

Laadunvalvontajärjestelmän siirto ja käyttöönotto

Samuli Relander

Opinnäytetyö

Tammikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Relander, Samuli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Tammikuu 2018
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Laadunvalvontajärjestelmän siirto ja käyttöönotto		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen, Harri Peuranen		
Toimeksiantaja(t) Salainen		
Tiivistelmä <p>Toimeksiantajan tuotantotiloihin oli hankittu vuonna 2008 konenäköön perustuva laadunvalvontajärjestelmä. Järjestelmällä valvottiin elintarviketuotteen valumuotin muodostusta, ja estettiin virheelliseen muottiin valaminen. Tuotantolinjalla, johon järjestelmä oli asennettu, lopetettiin tuotanto noin muutama vuosi ennen työn aloittamista. Järjestelmä haluttiin siirtää ja ottaa uudelleen käyttöön toisella tuotantolinjalla.</p> <p>Toimeksiantona oli toimia sähkö- ja automaatiosuunnittelijana järjestelmän siirtotyössä. Mekaaninen suunnittelu ja projektiin liittyvät asennukset rajattiin pois toimeksiannosta. Käyttöönottoon kuului SFS 6000 mukainen käyttöönottotarkastus. Suunnittelijana tehtäviini kuului myös laitteiston käyttämisen turvallisuudesta huolehtiminen osana projektiryhmää.</p> <p>Järjestelmän toiminnasta kerättiin tarvittavat tiedot sen siirtämistä varten. Olemassa olevaa asennusdokumentaatiota muokattiin niiltä osin, kun muutoksia tehtiin. Järjestelmään kuuluvien ohjelmoitavien yksiköiden sovelluksia muokattiin niiden soveltamiseksi uuden asennuskohteen ominaisuuksiin.</p> <p>Laadunvalvontajärjestelmä saatiin siirrettyä haluttuun kohteeseen pienin puuttein. Uuteen asennuskohteeseen tehtiin vaaran tunnistaminen ja riskiarviointi niiltä osin, kuin asennettu laadunvalvontajärjestelmä vaikuttaa kohteen turvallisuuteen. Jatkokehitystoimenpiteitä huomioitiin järjestelmän saattamiseksi toimivaksi kokonaisuudeksi uudessa asennuskohteessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Laadunvalvonta, konenäkö, käyttöönotto, teollisuusautomaatio		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet) Liitteet 1, 2, 3, 4, 6, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 ja 22 ovat salassa pidettäviä, joten ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 29.9.2022.		

Author(s) Relander, Samuli	Type of publication Bachelor's thesis	Date January 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: X
Title of publication Transfer and deployment of quality inspection system		
Degree programme Bachelor's degree in automation engineering		
Supervisor(s) Veli-Matti Häkkinen, Harri Peuranen		
Assigned by Confidential		
Abstract <p>In 2008, the production facility had acquired machine vision based quality inspection system. The system supervised correct formation of the casting mold for the food product and prevented casting of the product in defective mold. Production was stopped on the production line on which the system was installed some or two years before the start of work. The system was to be moved and redeployed on another production line.</p> <p>The assignment was to work as an electrical and automation planner for re-installation of the system in target production line. Mechanical design and project-related installations were excluded from the assignment. The assignment included a commissioning check in accordance with SFS 6000. As a designer, I was also responsible for ensuring the safety of using the equipment as a part of the project team.</p> <p>The information needed for the transfer of the system was collected. Existing installation documentation was edited as changes were made. The applications of the programmable units belonging to the system were adapted to match the properties of the new installation.</p> <p>The quality inspection system was moved to the desired target position with the slightest deficiencies. The new installation site was subjected to hazard identification and risk assessment to the extent that the installed quality inspection system affects the safety of the item. Improvement tasks were written down for client to make the system fully functional in new installation.</p>		
Keywords/tags (subjects) Quality inspection, machine vision, deployment, factory automation		
Miscellaneous (Confidential information) Attachments 1, 2, 3, 4, 6, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 and 22 are confidential, and therefore have been removed from the report to be published. Confidentiality is based on the Finnish law of publicity 621/1999 24§, section 17, business or professional secret of company. Period of Confidentiality Five (5) years, confidentiality ends in 29.09.2022		

Sisältö

Käsitteet	5
1 Johdanto	6
2 Konenäkö elintarviketeollisuudessa	7
3 Sähköalan standardisointi	8
3.1 Standardisointi yleisesti.....	8
3.2 Räjähdyksvaarallisuus	9
3.3 Käyttöönottotarkastukset	10
3.4 Asennukset	12
4 Laadunvalvontajärjestelmässä käytettävät laitteet	13
4.1 SICK IVC-3D11111 konenäkökamera.....	13
4.2 SICK DT20-P224B etäisyysanturi	13
4.3 SICK DKS40-E5J01024 inkrementaalinen pulssianturi.....	14
4.4 Omron logiikka	14
4.5 Omron NS8-TV01-V1 kosketusnäyttöpaneeli	15
5 Laadunvalvontajärjestelmän siirtämisen suunnittelu	17
5.1 Toimintojen selvitys ja projektin aloitus	17
5.2 Komponenttien valinta.....	18
5.3 Mitoitukset	20
5.4 Dokumentaatio.....	25
5.5 Asennukset	27
5.6 Ohjelmointi.....	28
5.7 Ohjauspaneelin parametrien asettelu	54

6	Asennuksien turvallisuus	56
7	Tulokset	58
8	Pohdinta.....	58
	8.1 Luotettavuus.....	60
	8.2 Kehityskohteet.....	60
	Lähteet	63
	Liitteet.....	65
	Liite 1. Laadunvalvontajärjestelmän sähkökuvat (salainen)	65
	Liite 2. Laadunvalvontajärjestelmän sähkökeskus (salainen)	75
	Liite 3. Laadunvalvontajärjestelmän kuvauspaikka (salainen).....	76
	Liite 4. Laadunvalvontajärjestelmän kuvauspaikka eri suunnalta (salainen)..	77
	Liite 5. Laadunvalvontajärjestelmän osalista	78
	Liite 6. Laadunvalvontajärjestelmälle suunniteltu kuvauspaikka (salainen)..	79
	Liite 7. Kameran tekniset mitat	80
	Liite 8. Kameran laserluokitus	81
	Liite 9. Laadunvalvontajärjestelmän toimintakuvaus	82
	Liite 10. Laadunvalvontajärjestelmän päivitetyt sähkökuvat (salainen)	84
	Liite 11. Laadunvalvontajärjestelmän kaapeliluettelo	94
	Liite 12. Kaapelimerkinnot	95
	Liite 13. Kameran IP-osoite logiikkasovelluksessa.....	96
	Liite 14. Verkkolaitteen DIP-kytkimet.....	97
	Liite 15. Ensimmäinen testikuva (salainen)	98
	Liite 16. Valukuvion silmämääräinen tarkastus (salainen)	99
	Liite 17. Mittauspöytäkirja: Pulssianturin lukema (salainen)	100
	Liite 18. Mittauspöytäkirja: Pulssitaajuus (salainen)	101
	Liite 19. Testikuva kameran siirron jälkeen (salainen)	102

Liite 20.	Muottilaudan reunojen suunnat kuvauspaikalla (salainen)	103
Liite 21.	Onnistunut testikuva (salainen).....	104
Liite 22.	Kameran viivalaserin kohdistus (salainen).....	105
Liite 23.	Laadunvalvontajärjestelmän käyttöönottotarkastus	106
Liite 24.	Laadunvalvontajärjestelmän vaarojen tunnistaminen	107
Liite 25.	Laadunvalvontajärjestelmän riskiarviointi.....	111

Kuviot

Kuvio 1.	Sick IVC-3D11111 konenäkökamera	13
Kuvio 2.	DT20-P224B etäisyysanturi	13
Kuvio 3.	DKS40-E5J01024 pulssianturi	14
Kuvio 4.	Logiikka	15
Kuvio 5.	Kosketusnäyttöpaneeli edestä	16
Kuvio 6.	Logiikoiden valmistuksen jatkumattomuus	19
Kuvio 7.	Kameran asennuksen periaatekuva sivusta	20
Kuvio 8.	Kameran näkökenttä	21
Kuvio 9.	Mitat sovellettuna laadunvalvontajärjestelmään	22
Kuvio 10.	Vaihdelaatikon akseli.....	24
Kuvio 11.	Valumuotin liikkeen kuvauspaikalla aikaansaava mekaniikka	25
Kuvio 12.	Vikailmoitus yhteensopimattomasta ohjelmistoversiosta.....	29
Kuvio 13.	Siirtyminen verkkomäärityistä logiikan ohjelmointiohjelmistoon.....	30
Kuvio 14.	IP-asetukset paneelilla	31
Kuvio 15.	Logiikan IP.....	32
Kuvio 16.	Kamera IVC Studion laitenäkymässä	32
Kuvio 17.	Device configuration ikkuna.....	33
Kuvio 18.	Kameran IP asettelu	33
Kuvio 19.	Sovelluksen lataaminen laitteelta työasemalle muokattavaksi	34
Kuvio 20.	Tuotavan sovelluksen valinta Flash-muistipaikoista	35
Kuvio 21.	Sovellus ja taulukko tuotu ohjelmaan	35
Kuvio 22.	Taulukon tuominen IVC Studioon työaseman muistista.....	36
Kuvio 23.	IVC Studion ohjelmointinäkyvä	36

Kuvio 24. Konenäköfunktioiden muokkausnäkyminen.....	37
Kuvio 25. Kuvausasetukset IVC Studiassa	38
Kuvio 26. Kuvausasetukset Advanced-välilehdellä IVC Studiassa.....	39
Kuvio 27. Askeleen salliminen ja estäminen IVC Studiassa	40
Kuvio 28. Ohjelmallisäys pulssimäärän selvittämiseksi	41
Kuvio 29. Laskurikortin asetukset	44
Kuvio 30. Kuvausasetusten Basic sivu	47
Kuvio 31. Kuvausasetusten Advanced sivu	47
Kuvio 32. Sovelluksen vieminen työasemalle	48
Kuvio 33. Laudat paneelilla	49
Kuvio 34. Lauta IVC Studion live näkymässä	50
Kuvio 35. Valokennon ohjauksen muutos 1.....	51
Kuvio 36. Valokennon ohjauksen muutos 2.....	51
Kuvio 37. Virheellinen asennus	52
Kuvio 38. Muottialueen tutkinnan korkeuden raja arvon muutos	53
Kuvio 39. Valunesto.....	54
Kuvio 40. Kameran parametrit aikaisemmassa asennuksessa (Advanced)	55
Kuvio 41. Luokan 2 laser -varoituserkintä.....	57
Kuvio 42. Valunesto laadunvalvontajärjestelmässä.....	61

Taulukot

Taulukko 1. Standardointiorganisaatiot.....	8
---	---

Käsitteet

3D-Kamera	Kameralaitte, joka pystyy omalla kuvaustekniikallaan muodostamaan 3D-kuvan kohteesta. Tehdasautomaatiossa käytetään laitteita, jotka sisältävät viivalaserin ja kamerasen. Laite kuvaa viivalaserin poikkeamaa tietyssä kulmassa. Kuvakohteen liikkua otetaan useampi profiili, joista muodostetaan kokonaiskuva. Tällainen kamera ei huomioi kohteen värejä vaan pelkästään muotoa.
CX-One	Omron laitevalmistajan ohjelmistopaketti, johon kuuluu monenlaisia ohjelmistoja tehdasautomaatiolaitteiden ohjelmointiin ja konfigurointiin.
Inkrementaalinen pulssianturi	Anturi, jota voidaan käyttää akselin pyörimisnopeuden ja -suunnan sekä kierrosten laskemiseen. Inkrementaalisuus tarkoittaa, että anturi lähettää aina yhden pulssin, kun akseli kääntyy tarpeeksi asteissa. Pulssimäärä kierrosta kohden määräytyy anturin rakenteesta.
Konenäköjärjestelmä	Yleensä ohjelmitavaan logiikkaan yhdistetty kamera, jonka kuvaan tehdään mittauksia ja mittausten perusteella suoritetaan laitteiden ohjaus
Laservalo	Valoa, jossa kaikki valoallot ovat saman pituisia ja värähtelevät samalla taajuudella samassa suunnassa. Laservalo voi olla ihmisen silmille näkyvää tai näkymätöntä.
PLC	Lyhenne tulee sanoista Programmable Logic Controller, suomeksi ohjelmitava logiikka. Tietokone jota käytetään tehdasautomaatiolaitteiden reaaliaikaiseen ohjaamiseen. Koostuu usein keskusyksiköstä, tehonlähteestä sekä tulo- ja lähtökorteista.
SFS 6000	Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n laatima standardisarja, joka sisältää ohjeet ja suositukset Suomessa tehtäville pienjännitesähköasennusten suunnittelulle ja toteutukselle. Näitä noudattamalla noudatetaan myös Suomen lakeja ja asetuksia.
Siirtorekisteri	Eräs tiedon käsittelyssä käytetty funktio. Suoritettaessa siirtää monialkioisessa tietopankissa jokaista tietoa määrättyyn suuntaan muuttamatta tiedon sisältöä.

1 Johdanto

Elintarviketeollisuudessa halutaan panostaa tuotteen laatuun. Työn toimeksiantajalla tämä tarve konkretisoitui aikaisemmin tuotantolinjalle rakennettuun konenäköjärjestelmään, jonka tehtävänä oli valvoa tuotteen valulaudan valukuvion laatua ja estää tuotteen valaminen huonosti muodostuneeseen valukuvioon. Valettavat tuotteet olivat pienehköjä ja niitä valettiin useampia samalle valulaudalle. Mikäli tuotteen valukuvio oli epämuodostunut, niin tuote saattoi koostua valettaessa isommaksi epämuodostuneeksi kappaleeksi, joka sitten tulisi päätymään myyntikelvottomana hävitettäväksi tai kierrätettäväksi.

Toimeksiantajan tehtaalla sijaitsevalla tuotantolinjalla, jolla työn kohteena ollut konenäköjärjestelmä sijaitsi, oli lopetettu tuotanto noin kaksi vuotta sitten eikä sitä voitu enää käynnistää. Konenäköjärjestelmään oli käytetty yrityksen rahaa, ja sen tuotto haluttiin maksimoida siirtämällä järjestelmä ja ottamalla se uudelleen käyttöön.

Tämän opinnäytetyön lopputulokseksi haluttiin toimiva konenäköjärjestelmä siirrettynä uuteen kohteeseen. Järjestelmän dokumentaatiota ja ohjelmoitavien laitteiden sovelluksia haluttiin päivittää samalla tarvittavien muutosten osalta. Järjestelmän tuli toimia samalla tavalla kuin se oli toiminut alkuperäisessä asennuksessa.

Työn toteutus oli käytännönläheistä projektiin osallistumista asiantuntijana ja suunnittelijana. Työ vaati aktiivista teknisten ongelmien paikantamista ja ratkaisua. Suunnittelijana laitteiston siirtämisprojektissa tuli osata kommunikoida hyvin asentajien kanssa tiedon siirtämiseksi oikealla tavalla. Kokonaisuutena opinnäytetyö oli työelämän kehitysprojekti.

Tietoa kerättiin järjestelmän aikaisemmasta asennuksesta, järjestelmän ohjelmoitavien laitteiden sovelluksista, vanhoista sähköasennusdokumenteista, toimeksiantajan työntekijöiltä, sähköalan standardeista, osien toimittajalta sekä järjestelmän osien valmistajien ilmoittamista tiedoista. Tiedonkeruuseen käytettiin aistinvaraisia tarkastusmenetelmiä, verbaalista viestintää kasvotusten sekä puhelimen välityksellä, säh-

köpostia, fyysistä mittaamista sekä dokumenttien ja ohjelmoitavien sovellusten tarkastelua. Siirtämistyön onnistuneisuutta mitattiin sähkötöihin normaalisti liittyvällä käyttöönottotarkastuksella sekä toiminnan testaamisella.

Työn toimeksiantajana toimi suomalainen elintarviketuotteita valmistava yritys. Toimeksiantajan salassapitolinjauksen vuoksi ei mainita yrityksen nimeä, sen työntekijöiden nimiä, asemaa, eikä myöskään yrityksen sijaintia. Työ tehtiin toimeksiantajayrityksen tehtaan tiloissa.

2 Konenäkö elintarviketeollisuudessa

Elintarviketeollisuudessa pyritään varmistamaan tuotteiden laatu ennen kuin tuotteet päätyvät asiakkaille. Tällä menettelytavalla vältetään tuoterekламаatioilta ja pidetään yllä luotettavan valmistajan imagoa. Laadun tarkastuksessa huomataan yleensä myös vierasesineet valmistettujen tuotteiden seassa ja pystytään erottamaan ne tuotemassasta.

Elintarviketeollisuudessa tuotteiden laatua valvotaan ottamalla laboratorionäytteitä, tarkastamalla visuaalisesti sekä maistamalla. Visuaalinen tarkastus voidaan tehdä kaikille tuotteille, mutta näytteeksi otetaan vain pieni osa tuotevirrasta määrätyin aikaväleihin. Näytetuotteet ja maistetut tuotteet eivät välttämättä päädy enää asiakkaalle johtuen näytekappaleena olleen tuotteen mahdollisesta muodon tai koostumuksen muutoksesta. Testien perusteella voidaan erottaa vialliset tuotteet, muokata valmistusreseptiä tai korjata viat prosessissa.

Nykyaikana on yleistynyt tuotteiden automaattinen visuaalinen tarkastus konenäöllä. Tämä tarkoittaa, että jokaisesta tuotteesta otetaan kuva, jolle tehdään automaatio-sovelluksessa määritellyt mittaukset, ja tulosten perusteella tuote voidaan esimerkiksi ohjata hävitettäväksi taikka tuotantolinjalla eteenpäin pakattavaksi. Pakkauksen valintaankin voidaan käyttää konenäköä.

Konenäköpohjainen 3D-mittaaminen voisi olla mielekästä ns. luonnollisen muotoisten tuotteiden pakkausvaiheessa. Konenäöllä tehty 3D-mittaus ei edellytä tuotteen pysäyttämistä, vaan mittaus voidaan tehdä "lennosta". Jos tuotteen 3D-muoto tunnetaan, saadaan tuotteelle määritettyä massa 3D-muodosta määritetyn tilavuuden ja ennalta tunnetun tiheyden avulla. Tämän teknologian avulla voitaisiin tehdä tuotteen

*massaan ja muotoon perustuvaa pakkausta automaattisesti.
(Pikkarainen 2004)*

3 Sähköalan standardisointi

3.1 Standardisointi yleisesti

Suuret sähkölaitteet ja muut koneet tuovat mukanaan turvallisuusriskejä. Koneiden kanssa työskentelevien turvallisuutta varjellaan tunnistamalla riskintekijä ja sen jälkeen määrittelemällä laitteen rakenteelle, työmenetelmälle taikka ympäristölle omat turvallisuustasonsa, jotta riskit tiedostetaan tulevaisuudessa ja voidaan välttyä tapaturmilta.

