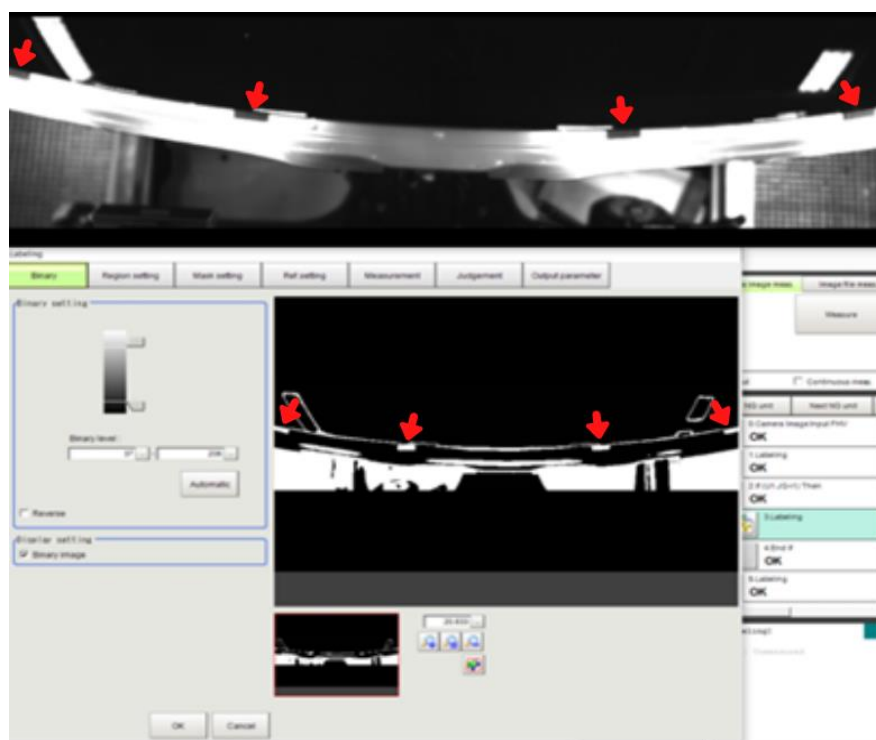
Mekaanisesta ja sähköisistä asennuksista vastasi kunnossapito ja logiikkaohjelmoinnin ja kameran konfigurointiin saimme apua Prodec Automation Oy ja Omron Electronics toimijoilta.

Heti viikon alussa aloitettiin kolme päivää kestävä asennus ja kaapelointi työt. Viikon loppupuolella tehtaalle tulivat Prodec Automation Oy:n ja Omron Electronic Oy:n edustajat, joiden avustuksella pääsimme kokeilemaan sovelluksen toimintaa kokoonpanossa. Auton testikorin saimme tuotantolinjalle maalaamosta ja se mahdollisti toiminnan testauksen itse tuotteella ennen tulevan tuotantoviikon käynnistystä. Tiedossa oli, että väri vaihtelujen vuoksi sovellus ei ollut vielä riittävän tarkka, joten määritimme kameran ohjelmaan hieman suuremmat raja-arvot turhan NOK tuloksen välttämiseksi. Kiireisestä aikataulusta huolimatta saimme sovelluksen viimeistelyä valmiiksi tulevan tuotantoviikon alkuun.

Tuotantoviikon alussa tulimme varmistamaan sovelluksen toiminnan tuotannon alkaessa. Viikon edetessä seurasimme kameran toimintaa ja keräsimme mitaustietoa, jonka avulla saimme säädettyä arvot optimaaliseksi väri vaihtelujenkin kanssa ja kameran huomaamaan mahdolliset asennusvirheet kaikissa tarvittavissa koriväreissä. Asentajat, lasisolun operaattorit ja kunnossapito koulutettiin sovelluksen toimintaan. Operaattorit ja kunnossapito koulutettiin vielä erikseen järjestelmän ennakkohuoltoihin ja varaosien saantiin, jotta ongelman satuttaessa linjalla osattaisiin toimia oikein. Näiden lisäksi sovellukselle tehtiin vielä yleiset toiminta- ja huolto-ohjeet, jotka jaettiin työpisteille ja ne dokumentoitiin tehtaan toimintajärjestelmiin.



Kuva 24. Korokepalakamera sovellus.



Kuva 25. Neljä korokepala havaittu tulos OK.