Sähköalan asennukset, laitteistot ja työmenetelmät ovat pitkälle standardisoituja. Tämä auttaa saavuttamaan tarvittun turvallisuustason loppukäyttäjälle sekä varmistamaan erilaisten laitteiden välisen tiedonsiirron yhteensopivuus. Standardit kategorisoivat tehdasautomaatiolaitteistoja niiden ominaisuuksien perusteella, mikä edesauttaa erilaisten toimintojen ymmärtämistä järjestelmän kokoonpanijan näkökulmasta.

Maailmassa on monia standardisointijärjestöjä. Kansainvälinen kattojärjestö on International Organization for Standardization (ISO). Taulukossa 1. esitetään Standardisointiorganisaatioiden rakennetta Suomen näkökulmasta perustuen SESKO ry:n sähköalan standardien hankintaohjeeseen.

Taulukko 1. Standardisointiorganisaatiot (Vesa 2015, 2)

	Yleinen	Sähkötekniikka	Televiestintä
Maailma	ISO	IEC	ITU
Eurooppa	CEN	CENELEC	ETSI
Suomi	SFS	SESKO	Viestivirasto

Taulukossa 1 esitetyt yleiset standardisointiliitot laativat standardeja kaikille aloille. SFS esimerkiksi laatii standardeja Suomen kansallisella tasolla muun muassa fysiikan, matematiikan, tietoliikenteen, mekaniikan ja puuteollisuuden aloille (Standardit ja julkaisut N.d.). Taulukossa 1 esitetyt sähkötekniikan standardisointijärjestöt keskittyvät vain sähköalalle tärkeisiin standardeihin. Yhteistyötä tehdään kuitenkin lähimpien standardisointijärjestöjen välillä.

ISO on itsenäinen, kansainvälinen järjestö, jonka jäsenenä on 162 kansallista standardielintä. Sen tehtävä on tuoda yhteen asiantuntijoita luomaan yhteisymmärrykseen perustuvia, markkinoille merkityksellisiä kansainvälisiä standardeja tukemaan innovaatioita ja luomaan ratkaisuja maailmanlaajuisiin haasteisiin. Tiivistettynä ISO siis luo standardeja maailmanlaajuisesti eri toimialoille sovellettaviksi. SFS on vastaavaanlainen yleisten standardien luoja Suomen kansallisella tasolla. (About ISO n.d.)

Sesko ry on Suomen sähköalan standardointijärjestö. Se edustaa Suomea sähköalan kansainvälisellä (IEC) ja eurooppalaisella (CENELEC) tasolla sekä osallistuu sertifiointijärjestelmiin. Sesko ry:n palvelulupaukseen kuuluu muun muassa varmistaa virheettömien ja alkuperäisiä esikuvia vastaavien sekä tarvittaessa suomalaiset olosuhteet huomioonottavien standardien tuottaminen käyttäjille. (Tehtävät n.d.)

3.2 Räjähdyksivaarallisuus

Standardi SFS-EN 1127-1:2011 käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen määrittelyä ja tarpeellisen suojautumisen periaatteita. Dokumentti kuuluu standardisarjaan, joka on luotu auttamaan suunnittelijoita, valmistajia ja muita kiinnostuneita tahoja tulkitsemaan oleellisia turvallisuusvaatimuksia eurooppalaisen lainsäädännön yhdenmukaistamiseksi. Kyseessä olevan standardin on laatinut CEN opastamaan räjähdysten estossa ja suojauksessa, koska räjähdyksistä johtuvat vaarat on standardin EN-ISO 12100 mukaisesti otettava huomioon. (SFS-EN 1127-1:2011, 8)

Standardin mukaan räjähdyksiä voivat aiheuttaa laitteiden, suojausjärjestelmien ja komponenttien:

- a) tuottamat tai käyttämät materiaalit
- b) käytöstä aiheutuneet päästöt

- c) läheisyydessä olevat materiaalit
- d) rakennemateriaalit.

(SFS-EN 1127-1:2011, 8)

Standardin SFS-EN 1127-1:2011 mukaan riskien arviointi on tehtävä tapauskohtaisesti standardien EN ISO 10100 ja/tai EN 15198 mukaisesti, ellei muita standardeja voida todeta tapaukseen paremmin soveltuviksi. Standardin mukaiseen riskien arviointiin kuuluu:

- a) räjähdysvaarojen tunnistaminen ja vaaraa aiheuttavan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistodennäköisyyden määrittäminen
- b) syttymisvaarojen tunnistaminen ja mahdollisten syttymislähteiden esiintymistodennäköisyyden määrittäminen
- c) syttymisen aiheuttaman räjähdysten mahdollisten vaikutusten arviointi
- d) riskin sekä suojauksen tavoitetason saavuttamisen arviointi
- e) riskin pienentämistoimenpiteiden huomioiminen.

(SFS-EN 1127-1:2011, 14)

3.3 Käyttöönottotarkastukset

Standardissa SFS 6000-6:2017 esitellään pienjännitesähköasennusten käyttöönottotarkastuksessa tehtäväksi määrätyt mittaukset ja tarkastukset. Kyseinen SFS-standardi perustuu eurooppalaisia sähköstandardeja säätelevän CENELEC:n yhdenmukaistamisasiakirjaan CENELEC HD 60364-6: 2016. Standardin kohdan 6.4. mukaan tehdyllä käyttöönottotarkastuksella varmistetaan kytkennän täyttävän säädösten mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Standardissa määritelty käyttöönottotarkastus tulee tehdä, ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen korjaus, muutos tai laajennus otetaan käyttöön. (SFS 6000-6:2017, 5)

Kohdassa 6.3 määritellään standardissa käytettyjä termejä. Kohdassa 6.4 taas esitetään vaatimukset itse tarkastukselle. Standardissa viitataan Suomen sähköturvallisuuslain 1135/2016 pykälään 43§, jossa määritellään sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksen vaatimukset. Käyttöönottotarkastuksesta määritellään yleisesti SFS 6000-6:2017 kohdan 6.4 mukaan seuraavaa:

- Kohdassa 514.5 vaaditut dokumentit ja muut tarpeelliset tiedot on annettava käyttöönottotarkastusta suorittavien henkilöiden käyttöön.
- Käyttöönottotarkastukseen pitää sisältyä tarkastuksen tuloksen ja vaatimuksen välinen vertailu, jolla vahvistetaan, että SFS 6000 standardisarjan eri osien vaatimukset täyttyvät.

- *Tarkastus on suoritettava siten, että se ei aiheuta vaaraa henkilöille tai kotieläimille eikä vahingoita omaisuutta ja laitteita, vaikka tarkastettava piiri olisi viallinen.*
- *Kun olemassa olevaa asennusta korjataan, muutetaan tai laajennetaan, on todettava, että korjaus, muutos tai laajennus on vaatimusten mukainen ja se ei heikennä olemassa olevan asennuksen turvallisuutta.*
- *Tarkastuksen suorittajan pitää olla sähköalan ammattihenkilö ja pätevä tekemään tarkastuksia*

(SFS 6000-6:2017, 6-7)

Standardissa SFS 6000-6:2017 määritellään tehtäväksi aistinvarainen tarkastus kohdan 6.4.2 mukaan. Kohdassa määrätään aistinvarainen tarkastus yleensä tehtäväksi ennen testauksia niin, että koko asennus on jännitteetön. Standardin mukaan on tarkastettava, että kiinteän asennuksen osana olevat sähkölaitteet:

- *ovat asianmukaisten laitestandardien turvallisuusvaatimusten mukaisia*
- *ovat sekä standardisarjan SFS 6000 vaatimusten, että valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja*
- *eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita*

(SFS 6000-6:2017, 7).

Standardin SFS 6000-6:2017 kohdassa 6.4.2.3 määrätään aistinvaraiseen tarkastukseen sisältyvän vähintään seuraavien kohtien tarkistaminen, silloin kun ne ovat aiheellisia:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät*
- palosuojuksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet*
- johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta*
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus*
- sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu*
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus*
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan*
- nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuks*
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo*
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus*
- kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus*
- maadoituskytkentöjen suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus*
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila*
- sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet*
- jännitteelle alttiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään*
- johtojärjestelmien valinta ja asentaminen*
- yksivaiheisten kykinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lamppunpitimen kantaosaan*

Standardissa myöskin määrätään aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluvaksi kaikki eri-koistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. (SFS 6000-6:2017, 8)

Standardin SFS 6000-6:2017 kohdassa 6.4.3 kuvataan järjestelmälle tehtäviksi määrätyt testausmenetelmät. Testausmenetelmistä mainitaan kuitenkin niiden olevan referenssimenetelmiä, ja muita menetelmiä saa käyttää, jos niiden avulla saadut tulokset ovat vähintään yhtä luotettavia. Määrättyjen testausmenetelmien mittausta- ja tarkastuslaitteet ja menetelmät on valittava noudattamaan minimissään SFS-EN 61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisia ominaisuuksia ja turvallisuustasoja. Standardin mukaan seuraavat testit on tehtävä silloin kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen, mieluiten annetussa järjestyksessä:

- *suojausjohtimien jatkuvuus*
- *eristysresistanssi*
- *eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus*
- *eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan lattia- ja seinäpintojen resistanssi/impedanssi*
- *syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamisen testaus*
- *lisäsuojauksen tehokkuuden varmistamisen testaus*
- *kierrosuunnan mittaus*
- *toimintatestit*
- *jännitteenalenema.*

(SFS 6000-6:2017, 8)

3.4 Asennukset

Suomessa sähköalalla yksi tärkeimmistä standardeista on SFS 6000 sarja. Se määrittää pienjännitesähköasennuksille hyvät käytännöt ja säännöt sähköasennusten turvallisuuden varmistamiseen. Tässä pienjännitesähköasennuksilla tarkoitetaan nimellijännitteeltään alhaisempia kuin 1000 V vaihtojännitteellä ja 1500 V tasajännitteellä (SFS 6000-1:2017, 5).

Varsinaiset asennusten turvallisuutta koskevat määräykset annetaan sähköturvallisuuslaissa ja valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista. Säädöksissä annetaan kuitenkin vain turvallisuuden perusvaatimukset ja periaate, jonka mukaan määräysten vaatimukset täytetään noudattamalla standardeja.

(SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset n.d)

Tukes julkaisee luettelon standardeista, joita noudattamalla täytetään sähköturvallisuuslain vaatimukset. (SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset n.d)

4 Laadunvalvontajärjestelmässä käytettävät laitteet

4.1 SICK IVC-3D11111 konenäkökamera

Sick:n valmistama konenäkökamera IVC-3D11111 on 3D-kamera, jonka kuvanmuodostus perustuu sisäänrakennetun viivalaserin poikkeaman mittaamiseen kohteen liikkessa (ks. Kuvio 1). Laitte sisältää siis viivalaserin ja kameran linssin. Laitteessa on useita ohjelmankkeja monipuolisten sovellusten luomiseksi. Laitteelle ohjelmoidaan sovellus käyttämällä IVC Studio -ohjelmistoa. (3D vision IVC-3D / IVC-3D 200. N.d.)



Kuvio 1. Sick IVC-3D11111 konenäkökamera (3D vision IVC-3D / IVC-3D 200. N.d.)

4.2 SICK DT20-P224B etäisyysanturi

Sick:n opetettavan etäisyysanturin DT20-P224B etäisyyden mittaus perustuu näkyvän laservalon heijastumaan (ks. Kuvio 2). Tunnistusetäisyys on aseteltavissa arvoihin välillä 100-1000 mm. Laitteelle on aseteltavissa kohteen etäisyyden tunnistus milliampeeriviestillä asetetulla alueella tai digitaalinen lähtö, kun kohde on asetetulla tunnistusalueella. (Etäisyysanturit DT20 Hi N.d.)



Kuvio 2. DT20-P224B etäisyysanturi (Etäisyysanturit DT20 Hi N.d.)

4.3 SICK DKS40-E5J01024 inkrementaalinen pulssianturi

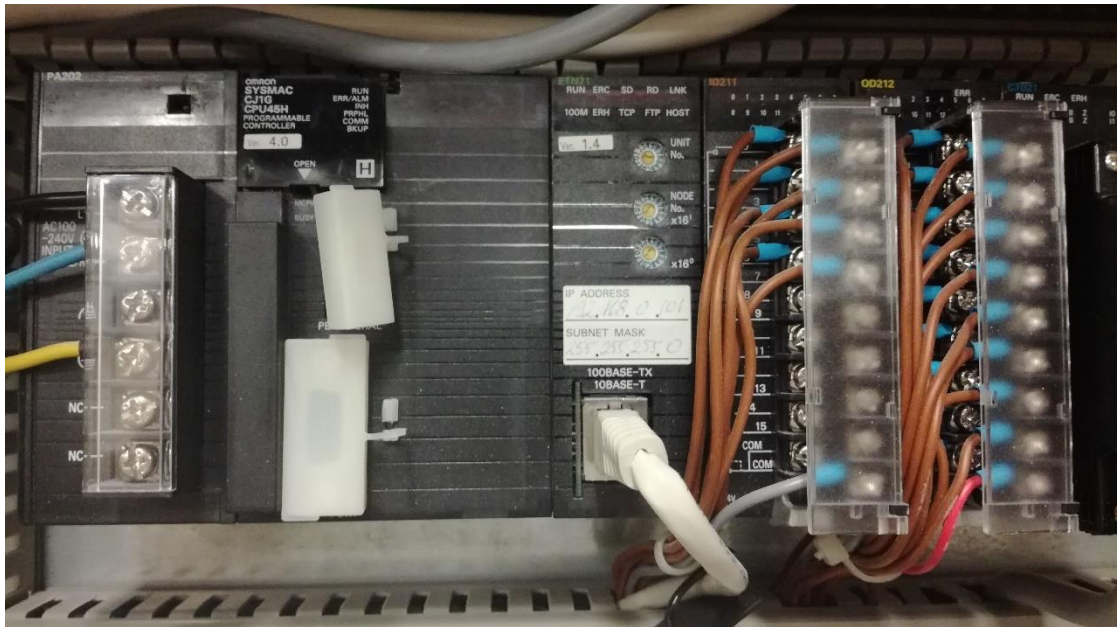
Sick:n inkrementaalisen pulssianturin DKS40-E5J01024 avulla järjestelmää ohjaava logiikka voi laskea pyörimisnopeuden ja -suunnan sekä kierrosluvun akselilta, johon laite on kytketty (ks. Kuvio 3). Pulssianturi lähettää 1024 pulssia per kierros. Anturi käyttää kahta kanavaa (A ja B) 90 asteen vaihesiirrossa, jotta pulssitiedon vastaanottava laite voi päätellä pulssianturin pyörimissuunnan. Anturin kolmas kanava (Z-kanava) antaa pulssin aina kierroksen alussa. Maksimi kierrosnopeus on 6000 U/min. (DKS40 Incremental Encoders. 2012)



Kuvio 3. DKS40-E5J01024 pulssianturi (Pulssianturi DKS40-E5J1024 n.d.)

4.4 Omron logiikka

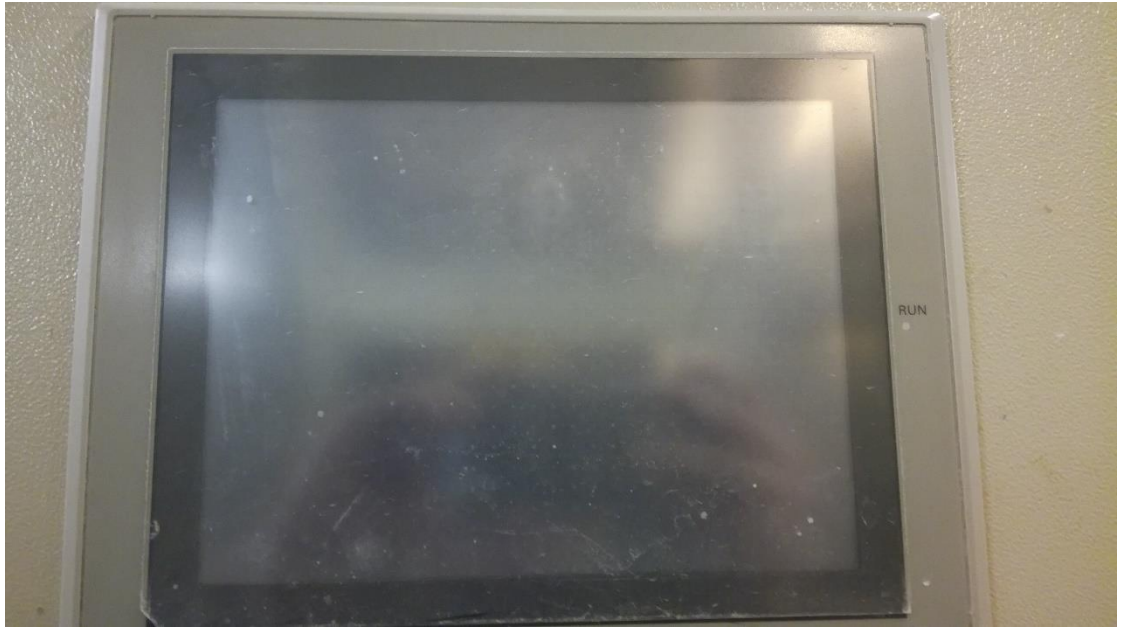
Laadunvalvontajärjestelmän logiikka koostui CJ1G-CPU45H keskusyksikön ympärille. Tähän oli kytketty tehonlähde, verkkokortti, Digitaalitulokortti, digitaalilähtökortti ja laskurikortti. Kyseistä logiikkaa ohjelmoidaan CX-Programmer ohjelmistolla. Yhteys logiikkaan saadaan käyttämällä CS1W-CN226 CHN sarjakaapelin ja USB-muuntimen CS1W-CIF31 yhdistelmää (Mannermaa K. 2017).



Kuvio 4. Logiikka

4.5 Omron NS8-TV01-V1 kosketusnäyttöpaneeli

Omronin valmistama NS sarjan ohjelmoitava kosketusnäyttöpaneeli NS8-TV01-V1 on edistysellinen käyttöpäätte (ks. Kuvio 4). Laitteessa on 8 tuumainen värillinen TFT kosketusnäyttö ja monipuoliset tiedonsiirtoyhteydet. Laite tukee myös muita kuin Omronin valmistamia logiikkaohjelmia. (NS15/NS12/NS10/NS8. N.d.)



Kuvio 5. Kosketusnäyttöpaneeli edestä

5 Laadunvalvontajärjestelmän siirtämisen suunnittelu

5.1 Toimintojen selvitys ja projektin aloitus

Laadunvalvontajärjestelmän siirtämistyötä lähdettiin kartoittamaan tarkastelemalla olemassa olevaa laitteistoa. Järjestelmä oli toimintakuntoisena asennuksena käytöstä poistetulla tuotantolinjalla. Ensimmäisenä haasteena tuli vastaan se, että tuotantolinjaa ei voitu käynnistää, koska sitä oli osittain purettu. Näin en voinut itse todeta laitteiston toimivuutta. Laitteistoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja alkuperäiset sähköpiirustukset (ks. Liite 1) tutkittiin hyvän kokonaiskuvan muodostamiseksi järjestelmän toiminnasta.

Suurin osa järjestelmän sähkökomponenteista sijaitsi sähkökaapissa tuotantolinjan sivussa (ks. Liite 2). Tuotteita tarkasteleva kamera sen sijaan oli asennettu tuotantolinjan yläpuolelle (ks. Liite 3). Järjestelmän kuvauspaikalla sijaitsi myös ulkoinen ohjauslaatikko painonapilla ja merkkivalolla varustettuna. Tästä pystyttiin käynnistämään ja lopettamaan valulautojen tarkastus nopeasti ilman, että työntekijän täytyi kävellä sähkökeskukselle ohjaamaan kosketuspaneelia. Järjestelmä ajasti kameran kuvauksen laskemalla tuotantolinjaa ohjaavaan akseliin asennetun pulssianturin pulsseja etäisyysanturin kerrottua kohteen olevan asemassa. Pulssianturi sijaitsi liitteessä 4 esitetyn kotelon sisällä tuotantolinjan sivussa hätäseis-painonapin oikealla puolella.

Järjestelmän aistinvaraisen tarkastelun ja sähkökuvien tutkinnan perusteella järjestelmään kuului kolme ohjelmoitavaa yksikköä:

- logiikka
- kosketusnäyttöpaneeli
- konenäkökamera.

Laadunvalvontajärjestelmän logiikan sovelluksen tarkastelun perusteella selvisi järjestelmän toiminnot. Järjestelmän tehtävänä oli estää tuotteen valaminen virheelliseen muottiin. Muottina toimii reunallinen puulauta täytettynä jauholla. Jauhoon oli painettu kuvio, joka määräsi tuotteen muodon. Kuvauspaikan läpi kulki useampi edellä kuvattu muotti minuutissa. Konenäkökamera kuvasi jokaisen valumuotin ja ohjelmallisesti tarkasti painetun kuvion. Mikäli kuvio oli oikein painettu, niin valupäälle

annettiin lupa valaa tuote muottiin. Virheellisen painatuksen huomattessaan järjestelmä esti valamisen.

Valunesto tapahtui yhden bitin ohjauksella per valupää. Valupäitä oli tuotantolinjalla kaksi peräkkäin. Valunestobitit vietiin laadunvalvontajärjestelmän sähkökeskuksen logiikasta relekärjen kautta kaapelia myöten tuotantolinjan ohjauskaapin logiikkaan. Siirtorekisteri ajasti ohjelmallisesti valuneston ja sallimisen linjastolla kuvauspaikan jälkeen sijainneille valupäille.

Järjestelmän siirtämiselle laadittiin aikataulu ja asennustehtäviin varattiin toimeksiantajan mekaniikka- ja sähköasentajat. Itse toimin sähkö- ja automaatio suunnittelijana projektissa. Tehtäviini kuului järjestelmän toimintojen selvittäminen sovellus- ja laitetasolla, asentajien ohjeistaminen niin suullisesti kuin dokumentaation avulla ja muutosten tekeminen järjestelmän dokumentointiin sekä ohjelmoitaviin sovelluksiin. Osallistuin myös toimeksiantajan työntekijöistä projektiin varattujen henkilöiden kanssa palavereihin, joissa suunniteltiin projektin toteutusta.

5.2 Komponenttien valinta

Järjestelmään kuuluvat komponentit selvitettiin ja niistä laadittiin varaosalista (ks. Liite 5.) huomioiden toimeksiantajayrityksen tarpeet. Listassa on pääosin lueteltu tärkeimmät sähkökomponentit ja mainittu mitä muuta tarvitaan. Esimerkiksi kaapeleita ja johtimia ei ole listattu. Listan tarkoituksena on varaosatarpeen sattuessa kertoa, minkä tyyppinen komponentti on kyseessä.

Järjestelmän logiikkaosien saatavuutta selvitettiin ottamalla yhteyttä sähköpostilla toimittajaan. Selvisi, että järjestelmän logiikan keskusyksikköä ei enää valmisteta ja kosketuspaneelikin oli markkinoilla korvattu jo uudemmalla mallilla (Varaosien toimittaja. 2017). Alkuperäisen asennuksen logiikan keskusyksikkö oli Omron CJ1G CPU45H. Toimittajan mukaan tätä ei tosiaan enää valmisteta eikä korvaavaa tuotetta ole saatavana.

Seuraavaksi otettiin yhteyttä tuotteen valmistajaan. Yhtiön edustajalta saatiin tieto, että kyseinen keskusyksikkö voidaan korvata mallilla CJ2M-CPU15 (Mannermaa K. 2017). Vanhempaan yksikköön ohjelmoitu logiikkasovellus tulee tällöin kääntää CX-Programmer-ohjelmistossa uudelle keskusyksikölle sopivaksi. Kuviossa 6 esitetään

leike sähköpostin liitteenä saadusta valmistuksen keskeytysilmoituksesta, jossa esitetään korvaava malli.

Product Discontinuation and recommended replacement

CPU units	
Discontinuation model	Recommended model
	CJ2 Series
CJ1G-CPU42H	CJ2M-CPU12
CJ1G-CPU43H	CJ2M-CPU13
CJ1G-CPU44H	CJ2M-CPU14
CJ1G-CPU45H	CJ2M-CPU15
CJ1H-CPU65H	CJ2H-CPU65
CJ1H-CPU66H	CJ2H-CPU66
CJ1H-CPU67H	CJ2H-CPU67
CJ1H-CPU64H-R	CJ2H-CPU64
CJ1H-CPU65H-R	CJ2H-CPU65
CJ1H-CPU66H-R	CJ2H-CPU66
CJ1H-CPU67H-R	CJ2H-CPU67

Programming Console can not be used for CJ2 CPU units.

Kuvio 6. Logiikoiden valmistuksen jatkumattomuus (Product Discontinuation Notice. 2011, 2)

Kosketuspaneelin uudempi versio oli Omron NS8-TV01-V2, ja se korvaa tarvittaessa alkuperäisessä asennuksessa olleen version NS8-TV01-V1 (Varaosien toimittaja 2017). Kyseessä on siis CX-Designer-ohjelmistolla ohjelmitava kosketusnäyttöpaneeli (Mannermaa K. 2017).

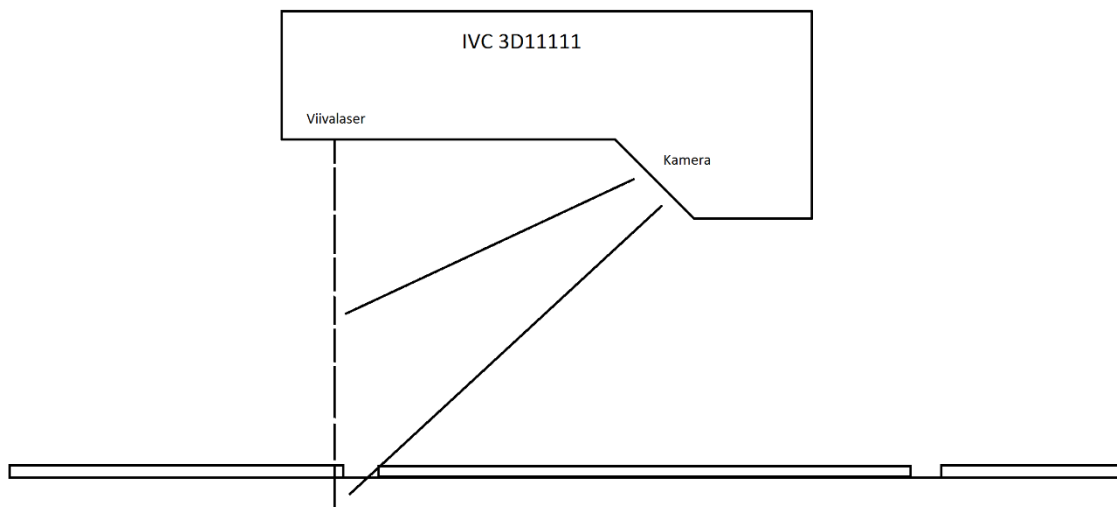
Järjestelmän sähköosien suhteen päädyttiin toimiesiantajan kanssa sellaiseen ratkaisuun, että säilytetään kaikki ne osat, jotka järjestelmässä on tällä hetkellä. Vastaus osien rikkoutuessa tulevaisuudessa vaihdetaan osa taikka päivitetään uudempaan versioon. Huomattiin myös toimiesiantajan varastosta löytyvän jo valmiiksi samaa tyyppiä oleva Omron-merkkisen ohjelmitavan logiikan keskusyksikkö.

Uuden kohteen tuotantolinjan sähkökuvista huomattiin, että tuotantolinjan logiikalla ei ollut tarpeeksi vapaita digitaalituloja laadunvalvontajärjestelmän valunestotietojen liittämiseksi. Tästä syystä tilattiin uusi digitaalitulokortti 6ES7321-1BL00-0AA0 ja sille sopiva etupistoke 6ES7392-1AM00-0AA0.

5.3 Mitoitukset

Järjestelmän päärakenneseosan eli konenäkökameran mekaanisen asennuksen mitoituksessa törmättiin haasteeseen. Ei tiedetty paljoakaan mekaniikasta, mutta käytössä oli kokeneen asentajan osaaminen ja rajattu aika. Projektin alkuvaiheessa tutustussa järjestelmään saatiin yhteys kameraan ja tarkasteltua sille ohjelmoituja konenäköfunktioita. Tätä kautta ja laitteen manuaalista (Industrial Vision Camera IVC-3D 2017) saatiin tietoa sijoituksen vaatimuksista.

Kameran sijoitusta varten tuli selvittää tarvittu korkeus, kameran suunta ja kohdistus kuvauspaikalla tuotantolinjan pituussuunnassa. Korkeutta lähdettiin selvittämään aikaisemmasta asennuksesta kameran ollessa vielä paikallaan. Se oli noin 650 mm valulaudan pohjan tason ja kameralaitteen alapinnan välistä mitattuna viivalaserin kohdalta. Kuvio 7 auttaa hahmottamaan tätä mittaa (kuvio ei ole mittakaavassa).



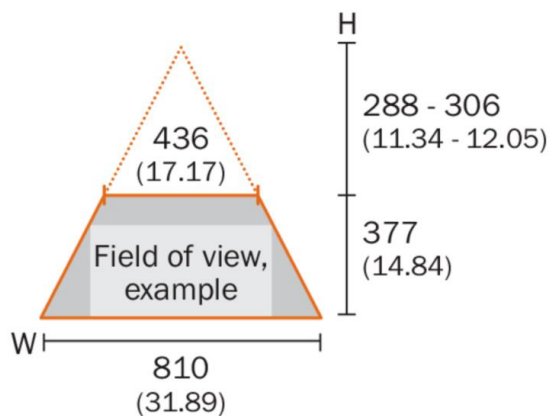
Kuvio 7. Kameran asennuksen periaatekuva sivusta

Aikaisemmin tapahtuneen sovellustarkastelun perusteella tiedettiin kameran tunnistamaa etäisyyttä voitavan muuttaa ohjelmallisesti. Asennuskorkeuden määrittämisessä tuli kuitenkin löytää maksimiarvo, jota ei saa ylittää. Kamera haluttiin mahdollisimman korkealle linjaston yläpuolelle, jotta linjastonhoitajalla olisi tilaa vaihtaa kuvauspaikan läheisyydessä sijaitsevan valupään tuotekuvio.

Kuviossa 8 esitetään valmistajan antamat mitat kameran IVC-3D11111 (IVC-3D 200 -sarja) kuva-alueen korkeussuunnan mitoituksesta. Kuvion 8 ja kameran valmistajan käyttöoppaan perusteella tulkitsein mitalla 288-306 mm tarkoitettavan kameran fyysisestä rakenteesta johtuvaa tunnistettavan kohteen minimietäisyyttä kameraan korkeussuunnassa, joka vaihtelee sarjan kameroiden rakenteen mukaan tyypeittäin. Mitta 377 mm tarkoittaa tarkasteltavan kappaleen suurinta korkeusarvon vaihtelua kuva-alueella. (Industrial Vision Camera IVC-3D. 2017, 38)

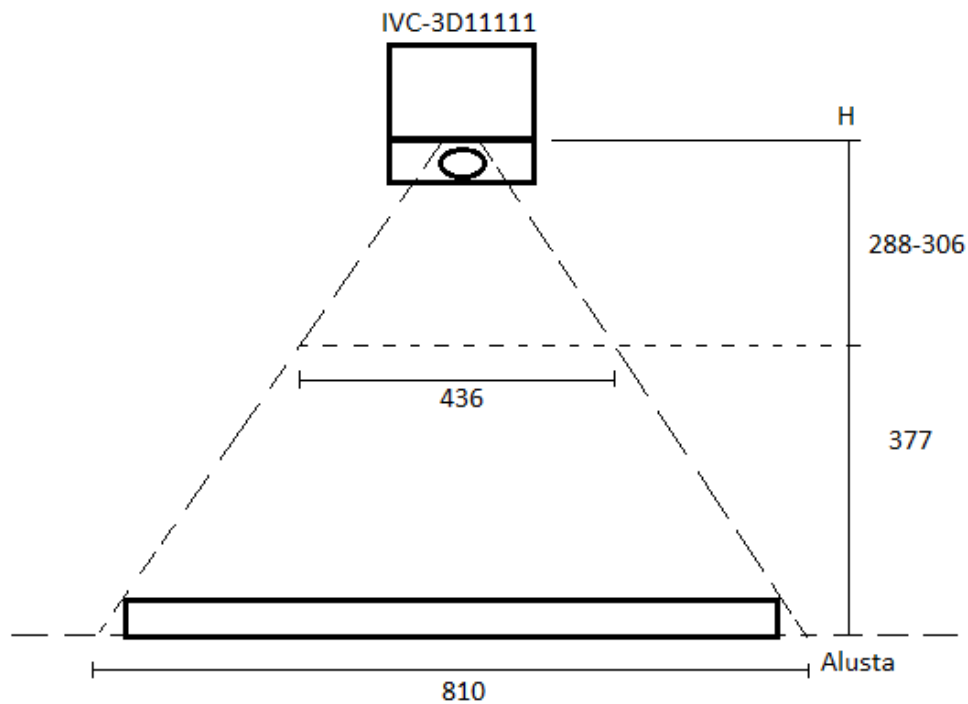
IVC-3D 200

Typ. field of view in mm (inch)



Kuvio 8. Kameran näkökenttä (3D vision IVC-3D / IVC-3D 200. N.d.)

Kameran valmistajan antamista mitoista hahmoteltiin laadunvalvontajärjestelmässä sovellettava malliesimerkki mittojen vaikutuksista (ks. Kuvio 9). Mitat ovat siis annettu tuotantolinjan myötäisestä perspektiivistä katsottuna. Kameran valmistajan antamista mitoista tulkittiin kameran maksimikorkeudeksi 683 mm mitattuna kameran viivalaserin alapinnasta tunnistettavan kappaleen matalimpaan kohtaan. Eli kuviossa 8 esitettyjen korkeusmittojen yhteenlaskun tulos.



Kuvio 9. Mitat sovellettuna laadunvalvontajärjestelmään

Ohjeistuksessani tapahtuneesta virheestä johtuen kamera asennettiin kuitenkin 695 millimetriin, mikä oli 12 mm liian korkealla verrattuna tulkittuun maksimiarvoon 683 mm. Ohjelmointivaiheessa huomattiin kameran kuvauksen toimivan kuitenkin riittävän hyvin, koska laudan pohjan ei välttämättä tarvitse edes olla kuvausalueella. Kuvausalueelle jäi korkeussuunnassa riittävä osa valumuotin korkeudesta, jotta muotista voitiin suorittaa tarvittavat mittaukset muodostetusta 3D-kuvasta.

Toinen selvittävä asia oli, mihin kohtaan tuotantolinjaa kameran laserviiva tuli kohdistaa uuden kohteen tuotantolinjan pituussuunnassa. Uuden kohteen tuotantolinjan toimintatapa kuvauskohdassa oli erilainen kuin laadunvalvontajärjestelmän edellisessä asennuksessa. Valulautojen liike tapahtui sykleittäin. Jokaisen syklin aikana valulauta siirtyi yhden aseman verran ja pysähtyi hetkeksi. Liikkeen sai aikaiseksi työntövarret, jotka työnsivät lautaa pitkin tukikiskoja ja palasivat alakautta lähtöpisteeseen. Kameran viivalaser määritettiin kohdistettavaksi lautojen pysähdysasemien väliin (ks. Liite 6).

Koneeseen merkattiin kohta osoittamaan pysähdysasemien väliä, jotta sama kohta löydettäisiin asennusten aikana. Koska kameran kuvan muodostus perustui pulssianturin tahdittamaan laserviivan poikkeaman tarkasteluun, sillä ei ollut merkitystä, oliko laitteen kamerapää linjan tulo- vai menosuuntaan. Tuotantolinjan yläpuolelle ei pystytty merkkamaan luotettavalla tavalla pysähdysasemaa tarkasti, niin päätettiin tehdä kameran tukirakenteeseen sitten asennusvaiheessa säätömahdollisuus linjan pituussuunnassa.

Sivusuunnassa kamera tuli asentaa keskelle lautaa. Tämä todettiin haastavaksi kiinteästi kattoon asennettavalla tukivarrella, joten kameran kiinnitykseen päätettiin tehdä säätö sivusuunnassa. Ennen asennusta asentajalle annettiin käyttöön kameran tekniset mitat, jotka esitetään liitteessä 7.

Etäisyysanturi määritettiin osoittamaan 6 cm ennen kameran viivalaseria. Toimintaperiaatteena oli, että lasertoiminen etäisyysanturi käskee kuvauksen aloitettavan ja pulssianturilla tahdistetaan kuvan muodostus profiili kerrallaan. Tämä kohta osoitettiin vääräksi myöhemmin.