YHTEENVETO

Toteutus oli kokonaisuudessaan todella mielenkiintoinen ja onnistunut. FHV-sarjan kameroita tai infrapunavaloja ei ole autotehtaalla ennen käytetty, joten sovelluksena tässä löytyi hyvin paljon uutta.

Vastoinkäymisiltä ei vältytty ja niitä oli lähinnä grafiitinharmaan sävyisissä autoissa, koska itse korokepalat olivat myös tumman harmaita. Tämän seurauksena kamera saattoi antaa turhaan NOK tuloksen, vaikka korokepalat oli jo asennettu. Sovellus kuitenkin saatiin usean kuvan analysoinnin ja säätöjen muutoksilla toimivaksi.

Väri vaihtelujen, heijastuksien minimoimisen ja tarkan kuvan saamiseksi valojen asento, sijainti ja ohjelman säädöt tulivat erittäin tutuksi.

Ennen muutosta kuitenkaan puuttuvista korokepaloista johtuvia lasin korjauksia oli vain n. viisi kappaletta neljän kuukauden tarkastelujaksolla. Tämä ei todennäköisesti ole manuaalitarkastuksen ansiota, sillä korokepalan tarkastus on työohjeen mukaan suoritettava korokepalojen asennuksen yhteydessä, eikä sillä ole erillistä tarkastelutoimintoa tulevilla asemilla.

Tämän takia on todennäköistä, että laatuongelmaisia autoja, joista puuttuu korokepaloja, on mennyt myös asiakkaalle asti. Laatuongelman todellinen laajuus vahvistui vasta korokepalakameran asennuksen jälkeen. Asennuksen ja käyttöönoton suorittuamme, teimme neljän päivän tarkastelu jakson, jossa puuttuvia korokepaloja jäi kiinni 1,5kpl vuoroa kohden. Tarkastelujakso oli tarkoituksella lyhyt, sillä asentajat tulevat harjaantumaan kameran aiheuttamaan toimintamuutokseen, jonka vuoksi virheellisten kiinnitysten määrä tulee laskemaan.

Takaisinmaksun kannalta projekti oli hyvin onnistunut. Laskennallisesti pääsimme n. yhden kuukauden takaisinmaksuaikaan vuotuisen euromääräisen säästön ollessa kustannuksien jälkeen n. 140 000 € luokkaa.

Korokepalakameran takaisinmaksu

| Säästöt | | | Kustannukset | | |
|-------------------------------------|-------|-----|---------------------------------------|------|-----|
| Poistuva tarkastustyö TMU / auto | 42 | TMU | Projektointi ja valmistelutyö | 125 | h |
| Korjaushinta / viallinen auto | 246 | € | Komponentit + konfigurointi | 7100 | € |
| Panoraama GLC vol / pv | 150 | kpl | Ohjelmointi, kaapelointi + tarvikkeet | 5106 | € |
| Virheelliset / pv | 3 | kpl | Projektionnin ja valmistelutyön hinta | 50 | €/h |
| Auton valmistuksen tuntihinta | 30 | €/h | | | |
| GLC panoraamallisten määrä vuodessa | 32000 | kpl | | | |
| Työaikäsäästö | 400,0 | €/v | | | |
| Vuotuinen säästö 2-vuorossa | | | (1. vuosi) | | |
| 157840 €/v | | | 18456 €/v | | |

| Takaisinmaksuaika | |
|--------------------|-------------------|
| Säästöt (1. Vuosi) | 139384 €/v |
| Takaisinmaksuaika | 0,1 v |

Lisätietoja

Viallinen auto / vuoro keskiarvo saatu 11.8 - 14.8 tarkastelujaksolla. Tarkastelujakso tarkoituksella lyhyt, sillä asentajat tulevat harjaantumaan konenäkökameran toimintaan pitkällä aikavälillä, jolloin asennusvirheet tulevat laskemaan sen myötä.

Kuva 26. Takaisinmaksulaskelma.

Työ vastasi vahvasti opintoja ja oli sopivan haastava. Pääsin myös näkemään ja tutustumaan hyvin läheltä, miltä automaatiotekniikka ja etenkin konenäkösovellukset palvelevat sarjatuotannossa ja autotehtaassa. Ympäristö ja vankka kollegoiden kokemus antoivat hyvät valmiudet työn toteuttamiseen.

Sovelluksen valmistelu ja uudenlainen infrapuna toteutus toi erinomaiset valmiudet erityisesti kiiltävien kappaleiden pintojen tarkasteluun.

Tulevaisuuden käyttökohteena samankaltaisia sovelluksia voidaan hyödyntää inhimillisen virheen minimointiin, laaduntarkastukseen, kappaleen tunnistamiseen ja paikkatietojen antamiseen toimilaitteille. Yhtenä tulevaisuuden näkymänä tulisi myös olla täysin automatisoitu kokoonpanon asennustyö robotilla konenäön avulla. Konenäön käyttömahdollisuudet tarjoavat tuottavuutta ja laadua parantavia tulevaisuuden ratkaisuja edullisen hinnan ja laajan käytettävyyden myötä.

LÄHTEET

Antti Soini. Konenäkö. Viitattu 12.4.2020
<http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/Konenako.pdf>

Vital Vision www-sivut 2020. Viitattu 27.4.2020.
<https://vitalvisiontechnology.com/machine-vision-lighting/>

Vision-Doctor www-sivut 2020. Viitattu 12.5.2020.
<https://www.vision-doctor.com/en/illumination-techniques.html>

Yle.fi www-sivut 2019. Viitattu 8.5.2020.
<https://yle.fi/uutiset/3-11050822>

Novus Light www-sivut 2020. Viitattu 5.4.2020
https://www.novuslight.com/the-need-for-precision-lighting-control-in-machine-vision_N8017.html

Oulun Yliopisto. Konenäkö Viitattu 13.5.2020.
<https://www oulu.fi/sites/default/files/content/konenako.pdf>

Savon Automaatio www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2020
<https://www.savonautomaatio.fi/palvelut/konenako/>

SAMK www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2020
<https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/viivakamerakuvaus/>

Kamerakoulu www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2020
<https://kamerakoulu.fi/valokuvauksen-perusteet-objektiivit>

Omron FHV7 Älykamera, (Omron www-sivut)
<https://industrial.omron.fi/fi/products/fhv7>

Stemmer Imaging www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2020
<https://www.stemmer-imaging.com/en-fi/knowledge-base/angle-of-illumination/>

SLO Oy www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2020
<https://ideat.slo.fi/konenako-on-ihmissilman-vasymaton-ja-tarkka-jatke/>

Metropolia www-sivut. Viitattu 13.5.2020.
<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Optiikka>

Automation TKK www-sivut. Viitattu 28.10.2020.
http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf

LIITTEET

Liite 1, Projektisuunnitelma

Liite 2, Riskianalyysi

Liite 1, projektisuunnitelma

| | | | | | | | |
|---|---|---|----------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------|
| ✓ | ✦ | Pre tasks | 43 days | Wed 27.5.20 | Fri 24.7.20 | | 100% |
| ✓ | ✦ | Station introduction | 1 day | Mon 16.3.20 | Mon 16.3.20 | AP Tattari | 100% |
| ✓ | ✦ | Mapping out the required components | 1 day | Wed 18.3.20 | Wed 18.3.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Covid 19 layoff | 26 days | Mon 6.4.20 | Mon 11.5.20 | | 100% |
| ✓ | ✦ | Ordering test camera and components | 7 days | Tue 12.5.20 | Wed 20.5.20 | Omron Electronics | 100% |
| ✓ | ✦ | Pilot test | 30 days | Wed 20.5.20 | Tue 30.6.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Making the risk analysis | 1 day | Thu 28.5.20 | Thu 28.5.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Budget layout | 1 day | Wed 27.5.20 | Wed 27.5.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Pre payback calculations and investment plan | 1 day | Wed 27.5.20 | Wed 27.5.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Confirmation for the required funds | 1 day | Mon 15.6.20 | Mon 15.6.20 | Ville Rantala | 100% |
| ✓ | ✦ | Ordering the final camera and components | 30 days | Mon 15.6.20 | Fri 24.7.20 | Zacharias Kettunen, Omron Electronics | 100% |
| ✓ | ✦ | Toteutus | 25 days | Mon 20.7.20 | Fri 21.8.20 | | 100% |
| ✓ | ✦ | Production of the attachment components | 3 days | Mon 20.7.20 | Wed 22.7.20 | Valmet Automotive's proto-tooling | 100% |
| ✓ | ✦ | Machine vision system installation | 3 days | Mon 27.7.20 | Wed 29.7.20 | Sermatech Oy | 100% |
| ✓ | ✦ | System configuration | 1 day | Thu 30.7.20 | Thu 30.7.20 | Zacharias Kettunen, Omron | 100% |
| ✓ | ✦ | PLC programming | 1 day | Thu 30.7.20 | Thu 30.7.20 | Prodec Automatiior | 100% |
| ✓ | ✦ | Test phase | 2 days | Thu 30.7.20 | Fri 31.7.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Ensuring the continuous usage of the machine with the demanded quality | 15 days | Mon 3.8.20 | Fri 21.8.20 | Zacharias Kettunen, Pasi Laukkanen | 100% |
| ✓ | ✦ | Training the key persons and documentation for repair and instructions manual | 1 day | Mon 17.8.20 | Mon 17.8.20 | Zacharias Kettunen | 100% |
| ✓ | ✦ | Final payback calculations | 1 day | Fri 21.8.20 | Fri 21.8.20 | Zacharias Kettunen | 100% |