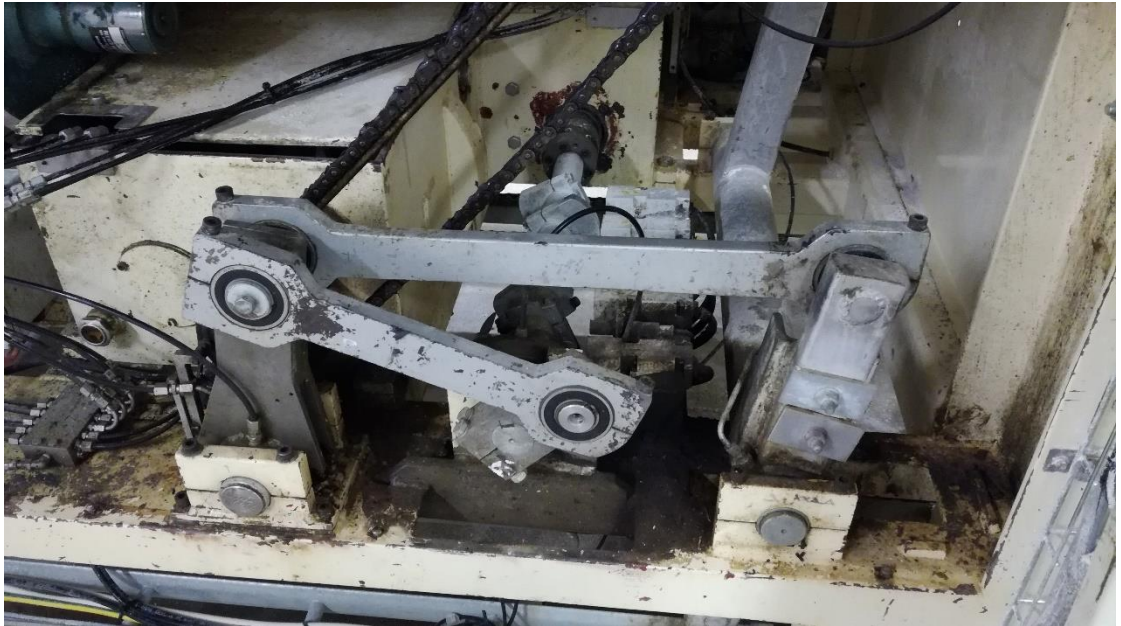
Pulssianturille hyvän sijoituspaikan määrittelyyn olisi tarvittu mekaniikkasuunnitelua, mutta tukeuduttiin asentajan tietoihin valukoneesta. Määritettiin, että akselin johon pulssianturi kiinnitetään, pyörimisnopeus tulisi olla suoraan verrannollinen valulautojen siirtymisliikkeen nopeuteen. Valupäiden alla sijaitseva moottori ja vaihdelaatikko, jotka toimivat voiman lähteenä valulinjan lautojen siirtoa varten. Ehdotettiin valukoneen alla sijaitsevan vaihdelaatikon jälkeistä akselia (ks. Kuvio 10. Otettu huollon aikana suojat poistettuna ja kone pysäytettynä), joka tuli hieman ulos kotelosta. Ehdotus hyväksyttiin, kun varmistuttiin kyseisen akselin pyörimisnopeuden olevan suoraan verrannollinen valumuottien liikkeen nopeuteen.



Kuvio 10. Vaihdelaatikon akseli

Tässä kohtaa otettiin huomioon, että kameran kuva tulisi mahdollisesti venymään pituussuunnassa. Epäily perusteltiin silmämääräisellä tarkastelulla uuden asennuskohteen toiminnasta. Työntövarsien ohjaamana valulautojen liike kiihtyi hieman asemanvaihdon puoliväliin asti, jonka jälkeen liike hidastui. Tämä johtui työntöliikkeen vipuvarsien kautta aikaansaavasta moottorin akselin pyörintäliikkeestä (ks. Kuvio 11. Otettu huollon aikana suojat poistettuna ja kone pysäytettynä). Varauduttiin kuvan venymään kehittämällä ohjelmallisia tekniikoita, joilla ongelma mahdollisesti voitaisiin poistaa.

Järjestelmän ohjelmoitavien laitteiden sovelluksien tarkastelun perusteella todettiin, että valulaudan pituusvenymästä ei ole haittaa. Järjestelmä tarkastaa vain valumuotin jauhontäytön korkeutta eikä mittaa lautaa pituussuunnassa. Loppukäyttäjälle ei näytetä venynyttä kuvaa vaan vihreä tai punainen sykleittäin liikkuva suorakulmio kosketuspaneelilla.



Kuvio 11. Valumuotin liikkeen kuvauspaikalla aikaansaava mekaniikka

Pulssianturin suurin sallittu pyörimisnopeus vahvistettiin arvoon 6000 U/min (Pulssianturi DKS40. N.d.) sekä IP luokitus 64 (DKS40 Incremental Encoders. 2012, 1). 6000 U/min oli riittävä valitulle akselille toimeksiantajan työntekijän tietojen perusteella.

5.4 Dokumentaatio

Työhön lähdettäessä laadunvalvontajärjestelmästä oli dokumentointia sähköisessä muodossa tehtaan verkkolevyllä sekä paperille painettuna järjestelmän sähkökeskuksessa. Paperilla järjestelmän sähkökaapissa oli käyttöohje, sähkökuvat (Liite 1) ja suunnittelijan puhelinnumero. Sähköisenä löytyi suunnittelijan vuonna 2006 antama ohjeistus tiedonsiirtoyhteyden muodostamiseksi järjestelmään sekä sama käyttöohje, joka oli tulostettuna sähkökeskuksessa. Tiedonsiirtoyhteyden muodostamisoh-

jeeseen leimatusta vuosiluvusta arvioitiin dokumentin kuuluvan mahdollisesti johonkin muuhun projektiin, koska järjestelmän sähkökuviin oli kirjoitettu vuosi 2008 (Liite 1).

Laadunvalvontajärjestelmän alkuperäisiä sähkökuvia (Liite 1, lehti 3) muokattiin siten, että laitteiston turva-ovia valvovat ovikytkimet sekä ovet jätettiin pois, ja turvareleen valvontalenkki yhdistettiin ohjausjännitepotentiaaliin. Tällöin turvarele ei laukea turvatoiminnoista, ja turvatoimintoja voidaan jatkossa lisätä helposti, mikäli tarve realisoituu.

Turvaovien poisjättäminen päätettiin palaverissa. Tarve turvaovien poisjättämiselle lähti laitteiston uuden asennuskohteen työntekijöiden tilan tarpeesta. Turvaovet olivat estäneet ja hankaloittaneet linjastonhoitajan tarvitun pääsyn kuvauspaikalle. Vaihtoehtona olisi ollut valoverhon asennus oven tilalle, mutta tämäkin todettiin hyvin epäkäytännölliseksi.

Turvatoiminnon poisjättäminen perusteltiin vaarallisuutta aiheuttamattomaksi laitteiston laserluokituksella. Laadunvalvontajärjestelmän pääkomponenttina toimivan konenäkökameran IVC-3D11111 käyttämän laserin luokitus oli Standardin EN/IEC 60825-1:2014 mukaan 2 ja standardin EN/IEC 60825-1:2007 mukaan 2M (ks. Liite 8). Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittava silmien suojaus saavutetaan yleensä kehon normaaleilla ärsytysreaktioilla kuten silmänräpäys. Kuitenkin kohtisuoraan laseriin katsominen voi olla vaarallista, mikäli laitteen käyttäjä hyödyntää optisia apuvälineitä lasersäteen kohdistamiseksi tai tarkoituksellisesti estää silmän räpäysreaktiota. Järjestelmän toinen laseria käyttävä komponentti, etäisyysanturi, oli myös luokkaa 2. Tulevalla laadunvalvontajärjestelmän kuvauspaikalla oli jo valmiina varoitusmerkit 2 luokan laserlaitteista. (Industrial Vision Camera IVC-3D 2017, 5)

Laadunvalvontajärjestelmän dokumentaatioon lisättiin tekstimuotoinen toimintakuvaus, jossa määritellään laitteiston toimintaperiaatteita ja ohjelmoitavia yksiköitä (Liite 9). Tämä dokumentti voi tulevaisuudessa auttaa järjestelmään muutoksia suunnittelevaa henkilöä ymmärtämään järjestelmän toimintoja kokonaisuutena.

Laadunvalvontajärjestelmän sähkökuvista piirrettiin uudelleen vain ne sivut, joille tehtiin muutoksia. Muutetut sivut korvattiin laadunvalvontajärjestelmän paperisessa

dokumentaatioissa. Asennusten jälkeen piirrettiin uudelleen kaikki sivut, koska huomattiin suurimmalle osalle niistä tulleen muutoksia asennuksen aikana (Liite 10).

Asennusten jälkeen laadittiin myös kaapeliluettelo, joka teki kaapelikilpien laatimista järjestelmällisempää (ks. liite 11). Liitteessä 12 näkyy kaapelikilvet asetettuna.

Siirtämistyön suunnitelmat hyväksyi suullisesti toimeksiantajayrityksen vastuuhenkilö viikolla 46. Esitin hänelle sähkökuvat, joihin oli tehty tarvittavat muutokset ja keskustelemalla esitin sellaiset asiat, joita kuvissa ei näkynyt.

5.5 Asennukset

Järjestelmän sähkökeskuksen sijaintia ei oltu määritelty tarkkaan. Määritetyn asennuspäivän lähestyessä huomattiin tämä ja määritettiin sijainti uudessa kohteessa. Sähkökeskuksen sijainnin määrittelyn jälkeen huomattiin osan kaapeleista olevan liian lyhyitä uudelleenkäytettäväksi. Kaapelityyppi jota tarvittiin, oli LiYCY 8x0,34S. Sitä ei ollut saatavilla tarpeeksi nopeaan toimitusaikaan, joten kiireessä päädyttiin pienentämään kaapelikokoon LiYCY 8x0,25S. Tätä kaapelityyppiä käytettiin uudessa asennuksessa kaapeleissa 5W1, 5W10 ja 5W11. Kaapelit näkyvät järjestelmän uudelleen piirretyissä sähkökuvissa (ks. Liite 10). Järjestelmässä näissä kaapeleissa kulkevat virrat todettiin niin alhaisiksi, että kaapelikokoon pienentäminen oli mahdollista.

Järjestelmän kosketuspaneeli sijoitettiin tuotantolinjan sähkökeskuksen oveen, ja sitä varten piti vetää verkkokaapeli (3W1) Excel 100-103 4PR ja jännitesyöttökaapeli (1W4) Gamaflex 7x0,75S (ks. Liite 10). Laadunvalvontajärjestelmän keskuksen ja tuotantolinjan keskuksen välille vedettiin kaksi erillistä Gamaflex 7x0,75S kaapelia (1W3 ja 1W4). Tämä koettiin tarpeelliseksi, vaikka tarvittu määrä johtimia löytyi jo yhdestä kaapelista. Hyvien suunnittelusääntöjen mukaan eri suunnista tulevia jännitesyöttöjä ei tule viedä samassa kaapelissa. Liitteen 10 lehdellä 8 esitetään kuinka 24 Voltin jännite viedään kaapelilla 1W3 valukoneen keskuksesta, laadunvalvontajärjestelmän relekoskettimille, ja takaisin tulokortille. Liitteen 10 lehdellä 2 esitetään, kuinka kosketuspaneelille viedään käyttöjännite laadunvalvontajärjestelmästä (1W4).

Aikaisemmassa asennuksessa järjestelmän sähkösyöttö tuli pistotulpan kautta. Uudessa asennuksessa syöttö muutettiin kiinteäksi. Järjestelmän sähkösyöttö otetaan

nyt uuden kohteen tuotantolinjaston sähkökaapista johdonsuojakatkaisimelta. Johdonsuojakatkaisin mitoitettiin sähkösuunnittelun peruseriaaiteita ja SFS 6000 soveltaen yhtä kokoa isommaksi kuin laadunvalvontajärjestelmän keskuksessa sijaitseva pääsulake (F0, Liitteen 10 lehdellä 1). Tällöin järjestelmää syöttävän kaapelin johdonsuojakatkaisimeksi valittiin 16 Ampeerinen C käyrää noudattava johdonsuojakatkaisija. Syöttökaapeliksi valittiin MMJ3x2,5S.

5.6 Ohjelmointi

Ennen asennuksia huomattiin tarve ottaa varmuuskopiot laadunvalvontajärjestelmän ohjelmoitavien laitteiden sovelluksista. Järjestelmän ohjelmoitavia laitteita oli logiikka, kosketusnäyttöpaneeli ja konenäkökamera. Kyseisiä laitteita ohjelmoidaan erilaisilla ohjelmistoilla seuraavasti:

- Omron logiikan keskusyksikkö CJ1G CPU45H
 - CX-Programmer
- Omron kosketuspaneeli NS8-TV01-V1
 - CX-Designer
- Sick konenäkökamera IVC-3D11111
 - IVC Studio.

Kopiot laitteiden sovelluksista talletettiin toimeksiantajan logiikkaohjelmoinnille omistetulle kannettavalle työasemalle.

Ensimmäisen kerran yhdistäessä konenäkökameraan, löytyi laite IVC Studiosta Devices -näkömystä, mutta ohjelmisto antoi virheilmoituksen (ks. Kuvio 12). Tästä tehtiin johtopäätös, että kameralla oli IVC Studion vanhemmalla versiolla tehty sovellus. Kameran valmistajan tukiportaalista selvisi, että kameran sovellukset voidaan saada turvallisesti talteen vaihtamalla työasemalla käytettävää IVC Studion versiota uudemmasta (3_3_SR3) vanhempaan (2.8). Kyseisen vanhemman version asennustiedostot saatiin laitteen valmistajan tukiportaalin kautta. Koska ei päästy varmuuteen konenäkökameralla olleiden sovellusten päivittämisen turvallisuudesta, jatkettiin ohjelmointia IVC Studion versiolla 2.8. (Nilsson S. 2017)



Kuvio 12. Vikailmoitus yhteensopimattomasta ohjelmistoversiosta

Ennen laadunvalvontajärjestelmän asennusta uuteen kohteeseen tarkasteltiin laadunvalvontajärjestelmän kameran konenäköfunktioita, jotta päästiin paremmin selville kameran asennuksen vaatimuksista sekä järjestelmän toiminnoista. Selvisi, että konenäköfunktiot ohjelmoidaan käyttämällä erilaisia askeleita. Yksi tärkeimmistä askeleista oli Grab Setup, jolla määriteltiin kuvausasetuksia.

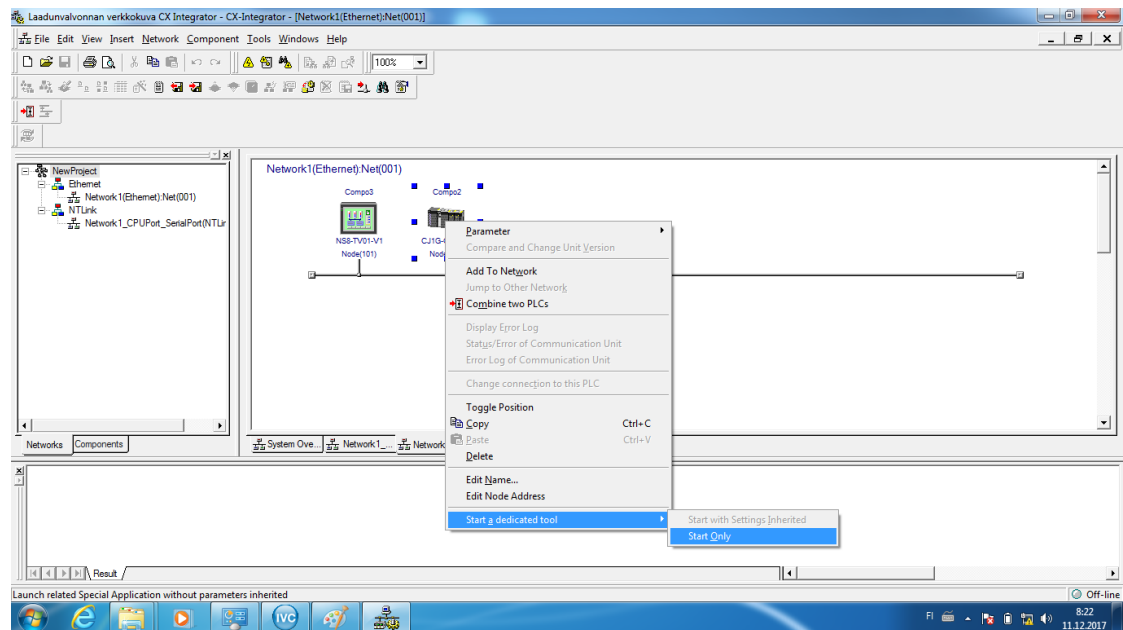
Asennustöiden jälkeen järjestelmää ei saatu heti toimimaan. Järjestelmässä ilmeni verkkovika. Vian epäiltiin johtuvan aikaisemmin tapahtuneesta kameran IP-osoitteen muutoksesta, eikä alkuperäistä IP-osoitetta ollut enää tallessa. Oikea IP-osoite löytyi tarkastelemalla järjestelmän keskipisteenä toimivan logiikan sovellusta. Liitteen 13 punaisella rajatussa osassa esitetään logiikan sovelluksessa kameralle määritelty IP-osoite. Kyseessä oli logiikkaohjelmassa mainittu Ethernet-yhteyden avausta käsittelevä osio. Kameran ja logiikan välillä parametrit lähetettiin Ethernet-väylällä.

Järjestelmässä ilmeni toisenlainenkin verkkovika, verkkokytkimen hälytys. Toimeksiantajan työntekijältä saatiin hyvä vihje aiheeseen. Verkkolaitteen sivussa sijainneilla DIP-kytkimillä (ks. Liite 14) pystyi asettamaan verkkolaitteen hälytyksen käyttöön kullekin portille erikseen. Portin hälytyksen ollessa käytössä laite ilmoitti, kun kyseisestä portista ei saatu vastausta. (EDS-308/305 Hardware Installation Guide 2005, 11)

Verkkokytkin oli alun perin määritelty antamaan hälytys, kun porttiin 4 ei tule signaalia. Laitteiston edellisessä asennuksessa kamera oli tarkoitettu kytkettäväksi tähän porttiin (ks. Liite 1, lehti 10). Tämä ongelma korjattiin tarkastamalla PLC-sovelluksesta, ettei kameraa sammuteta missään vaiheessa, ja asetettiin verkkolaitteen DIP kytkimestä portin 4 hälytys pois käytöstä.

Kamera täytyi saada laukaisemaan kuva oikein. Tiedettiin kameraa ohjelmoitavan IVC Studiolla, jota varten tarvittiin kameran ja ohjelmointiyöaseman olevan samassa verkossa muiden järjestelmän laitteiden kanssa. Ohjelmointiyöasemalle tuli löytää vapaa IP-osoite järjestelmän laitteiston käyttämästä verkosta. Päädyttiin kokeilemaan Omronin tarjoamaan CX-One pakettiin kuuluvaa Integrator -ohjelmistoa järjestelmän

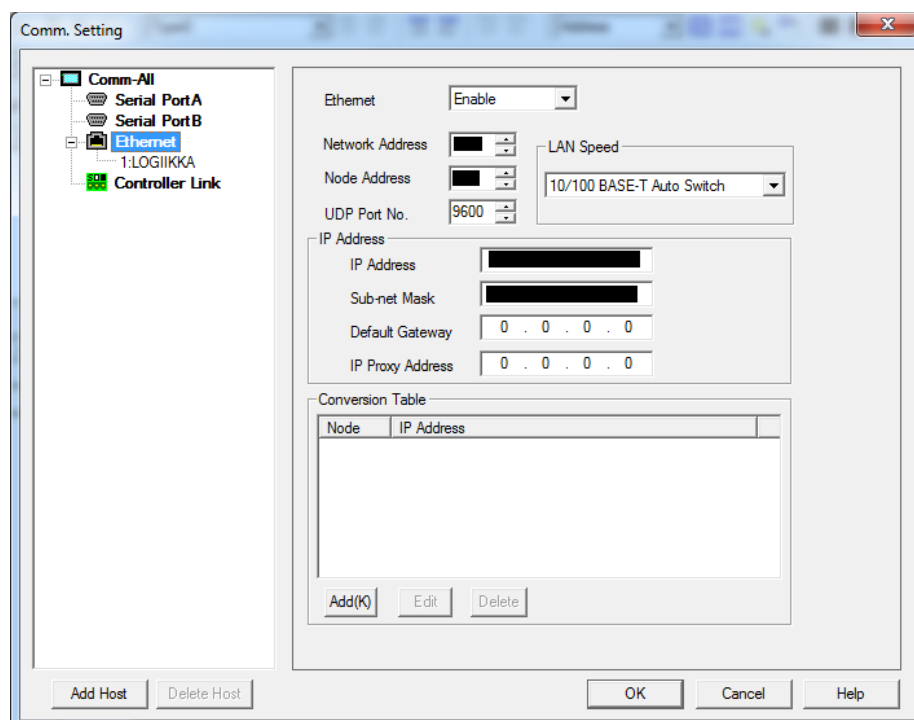
laitteiden IP-osoitteiden löytämiseksi. CX-Integrator on helppokäyttöinen CX-One-ohjelmistopakettiin kuuluva verkkoyhteyksien määrittäjäohjelma (CX-Integrator N.d.). Ohjelmointityöasema tuli yhdistää logiikkaan CS1W-CN226 CHN sarjakaapelin ja USB muuntimen CS1W-CIF31 yhdistelmällä (Mannermaa 2017). CX-Integrator-ohjelmistossa käynnistettiin automaattinen verkkokartoitus online-näkymässä. Kun kartoitus oli valmis, ohjelmisto esitti verkkokuvauksen graafisesti. Verkkokuvassa ei näkynyt kameraa. Tämän oletettiin johtuvan siitä, ettei kamera ole saman valmistajan laite. Verkkokuvauksen, ja sitä myötä kaikkien laitteiden verkkoparametrit pystyi tallettamaan työasemalle tarkasteltavaksi offline-näkymässä. Kuviossa 13 taustalla näkyy logiikka ja kosketuspaneeli verkkokuvassa offline-näkymässä.



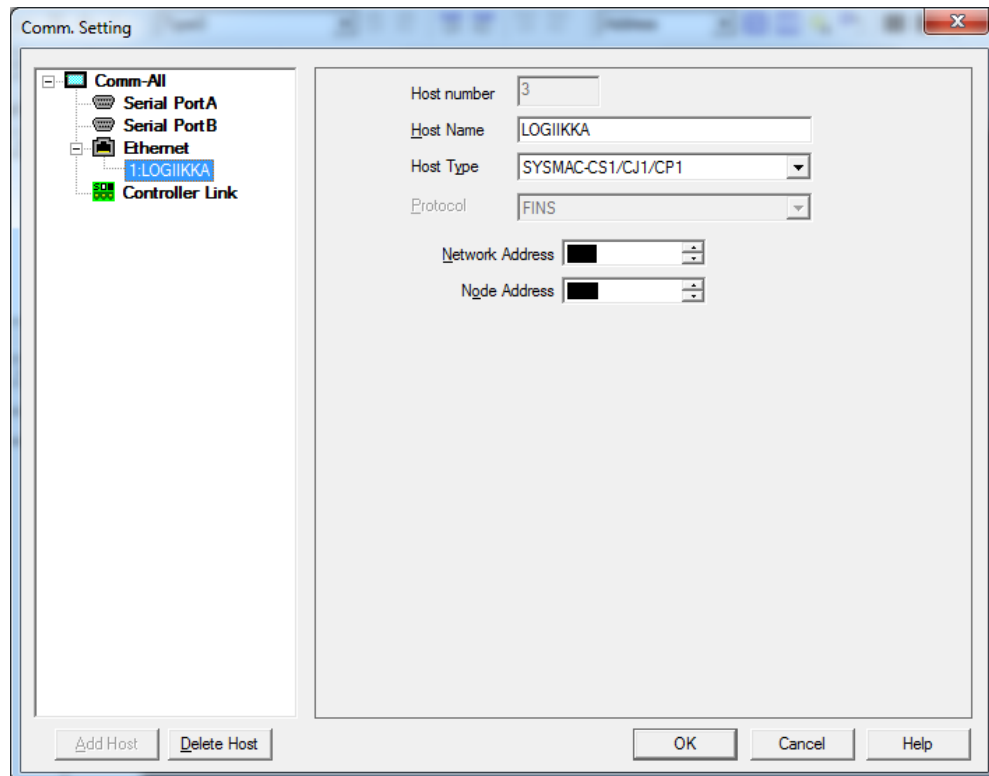
Kuvio 13. Siirtyminen verkkomäärittelyistä logiikan ohjelmointiohjelmistoon

CX-Integrator ohjelmiston Online näkymässä pystyi kuvion 13 osoittamalla tavalla siirtymään laitteen omaan ohjelmointiohjelmistoon. Valitessaan [Start with Settings Inherited] pystyi samalla viemään oikeat yhteysasetukset. Tätä vaihtoehtoa käytettiin, kun ensimmäisen kerran yhdistettiin logiikkaan ja kosketuspaneeliin laitteiden sovellusten lataamista varten, koska ei tarkemmin tiedetty oikeita yhteysmäärittelyjä. Paneelin yhteysasetuksista (ks. Kuviot 14 ja 15) selvisi paneelin ja logiikan IP-

osoite, jotka merkattiin myös järjestelmän sähkökuviin. Logiikan IP-osoitteen oikeellisuuden ei täysin luotettu, mutta osoitteessa pitäydettiin koska ratkaisua ei löydetty muillakaan keinoin. Molempien laitteiden oletettiin olevan samassa verkossa samalla aliverkonpeitteellä. Kuvioiden 14 ja 15 kohdassa [Network Address] molemmilla laitteilla oli sama numero ja kohdassa [Node Address] kohdassa eri. Lopulta logiikan IP-osoitetta ei tarvittu missään muualla, kuin ohjelmointityöaseman IP-osoitteen määrittelyyn väärin osoitteiden poissulkemiseksi. Päädyttiin silti löytämään vapaa osoite työasemalle.



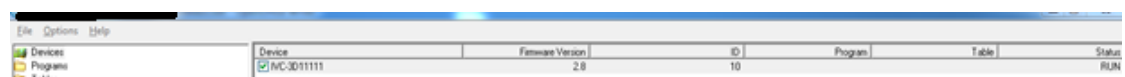
Kuvio 14. IP-asetukset paneelilla



Kuvio 15. Logiikan IP

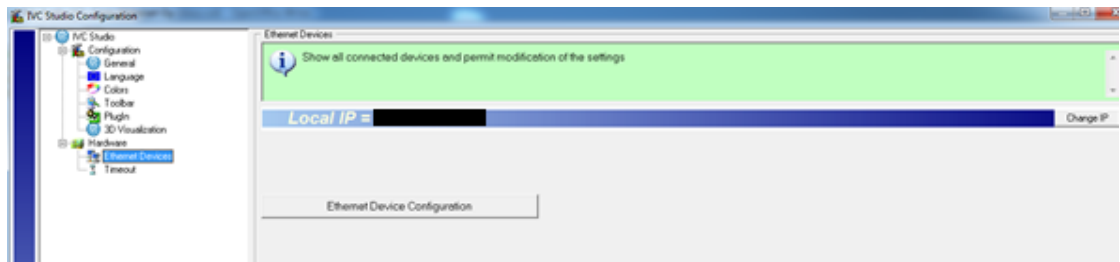
Kun logiikan ja paneelin IP-osoitteet oli selvitetty, pystyttiin ottaa yhteyttä kameraan sen IP:n määrittämiseksi ja sovelluksen muokkaamiseksi. Ethernet kaapeli kytkettiin ohjelmointityöasemalta järjestelmän kytkimen porttiin 1. Työasemalle määritettiin sopiva staattinen IP-osoite poissulkemalla verkon käytetyt osoitteet. Sopiva osoite kirjattiin laadunvalvontajärjestelmän sähkökuviin.

IVC Studion laitenäkymässä ei näkynyt kameraa kuvion 16 mukaisesti, koska laitteen IP-osoite oli väärä.



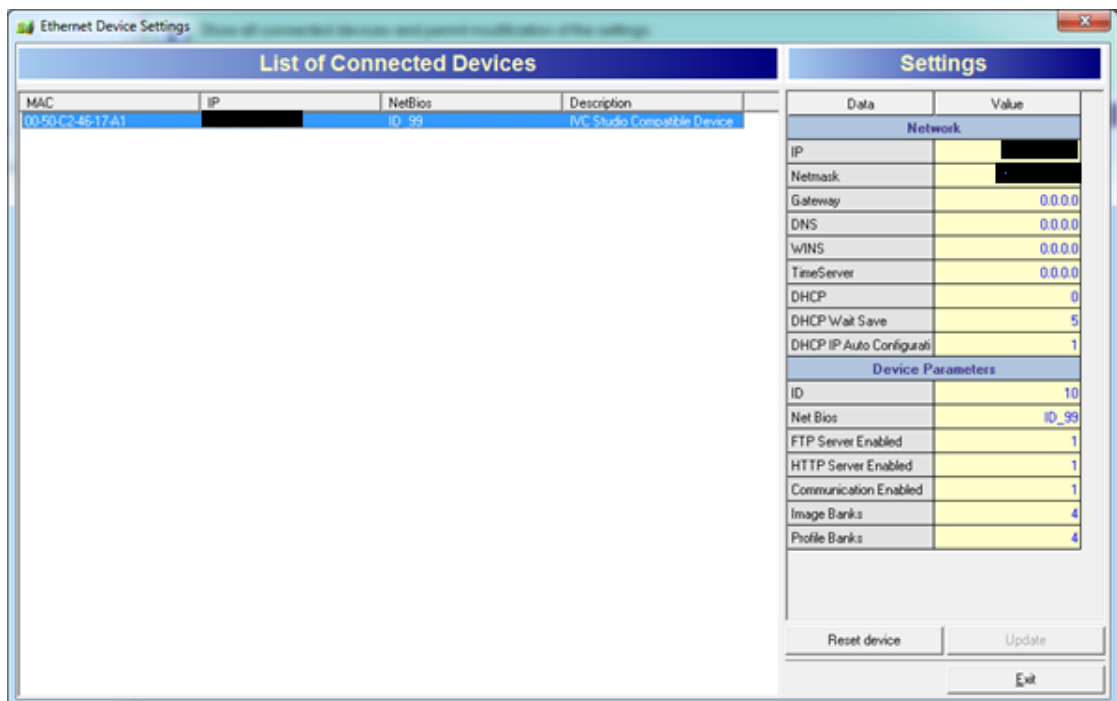
Kuvio 16. Kamera IVC Studion laitenäkymässä

Laitteen asetuksiin pääsi käsiksi valitsemalla Options > Configuration. Ja aukesi kuviossa 17 esitetty ikkuna.



Kuvio 17. Device configuration ikkuna

Ethernet Devices välilehdelle (ks. Kuvio 17) tuli asettaa salattuun kohtaan työaseman IP-osoite ja seuraavaksi valita [Ethernet Device Configuration].

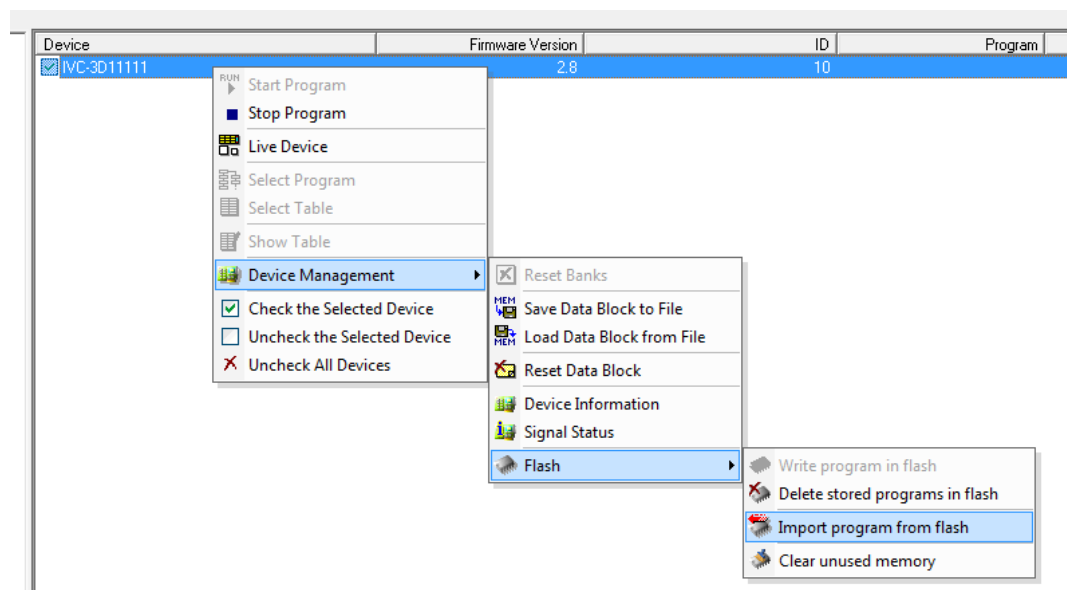


Kuvio 18. Kameran IP asettelu

Laitte tuli näkymään vasemmalla IP-asetuksella, joka ei ollut samassa verkossa kuin muut järjestelmän laitteet (ks. Kuvio 18). Mikäli järjestelmässä olisi useampia samalla ohjelmistolla ohjelmoitavia kameroita samaan verkkoon kytkettynä, ne näkyisivät kaikki tässä näkymässä. Klikkaamalla kameran aktiiviseksi ilmestyi oikealla näkyvät asetukset. IP-osoite ja aliverkonpeite asetettiin oikeiksi. Seuraavaksi valittiin Update. Osoitteen vaihdos varmistettiin valitsemalla Reset device, kun oltiin tarkastettu, että

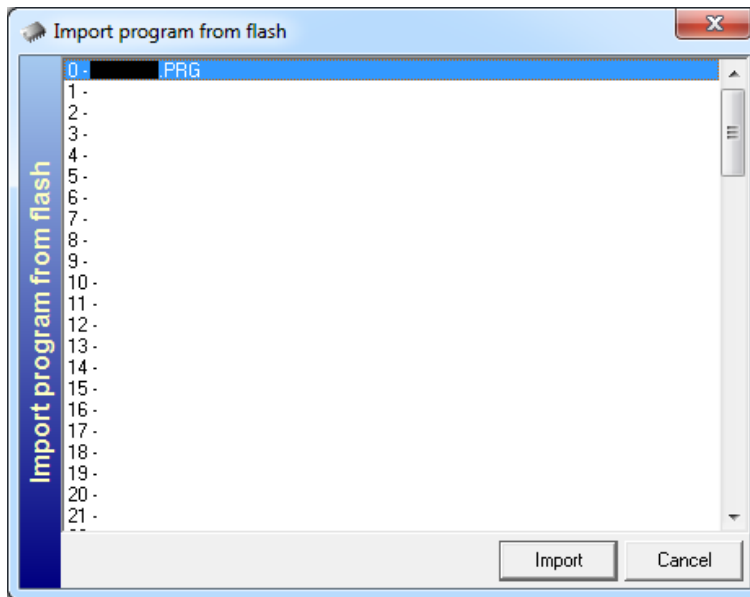
laite ei hävitä sen Flash-muistissa olevaa sovellusta uudelleenkäynnistyksen aikana. Tästä ikkunasta valittiin Exit ja edellisestä ok. Laite käynnistyi melko hitaasti, mutta muutaman minuutin päästä kamera näkyi jo Device näkymässä kuten kuviossa 16.

Seuraavaksi valittiin File > New product ja ikkunan ylälaitaan tuli lukemaan [New Product]. Sovelluksen sai tuotua laitteen Flash-muistista klikkaamalla laitetta hiiren oikealla ja valitsemalla Device Management > Flash > Import program from flash kuten kuviossa 19.



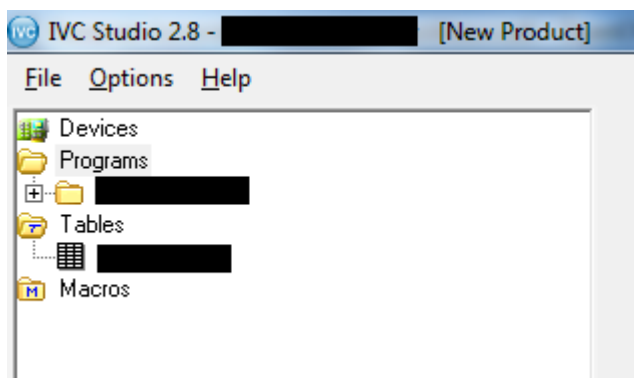
Kuvio 19. Sovelluksen lataaminen laitteelta työasemalle muokattavaksi

Kuviossa 20 esitetään ohjelman valitsemisdialogi. Tässä valitaan laitteen Flash-muistipaikoista tuotava ohjelma. Järjestelmässä käytetylle IVC-3D11111 kameralle on mahdollista luoda useampia sovelluksia esimerkiksi erilaisten tuotteiden tarkastukseen. Laitteen käynnistyessä se alkaa aina suorittamaan Flash-muistipaikassa 0 sijaitsevaa sovellusta. (Application programming IVC-3D 2013, 13)



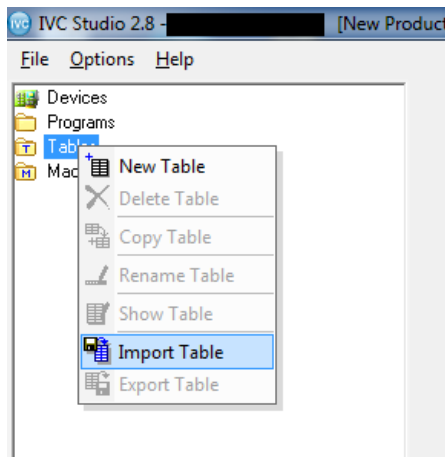
Kuvio 20. Tuotavan sovelluksen valinta Flash-muistipaikoista

Flash-muistista tuomisen jälkeen IVC studion puunäkymään ilmestyi sovellus ja taulukko, jotka olivat laitteen Flash-muistissa (ks. Kuvio 21). Kamera käyttää taulukkoa tiedon säilömiseen ja viemiseen eri funktioiden välillä.