Liite 2, riskianalyysi.



INTERNAL

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

Form: 1456 FMEA p10/15.01.2016

Project: Machine vision system for windshield fitting pieces Rev.: _____ FMEA Number: _____
 Item: ME GA process changes Process Responsibility: Zacharias Kettunen Prepared by: Zacharias Kettunen
 Model Year(s)/Vehicle(s) _____ Key Date: 31.7.2020 Date (Orig) 31.7.2020
 Core Team: Zacharias Kettunen, Pasi Laukkanen, A-P Tattari Date (Rev.) 21.8.2020

| RISK IDENTIFICATION AND EVALUATION | | | | | CORRECTIVE ACTIONS WITH ESTIMATED EFFECT | | | | | IMPLEMENTED ACTIONS AND RESULTS | | | | | | | |
|------------------------------------|--|--|-------|--|--|-------|---|-------|-------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------|---|----------------|--|--|--|
| Process number | Process Function/ Requirements | Potential Failure Mode (identified risk) | S e v | Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure | O c c | R P N | Corrective Action | S e v | O c c | R P N | Responsibility | Target Date | Actions Taken | Effective Date | | | |
| 1 | Maintaining the preplanned schedule | Project will be delayed | 3 | Missing machinery parts | 1 | 3 | Necessary parts and components will be pre-ordered. | 3 | 1 | 3 | Zacharias Kettunen | 22.6.2020 | Necessary parts and components was pre-ordered | 22.6.2020 | | | |
| | | | | Key persons are unable to attend the process | 1 | 3 | Strict project schedule accepted by all key persons | 3 | 1 | 3 | Zacharias Kettunen | 22.6.2020 | Confirmation had from all key persons | 22.6.2020 | | | |
| | | | | General production not going to halt in time | 1 | 3 | Not totally unavoidable. Deadline is flexible and contains the possibility for extra working week | 3 | 1 | 3 | Zacharias Kettunen | 27.7.2020 | Followed up on managers to get latest update of the production halt | 27.7.2020 | | | |
| | | | | Project needs extra funding to get done | 1 | 1 | Flexible budget with +2000e upper limit. All necessary work phases has to be counted before hand | 1 | 1 | 1 | Zacharias Kettunen | 22.6.2020 | Investment calculation made based on a flexible structure | 22.6.2020 | | | |
| | | | | Key persons get injured during the machine vision system installation | 1 | 4 | Usage of professional assemblers and have a back up connections if needed. | 4 | 1 | 4 | Zacharias Kettunen | 27.7.2020 | Responsibility person had gathered necessary contacts to get help from, if a injury would have been | 27.7.2020 | | | |
| 2 | Maintaining the stations preplanned functionality after the modification | Station not working as designed after the modification | 3 | Work quality decreases after the modification | 1 | 3 | Machine vision system is installed into a place that won't harm the stations functionality. Team leaders and assemblers are briefed of why this system was made | 3 | 1 | 3 | Zacharias Kettunen | 3.8.2020 | Machine vision system is installed to planned place and necessary persons are briefed on the quality benefits that the system brings to their production line | 3.8.2020 | | | |
| | | | | Camera is unable to detect the fitting pieces and stops the car movement without a valid reason. | 2 | 4 | Experimental car chassis has been orderd to be used on testing days for us to determinate the camera settings before the actual production launch | 2 | 2 | 4 | Zacharias Kettunen, Petri Pitkälä | 30.7.2020 | Testing days are completed with GLC test chassis and adapting has been completed based on the production results | 30.7.2020 | | | |