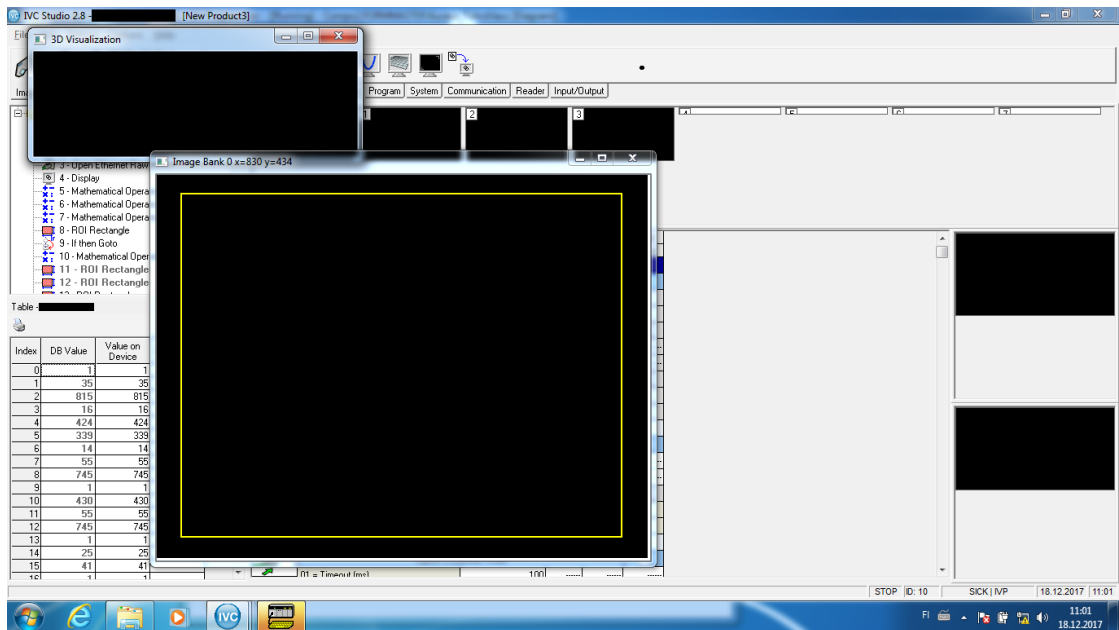
Kuvio 21. Sovellus ja taulukko tuotu ohjelmaan

Taulukon ja sovelluksen pystyi tuomaan muokattavaksi myös työaseman muistista. Kuvion 22 esittämällä tavalla valitaan esimerkiksi taulukko hiiren oikealla ja [Import Table]. Tällöin avautui Windows dialogi tiedoston valitsemiseksi työaseman muistista. Etuna työaseman muistista tuomiselle huomasin konenäköfunktioiden kommenttien säilyvän.



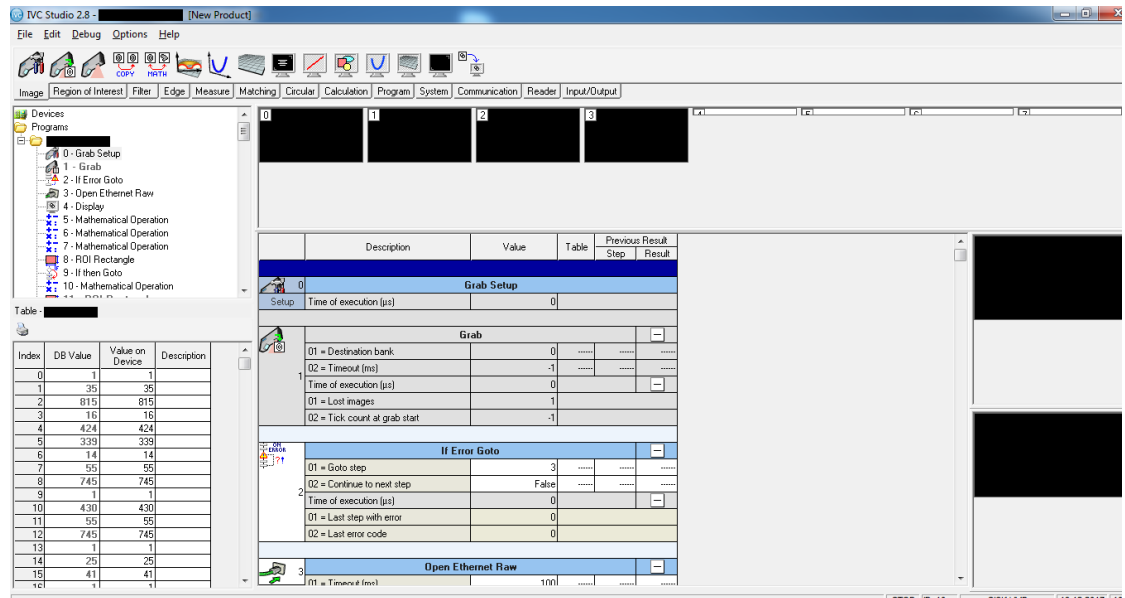
Kuvio 22. Taulukon tuominen IVC Studioon työaseman muistista

Tuplaklikkaamalla sovellusta Kuvion 21 näkyvässä pääsi tarkastelemaan ja muokkaamaan konenäköfunktioita. Ohjelmisto pyysi ensin linkittämään (Associate) valitulle laitteelle sovelluksen ja taulukon, jotta ohjelmisto ymmärtäisi millä laitteella niitä pitää suorittaa. Tässä tapauksessa oli vain yksi taulukko, sovellus ja laite, mutta ohjelmistolla on mahdollista hallita useampia samaan aikaan. (Application Programming IVC-3D 2013, 12)



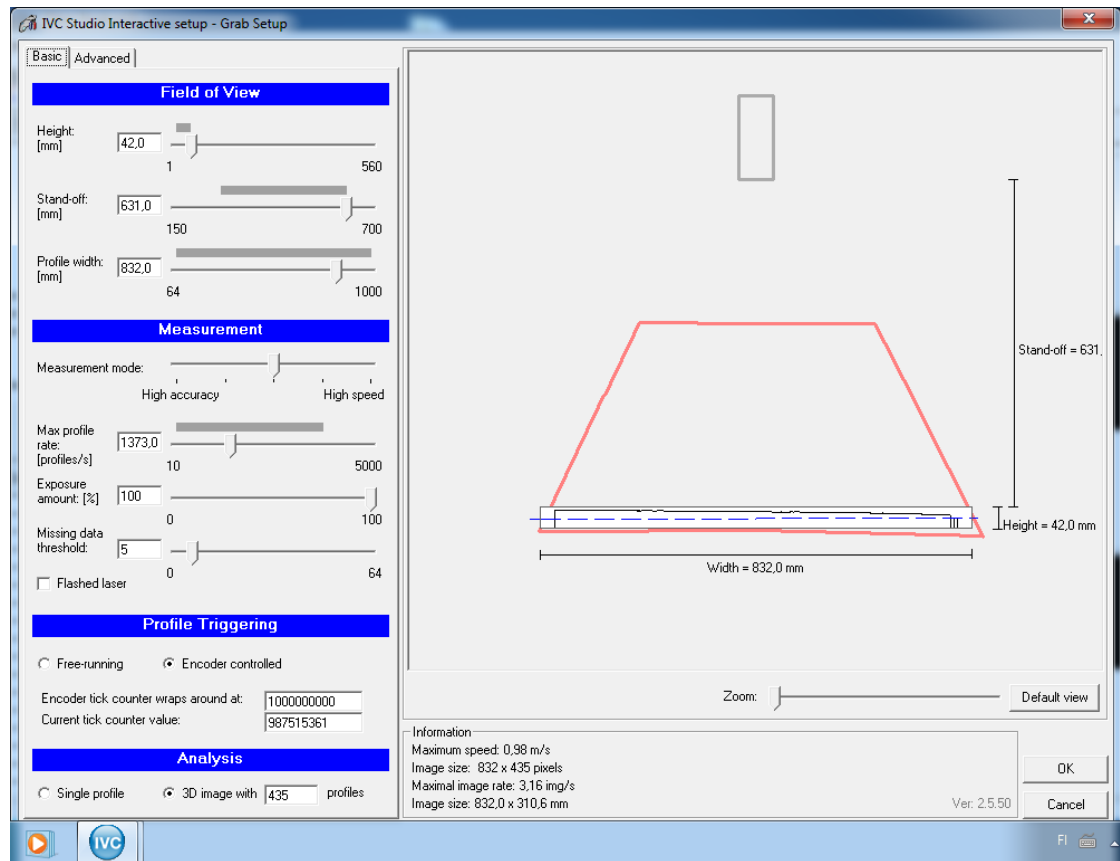
Kuvio 23. IVC Studion ohjelmointinäkymä

Konenäköfunktioiden ohjelmointinäkyssä pystyi ohjelmoimaan toimintoja ja tarkastamaan niiden toiminnan. Aluksi tarkastettiin alkuperäisen kuvan koko aktivoimalla ensimmäinen kuvapankki ja viemällä hiiri auenneeseen ikkunaan oikeaan alanurkkaan kuvion 23 osoittamalla tavalla. Kuvan viimeinen pikseli leveyssuunnassa johon hiiri osui, oli 830 ja pituussuunnassa 434.



Kuvio 24. Konenäköfunktioiden muokkausnäky

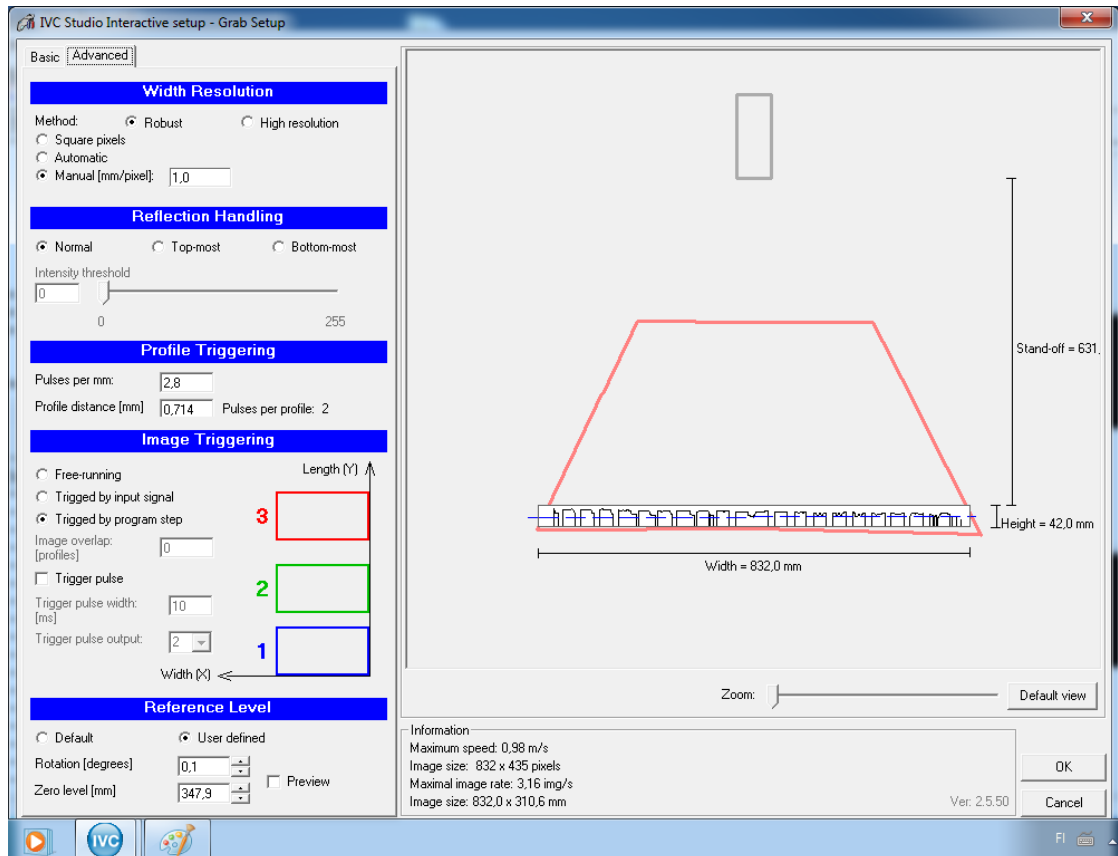
Konenäköfunktioiden muokkausnäkyästä (ks. Kuvio 24) pystyi tarkastelemaan jokaisen funktion parametreja. Ensimmäisenä funktiona yleensä sovelluksessa määritellään kuvan ottamisasetukset (Grab setup). Klikkaamalla askeleen asetuksia, aukesi kuvion 25 esittämä ikkuna.



Kuvio 25. Kuvausasetukset IVC Studiossa

Basic välilehdellä määriteltiin profiilin kuvausaluetta korkeus ja leveys suunnassa, profiilin kuvausalueen etäisyyttä kameraan, kuvaustarkkuutta, profiilin ottamisen nopeutta, valotusaikaa, puuttuvan datan minimi pikselimäärää leveys suunnassa, pulssianturin käyttöä sekä kuvan muodostamiseen tarvittavaa profiilimäärää (ks. Kuvio 25). Asetuksia oli helppo muokata halutuiksi, koska jokaisesta asetuksesta päivitettiin aina sallittu alue, joka näkyi harmaana palkkina asetusta muuttaessa. Ikkuna näytti myös profiilin testinäkömää (ks. Kuvio 25), josta pystyi silmämääräisesti tarkastamaan asetusten vaikutusta. Kuvausasetusten ollessa auki kameras viivalaser meni automaattisesti päälle, ja kamera alkoi kuvata profiilia testinäkömään.

Huomattiin kuvioon 25 napatun profiilin oikean reunan olevan kaareva, kun taas vasen oli suorakulmainen. Päätettiin, että kamera ei ollut keskellä lautta sivusuunnassa kuvausalueen loppuessa kesken. Kameraa tulisi korjata myöhemmin enemmän vasemmalle. Nyt keskityttiin kuitenkin kuvan laukaisun kohdistamiseen, ja profiilin oton ajastamiseen pulssianturin lukeman perusteella.

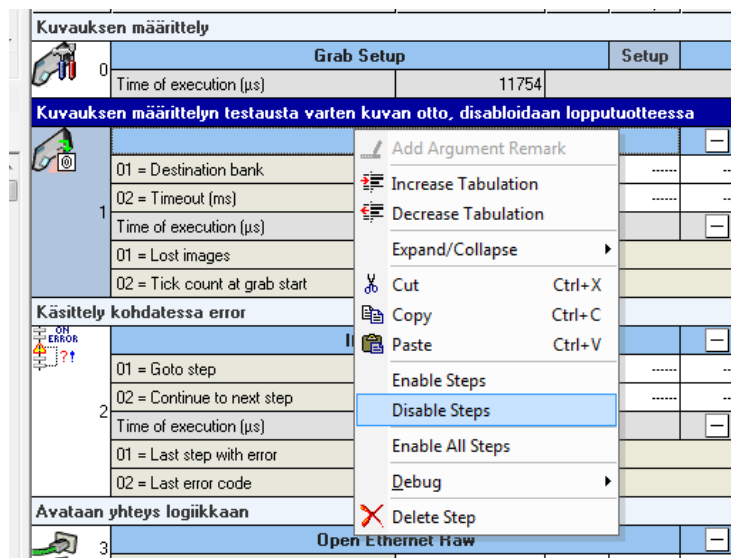


Kuvio 26. Kuvausasetukset Advanced-välilehdellä IVC Studiossa

Tällä välilehdellä (ks. Kuvio 26) pystyi säätämään mittaustarkkuutta leveys suunnassa (mm/pixel), pulssimäärää per millimetri, profiilien välistä matkaa kuvauskohteen pinnalla, kuvan laukaisutyyppiä, kameran sivuttaiskallistuksen korjausta sekä nollatasoa johon sovelluksessa käytettyjä arvoja verrataan. Erilaisia kuvausasetuksia kokeiltiin, ja samalla huomattiin kameran pulssilaskurin juoksevan isommasta numerosta pienempään. Kuvaa ei vielä kuitenkaan saatu näkyviin, koska ei tiedetty oikeaa menetelmää sen nappaamiseen.

Huomattiin, että kuvausasetusten Basic sivulla pystyi asettamaan profiilin laukaisun [Free running] tilaan sekä Advanced sivulla kuvan laukaisun [Free running] tilaan. Tällöin ohitettiin PLC-sovelluksesta valokennolta tuleva kuvan laukaisu sekä profiilien

oton tahdin määrittä pulssianturin sijaan Basic välilehden [Max profile rate] (Application Programming IVC-3D 2013, 245). Sen jälkeen sallittiin askel 1 (Grab) kokenäköfunktioista (ks. Kuvio 27), jotta pystyttiin testaamaan kuvanottoa ohjelmointinäkömön kehitystilassa.



Kuvio 27. Askeleen salliminen ja estäminen IVC Studiassa

Nyt ymmärrettiin sovelluksen suunnitelleen henkilön lisänneen kyseisen askeleen juurikin testausta varten. Lopputuotteessa tämä oli estetty (Disable), koska ohjelmassa oli toinen Grab-askel, jota käytetään kameran kuvaustulon tiedon ollessa aktiivinen. Kameran sovelluksen ohjelmakierron suoritettua Grab setup askel, alkaa kamera kuvaamaan jatkuvasti ohjelmakierron taustalla. Kun suoritetaan Grab askel, kamera nappaa viimeisimmän valmiin kuvan määritettyyn kuvapankkiin. Nyt onnistuttiin nappaamaan ensimmäinen testikuva (ks. Liite 15). (Application Programming IVC-3D 2013, 53-55)

Ohjelmisto näytti kuvapankkia klikkaamalla 3D-mallinnuksen, jota pystyi käännellä sekä 2D-kuvan, jossa korkeusarvot näkyivät harmaasävyskaalana kuvassa. Mitä vaaleampi, sen korkeammalla kohta on 2D-kuvassa. Kuvasta varmistui ensinnäkin aikaisempi epäily mahdollisesta kuvan venymästä, joka johtui epäedullisesta asennuskohteesta. Pääteltiin, että tämä ei kuitenkaan haittaa lopputuotteen toimintaa, koska järjestelmän tarkoituksena on tutkia jauhon täyttöä laudalla eikä laudan muotoja.

Jauhon täyttöä tutkitaan jokaisella neljällä reuna-alueella erikseen sekä reuna alueiden keskeltä, vertailemalla asetettuja sekä mitattuja korkeusarvoja. Kun kuva saadaan kohdistettua sivusuunnassa, laukaistua oikeaan aikaan sekä lauta suoraksi kuvaan, niin jauhontäyttö pystytään mittaamaan ohjauspaneelilta annetuilla alueilla.

Tässä kohtaa varmistuttiin myös kameran sivuttaissuunnan kohdistuksen olevan väärin. Lauta selkeästi katkeaa vasemmalta puolelta. Huomattiin kuvan olevan hyvin vähän vinossa, johtuen mahdollisesti kameran sivuttaiskallistuneisuudesta. Toimeksiantajan työntekijää pyydettiin esittämään sillä hetkellä meneillään olevaa tuotekuviota koneeseen tulevista laudoista (ks. Liite 16), koska ei pystytty koneen käydessä arvioimaan kuinka paljon laudasta leikkaantui pois kuvanotossa. Silmämääräisen tarkastelun perusteella kameraa tuli siirtää noin 2 cm vasemmalle. Onnistuneen kuvauksen jälkeen lähdettiin etsimään oikeita arvoja profiilien ajoitukseen.

Järjestelmän kameran kuvaus tuli mitoittaa pulssianturin antamien pulssien mukaan siten, että koko lauta näkyy muodostetussa 3D-kuvassa. Anturi oli inkrementaalinen pulssianturi, joka antaa 1024 pulssia per kierros (DKS40: Incremental Encoders 2012, 1-5). Logiikan ohjelmaan tehtiin lisäys, jonka avulla suoritettiin sarja testejä (ks. Kuvio 28). Sovellusta myös pakko-ohjattiin siten, että laskuri pysyi päällä, eikä nollautunut muuten kuin laskiessaan maksimiarvoonsa.



Kuvio 28. Ohjelmallisäys pulssimäärän selvittämiseksi

Sovellukseen lisätty osa toimi siten, että jokaisella logiikan tuloon kytketyn etäisyysanturin nousevalla reunalla kopioitiin logiikan laskentakortin CTO21 lukema sovelluksen alkuperäisestä laskurin arvoa kuvaavasta muuttujasta lisättyyn testimuuttujaan. Näin saatiin riittävän suuri aikaikkuna, jotta pystyttiin kirjaamaan laskurin ar-

voja ylös jokaisen asemanvaihdoksen kohdalla. Kirjatuista sarjojen perättäisistä laskurien arvoista vähennettiin edeltävä arvo ja tuloksena saatiin aseman pituuden arvo pulssimääränä. Hyväksytyistä mittaustuloksista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta sekä suhteellinen virhe. Mittauksen tulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan (ks. Liite 17). Samaan mittauspöytäkirjaan sisällytettiin konenäkösovellukseen tarvittava pulssia per millimetri lasku.

Laskettuja arvoja kokeiltiin sovelluksessa asettamalla profiilin laukaisu kohtaan valinta pulssianturiohjattu ja pulssimäärään per millimetri saatu mittaustulos. Kuvan laukaisu pidettiin [Free running] tilassa, jotta pystyttiin ohjelmasta käsin ottamaan manuaalisesti ajoitettu kuva konenäköfunktioiden kehitysnäkymässä. Ei onnistuttu kuitenkaan ottamaan kuvaa.

Huomattiin, että pulssianturia käytettäessä [Encoder Tick counter wraps around at] -arvo määrittää korkeimman arvon laskurille. Kun tämä arvo saavutetaan, laskurin arvo asetetaan nolnaan. Tästä varmistuttiin, että kameran laskuri laskee väärään suuntaan. Sen tulisi laskea pienemmästä suurempaan. Tämä saattoi johtua siitä, että ei oltu tarkastettu pulssianturin pyörimissuuntaa kiinnitettyyn akseliin nähden ennen asennusta. (Application Programming IVC-3D 2013, 248)

Järjestelmän sähkökeskuksessa tehtiin kytkentämuutos riviliittimellä X20 (ks. Liite 10, Lehti 9), siten että kameralle vaihdettiin kaapelilla 5W10 tulevan pulssianturitiedon A ja B kanavan tiedot toisinpäin. Piti huolehtia, että myös kanavien vertailujännitteet A- ja B- vaihdettiin keskenään. Muutokset kirjattiin sähkökuviin (ks. Liite 10, lehti 9)

Seuraavaksi onnistuttiin ottamaan IVC studiossa testikuva pulssianturin ohjatessa profiilinottoa ja kuvan laukaisun ollessa [Free running] tilassa. Ei kuitenkaan saatu muottilautoja ilmestymään järjestelmän kosketuspaneelille järjestelmän normaaliolosuhteissa. Tarkastettiin uudelleen logiikan sovellusta ja kokeiltiin pakko-ohjattua logiikalta kameralle annettava kuvauskäsky. Konenäköfunktioissa tarkastettiin kuvausta ohjaavan tulon tila ennen ja jälkeen logiikkaohjelmassa tehtyä lähdön pakko-ohjauksen. Tästä vedettiin johtopäätös, että kameran sovellus toimii niin kuin pitääkin, mutta logiikka ei anna kuvauskäskyä oikein.

Laskurin huomattiin laskevan logiikan sovelluksessa suuremmasta pienempään. Tämän vuoksi laskuria ei nollattu etäisyysanturin huomattessa laudan, niin kuin sovellus

oli määritetty tekemään. Laskurikortin kytkennöistä varmistuttiin ja tehtiin kytkentämuutos vaihtamalla riviliittimelle X20 logiikkakortilta tulevan kaapelin johtimien paikkaa 3 ja 4 liittimissä päittäin (CJ1W-CTO21 High-speed Counter Units Operation Manual 2013, 32). Näin saatiin muutettua laskurin laskusuuntaa vaihtamalla A ja B kanavat keskenään kuten kamerallakin. Muutokset kirjattiin sähkökuviin (ks. Liite 10, lehti 9).

Laskurikortin kytkennän tultua korjatuksi, tarkastettiin vielä logiikkasovelluksessa tehdyt ohjelmamuutokset oikean pulssia per millimetri -arvon laskemiseksi (ks. Kuvio 28). Huomattiin tehty ajatus- ja havainnointivirhe mittauksien suorituksessa. Mittauksia tehdessä ei oltu huomattu laskurin laskevan ylhäältä alaspäin. Laskuri oli laskenut niin nopeasti, että jokaisella mittaussarjan askeleella laskuri oli mennyt noltaan asti ja heti perään jatkanut suurimmasta mahdollisesta arvosta 65535 (ks. Liite 17). Laskurin suurin mahdollinen arvo tarkastettiin logiikkasovelluksessa laskurin asetuksesta. Yksikään mittauservo ei ylittänyt 65535.

Seuraavaksi kehitettiin ajattelumalli, jolla saatiin oikea arvo pulssimäärälle per aseman vaihto. Ajattelumallissa laskurin arvot sallittiin välille 0 ... 65535 ja laskuri laski ylhäältä alaspäin tasaisella tahdilla. Kun laskuri saavutti arvon nolla, aloitti se taas seuraavalla pulssilla maksimiarvosta. Mittaustuloksista liitteessä 17 voi huomata jokaisella askeleella arvon kasvavan keskimäärin pyöristettynä 6140. Silmämääräisellä tarkastelulla huomattiin laskurin laskevan aina vain yhden kerran alueensa ympäri per laudan asemanvaihto. Jotta laskuri ehtii kiertää arvoalueensa yhden kerran ympäri laskiessaan suuremmasta pienempään ja mittaustulos oli jokaisella sarjan seuraavalla mittauksella suurempi, täytyi laskurin laskea vähemmän arvoja kuin oma mittauseroalueensa. Pulssia per asema laskettiin vähennyslaskulla (ks. Kaava 1).

$$PPA = L_{max} - PPA_{L17} = 65535 - 6140 = 59395 \quad (1)$$

Jossa:

L_{max} = Laskurikortin maksimiarvo

PPA_{L17} = Liitteen 17 tulos pulssia per asema

PPA = pulssia per asema

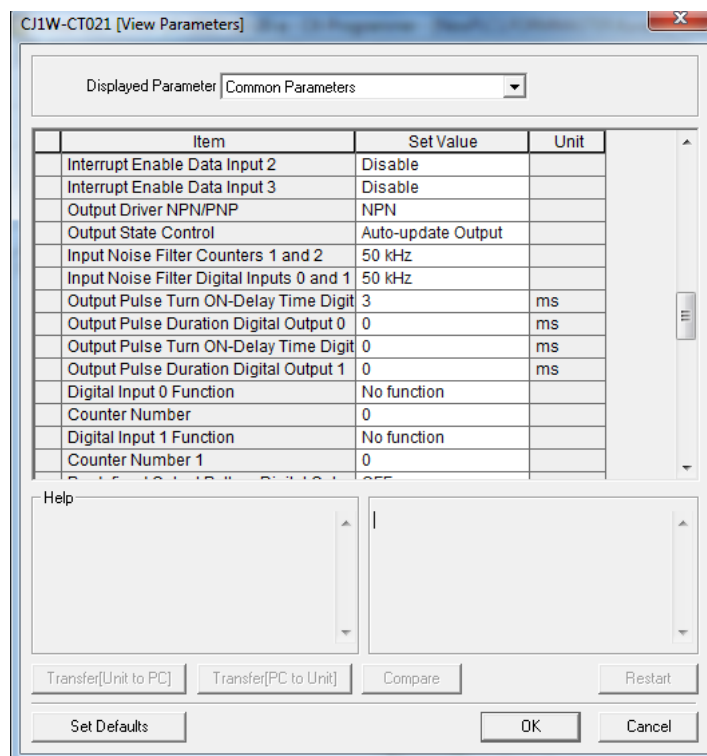
Lukema kuulosti melko isolta, mutta se hyväksyttiin. Tiedettiin, ettei muottilautaa oltu saatu levitettyä koko kuvan alueelle pituussuunnassa edellisillä arvoilla. Koska

pulssiarvo oli iso ja huomattiin asemanvaihtoon kuluva vain vähän aikaa, laskettiin pulssitaajuus sen soveltuvuuden tarkastamiseksi laskurikortin maksimiarvoon 500 kHz nähden. Mittaukset ja laskut kirjattiin mittauspöytäkirjaan (ks. Liite 18)

Pulssitaajuutta verrattiin laskurikortin valmistajan antamaan maksimiarvoon (Omron Co. 2013. CJ1W-CTO21 High-speed Counter Units Operation Manual, 2):

$$26 \text{ kHz} < 500 \text{ kHz} \rightarrow \text{sallittu} \quad (2)$$

Tällä laskurikortilla maksimipulssitaajuus oli 500 kHz ja sitä ei ylitetty. Piti vielä tarkastaa pulssianturin asetuksista logiikkaohjelmassa, että kuviossa 29 esitetty laskuritulon häiriönestotaajuus oli asetettu suuremmaksi kuin saatu pulssitaajuus. Tässä tapauksessa valittiin 50 kHz, koska se oli seuraava arvo ylöspäin. Kaikkien muiden parametrien oletettiin olevan oikein, koska laitteisto oli joskus toiminut.



Kuvio 29. Laskurikortin asetukset

Pulssia per millimetri -arvo saatiin jakamalla kaavan 1 tulos aseman pituudella (ks. Kaava 3).

$$\frac{\text{Pulsia}}{\text{mm}} = \frac{P_{av}}{l_{\text{lauta}} + l_v} = \frac{59395 \text{ puls}}{400\text{mm} + 40\text{mm}} = 134,98863 \frac{\text{puls}}{\text{mm}} = 135 \frac{\text{puls}}{\text{mm}} \quad (3)$$

Jossa:

P_{av} = asemanvaihtoon vaadittu pulssimäärä

l_{lauta} = laudan pituus linjan suuntaan

l_v = lautojen pysähdysasemien väli

Vaikka laskettuun arvoon oli kertynyt paljonkin virhettä, tulkittiin arvo silti tarpeeksi tarkaksi. Laskut olivat tarpeeksi tarkkoja, jotta pystyttiin löytämään oikea arvoalue. Lopullisten parametrien löytäminen tapahtui kokeilemalla eri arvoja IVC studion kuvanottoasetuksissa ja havainnoimalla, miten lauta mahtuu kuvaan. Arvo P_{av} asetettiin laadunvalvontajärjestelmän kosketusnäyttöpaneelille kohtaan [Tahdin loppu]. Logiikkaohjelma käyttää tätä arvoa laskeakseen yhden kuvan ottamisen kestoa ja pystyy näin myös laskemaan, milloin valaminen pitää lopettaa viimeisen laudan mentyä kuvauspaikan läpi.

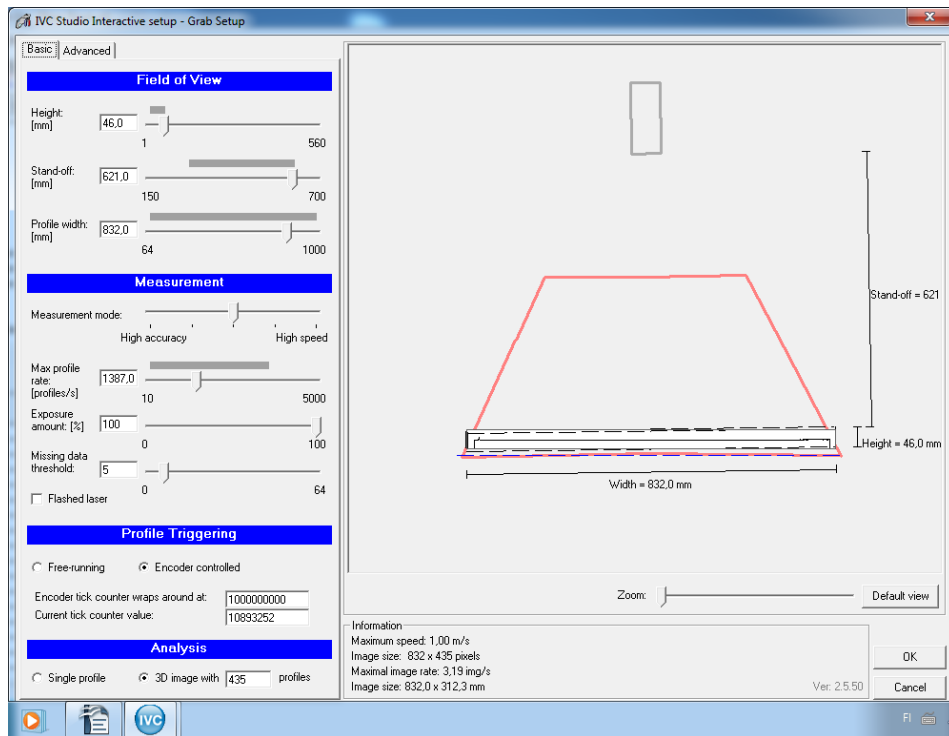
Kuvan ottamisessa onnistuttiin nyt IVC Studion kehitysnäkymässä käyttämällä uudelleen laskettua pulssia per millimetri arvoa ja pulssianturiohjattua profiilin oton ajastusta kuvan ajoituksen ollessa [Free running] tilassa. Päätettiin jättää profiilien välinen etäisyys mahdollisimman samanlaiseksi kuin alkuperäisessä asennuksessa, eli noin 0,714; jotta kuvan laatu pysyisi samanlaisena kuin alkuperäinen. Kuvan profiilimäärä tuli olla myöskin sama kuin alkuperäinen, muuten IVC Studio antoi ilmoituksen, että kuvan koko ei ole sama kuin mille sovellus on luotu. Kameran sivuttaissuunnan kohdistusta korjattiin löysäämällä sen mekaaniseen kiinnitykseen tehtyjä ruuveja ja siirtämällä kameraa oikeaksi arvioituun suuntaan. Samalla tuli korjata kameran sivuttaiskallistuma kuvausasetuksissa uudelleen, koska on mahdotonta päästä jokaisella asennuskerralla tismalleen samaan sivuttaiskallistuskulmaan.

Siirtämisen jälkeen otetussa testikuvassa oli nähtävissä, että [pulsia per millimetri] arvo on vielä väärin koska muottilauta ei täytä koko kuvaa pituussuunnassa (ks. Liite 19). Kuvasta tulkittiin, että kameran siirtosuunta oli oikea, koska nyt laudasta oli selkeästi erotettavissa kahvaosa molemmilta puolilta. Huomattiin laudan olevan vielä kuitenkin vähän enemmän oikealla kuin vasemmalla. Huomattiin laudan suuntien olevan hyvin vaikeasti hahmotettavissa kuvasta, joten niistä tehtiin ohjekuva tulevaisuutta varten (ks. Liite 20).

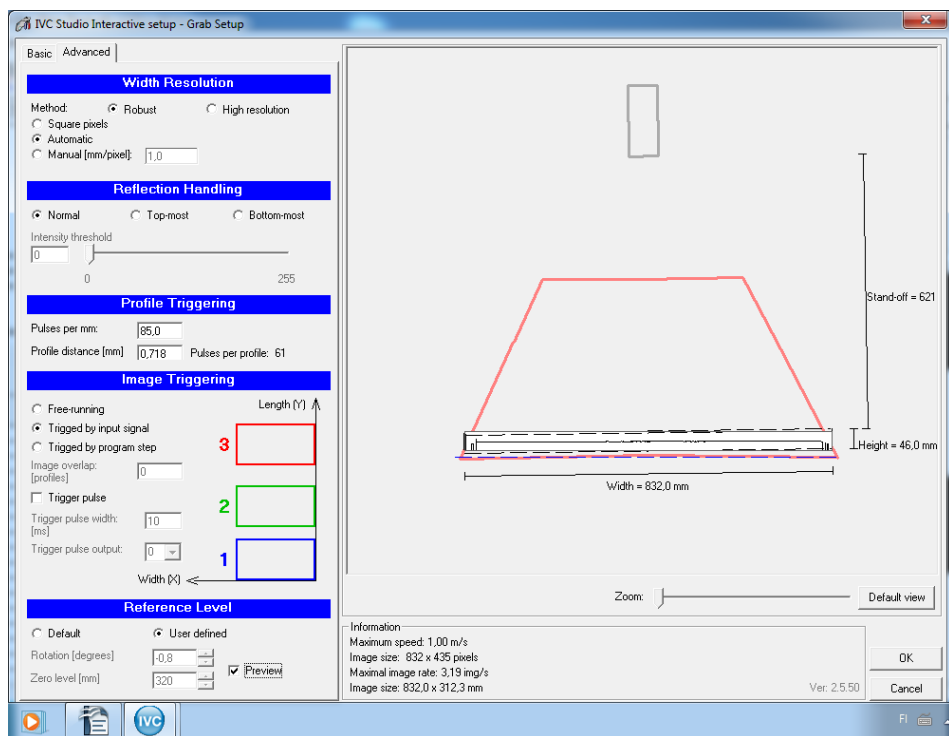
Liitteestä 19 voi huomata miten paikoillaan oleva lauta näkyy pulssiaron juostessa ja määrätessä profiileja otettavaksi. Kuvan yläreunassa näkyy nimittäin pystysuoria viivoja, jotka ovat todellisuudessa sama kohta laudasta kuvattuna useamman kerran. Tämänlainen viivojen muodostuminen profiilien monistuessa hyväksyttiin, koska asennuspaikka oli haastava ja tiedettiin reuna alueiden sijainteja voitavan määrittellä kosketusnäyttöpaneelille syötettävillä parametreilla uudelleen, kunhan kuvan laukaisu onnistuisi aina samasta kohtaa. Lopputuotteessa ei laitteiston käyttäjälle näytetä edes tämän laatuista kuvaa vaan muottilaudasta tehty grafiikka punaisena tai vihreänä. Tässäkin kuvassa suoritettiin kuvan laukaisu manuaalisesti profiilin muodostuksen ajoituksen ollessa pulssianturin ohjaama.

Tuotantolinjastolla, johon laadunvalvontajärjestelmä siirrettiin, valmistetaan useampaa tuotetta, mutta se ei haittaa työn kohteena olevaa järjestelmää. Tarkastettava muottilauta on aina saman mittainen ja jauhön täytön maksimi- sekä minimipinta on aina sama. Laudan keskiosaan tuotekuvion kohdalle voidaan määrittellä kosketuspaneelin parametreista jauhontäytölle sellainen arvo, jolla syvinkään tuotekuvio ei aiheuta hälytystä.

Liitteen 21 testikuva on otettu kuvioissa 30 ja 31 esitetyillä kuvanottoasetuksilla pois-sulkien kuvan laukaisuasetus, joka oli [Free running] tilassa. Lautaa saatiin kohdistettua manuaalisesti kuvaan. Kokeilullisten menetelmien kautta oltiin päädytty pulssia per millimetri -arvoon 85, profiilietäisyyden ollessa mahdollisimman lähelle alkupe-
räistä arvoa 0,714. Kameraa haluttiin siirtää vielä 1 senttimetri vasemmalle, ja huomattiin tämän olevan maksimisäätö mitä mekaaninen asennus sallii. Muottilaudalle on mahdollista määrittää millimetrin levyiset reuna alueet, ja niiden keskelle muotti-
alue. Muottilauta oli levittänyt hyvin kuvan alueelle pituussuunnassa. Mikäli kuvan laukaisu saataisiin tehtyä etäisyysanturilla samasta kohdasta, järjestelmä tulisi toimi-
maan samalla tavalla kuin aikaisemmassa asennuksessa.



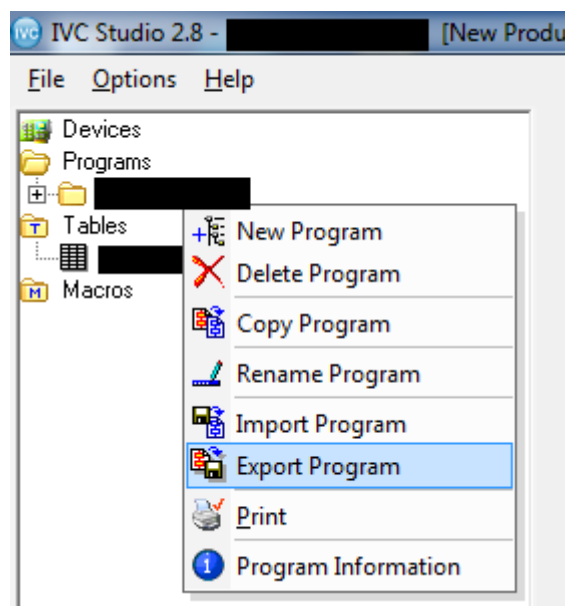
Kuvio 30. Kuvausasetusten Basic sivu



Kuvio 31. Kuvausasetusten Advanced sivu

Profiilin ajoituksen onnistuttua tuli estää (Disable) konenäköjärjestelmän askel 1 (ks. Kuvio 22), ja asettaa kuvausasetuksiin vielä kuviossa 31 esitetty [Triggered by input signal], jotta kameran kuvaus toimisi logiikan kautta etäisyysanturin ohjaamana. Seuraavaksi tuli mennä IVC Studion puunäkymässä Devices välilehdelle ja tallentaa tehdyt muokkaukset laitteen Flash-muistiin. Tämä onnistui klikkaamalla laitetta hiiren oikealla ja valitsemalla Device management>Flash>Write program to Flash. Aina kun suoritetaan sovelluksen kirjoittaminen Flash-muistiin, ohjelmisto vie valitulle laitteelle linkitetyn (Associate) taulukon ja ohjelman. Komennon suorittamisen jälkeen ohjelmisto avaa ikkunan, jossa saa valita haluamansa Flash-muistipaikan. Sen jälkeen voi tulla ilmoitus sovelluksen estetyistä askeleista, mikä on ok. Lopulta pitäisi tulla ilmoitus kirjoituksen onnistumisesta.

Työn aikana huomattiin IVC Studion versiossa 2.8 ongelma. Työasemalle ei jostain syystä voitu tallentaa ohjelmistossa tehtyä tuotekokonaisuutta (product), joka sisältää sovelluksen, taulukon ja laitemäärittelyt. Sen sijaan pystyttiin tallentamaan taulukko ja ohjelma erikseen Export table ja Export Program -komennoilla (ks. Kuvio 32)



Kuvio 32. Sovelluksen vieminen työasemalle

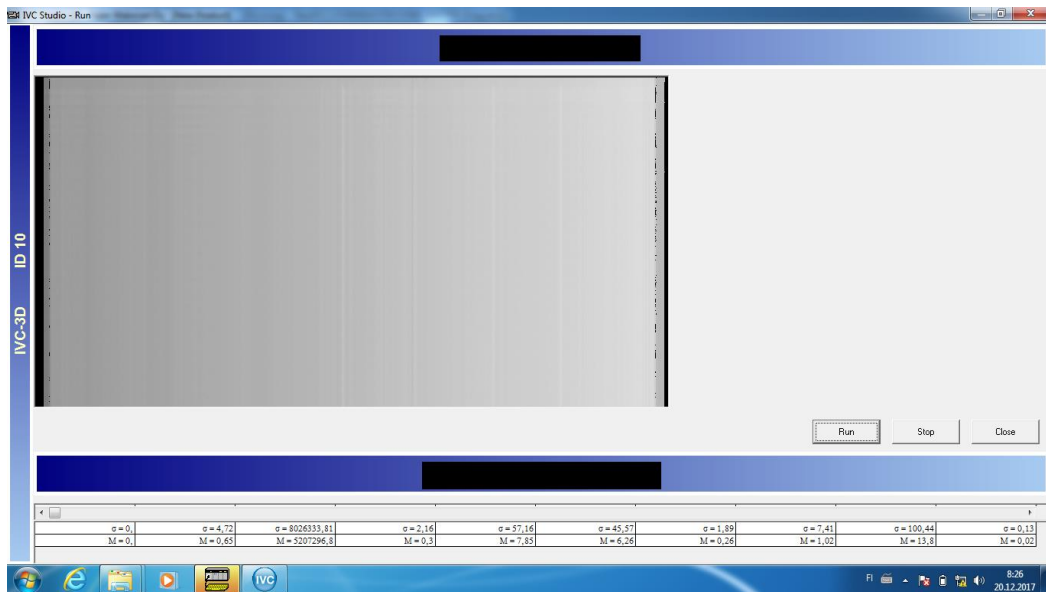
Pystyttiin kuitenkin muokkaamaan Flash-muistipaikassa 0 olevaa ohjelmaa, mikä oli toimeksiannolle tärkeämpää. Huomattiin myös, että laitteen Flash-muistipaikasta IVC

Studioon ohjelmaa tuodessa häviää kaikki kommentit askeleista. Työn aikana konenäkökameran sovellukseen kirjattiin kommentteja, jotka saattavat helpottaa ohjelmointia jatkossa. Nämä kommentit löytyvät toimeksiantajan työasemalle viedyistä konenäkökameran sovelluksesta ja taulukosta.

Kun muokattu sovellus oli tallennettu kameran Flash-muistiin, käynnistettiin järjestelmä uudelleen ja kamera alkoi kuvaamaan kohteita. Kohteet ilmestyivät myös kosketuspaneelille niin kuin pitikin (ks. Kuvio 33). Sovellus avattiin IVC Studioon live näky-
mässä valitsemalla laite hiiren oikealla ja Live Device. Piti huolehtia, että kamera oli livenäkymässä ennen kuin käynnisti muotin tarkastuksen kosketuspaneelilta, muutoin järjestelmä ilmoitti TCP open virheestä.

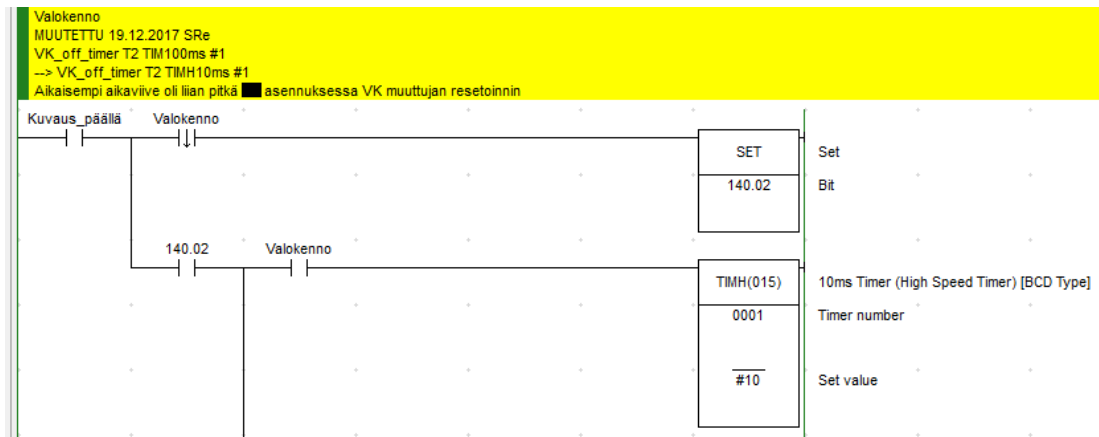


Kuvio 33. Laudat paneelilla

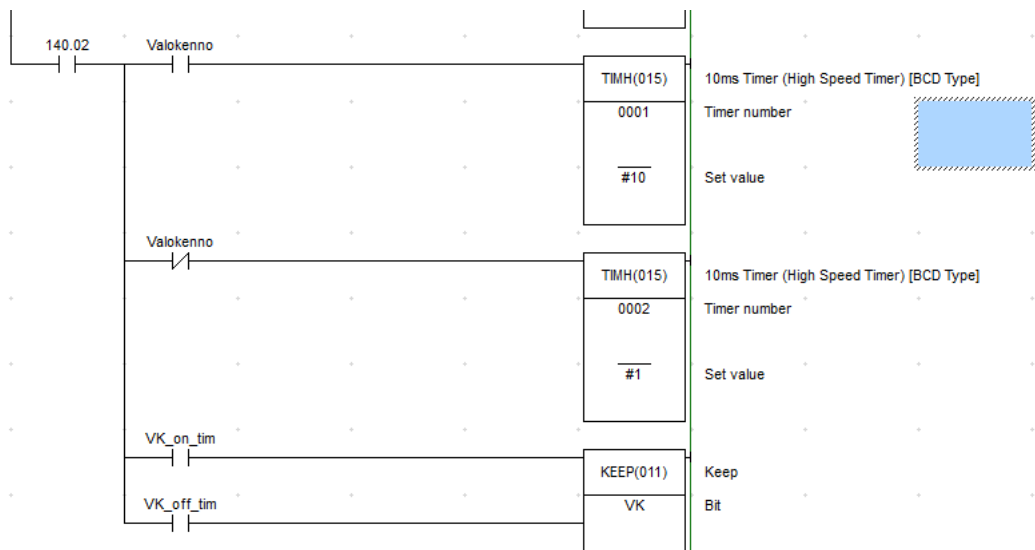


Kuvio 34. Lauta IVC Studion live näkymässä

Järjestelmän testauksen jälkeen IVC Studion live-näkymässä huomattiin kuvauksessa vielä ongelmia (ks. Kuvio 34). Kamera kuvasi vain joka toisen laudan. Logiikkaohjelmasta löydettiin kohta, jossa määritellään pulssianturin pulssien laskurin nollaus. Valokennolle oli määritelty minimaiaika tilanvaihdokseen ennen kuin tilanvaihdos sallittiin. Sovelluksen online-näkymässä tapahtuneen tarkastuksen jälkeen varmistuttiin, että etäisyysanturille varattu tulo oli 1 laudan ollessa kohdalla, ja 0 lautojen välissä. Laskurin nollaus, ei kuitenkaan toiminut, jokaisen laudan alussa. Laskuri nollattiin VK muuttujan nousevalla reunalla ja VK ei nollautunut ikinä koneen käydessä. Tämän korjaamiseksi kokeiltiin pienempää aikaviivettä muuttujan VK tilan nollaamiseksi (ks. Kuviot 35 ja 36). Muutos testattiin ja toiminta todettiin. Muutos perusteltiin muotti-laudan nopealla liikkumisella kuvauspaikan ohi ja muottilautojen välin pienellä koolla (noin 4 cm).



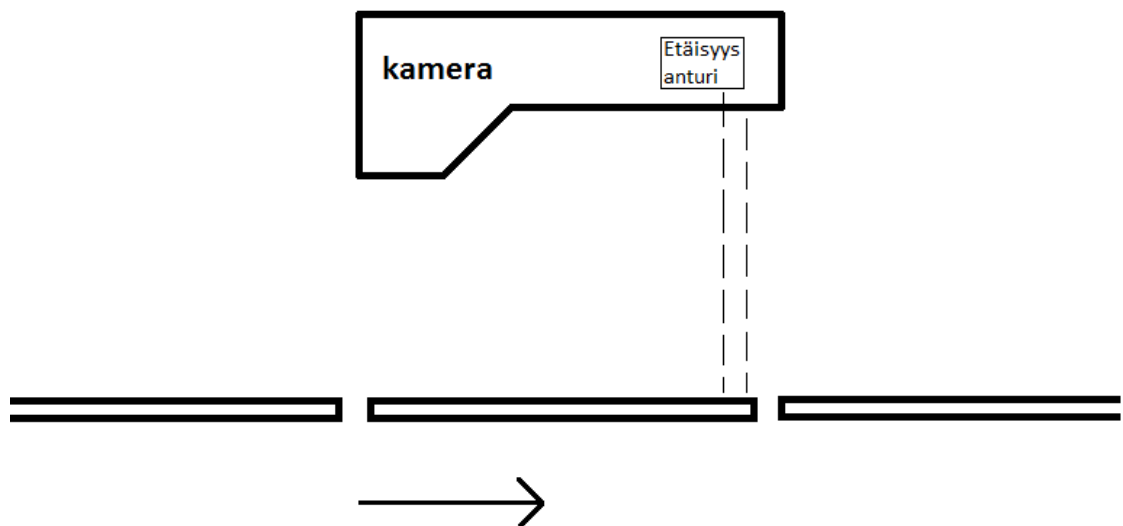
Kuvio 35. Valokennon ohjauksen muutos 1



Kuvio 36. Valokennon ohjauksen muutos 2

Kuviosta 34 on vielä nähtävissä järjestelmän asennusvirheestä johtuva häiriö. Kamera ottaa koko kuvan profiilit yhdestä kohtaa lautaa ja siksi piirtää vain suoria pitkittäis-suuntaisia viivoja. Tämä johtuu tuotantolinjaston epäedullisesta rakenteesta ja etäisyysanturin periaatteellisesta asennusvirheestä. Pulssianturia ei voitu kiinnittää suoraan sellaiseen akseliin joka aikaansaa valumuotin liikkeen. Muottilaudat liikkuvat linjastolla sykleittäin. Etäisyysanturin sekä kameran kohdistuksessa tuotantolinjaston pituussuunnassa ei onnistuttu siten, että kamera saisi kuvan valumuotin liikkeessä kameran viivalaserin ali. Kuvauskohdassa muottilaudat pysähtyvät siten että kameran laserviiva jää laudan etureunaan.

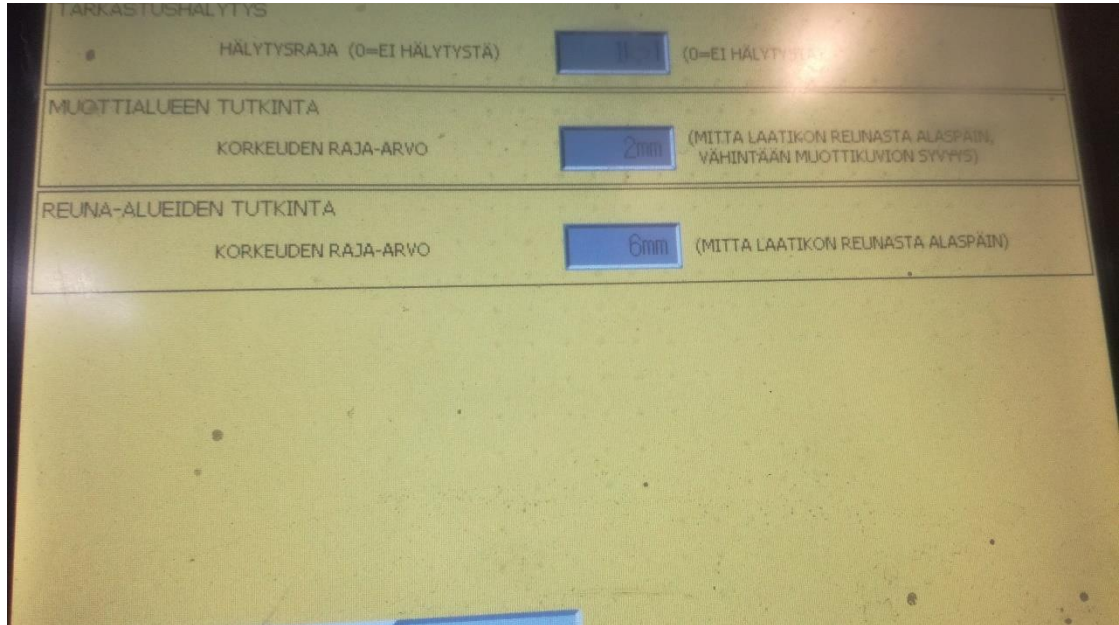
Ennen järjestelmän asennuksia uuteen kohteeseen ei oltu onnistuttu tiedon välityksessä projektiin osallistuneiden henkilöiden kesken. Tästä syystä oli unohdettu mainita etäisyysanturin asennuksesta, ja kiireessä asennusten aikana ei onnistuttu aikaansaamaan oikeanlaista asennusta anturin kohdistamista varten. Anturi asennettiin kiinteästi osoittamaan 6 cm ennen kameran viivalaseria (ks. Kuvio 37). Kuva laukaistiin nyt silloin kun lauta oli pysähtymässä ja kuvaa otettiin, kunnes vaihdelaatikon akseli oli pyörinyt määrätyn pulssimäärän. Tämä aika oli juuri sopiva, että lauta ehti pysyä paikoillaan.



Kuvio 37. Virheellinen asennus

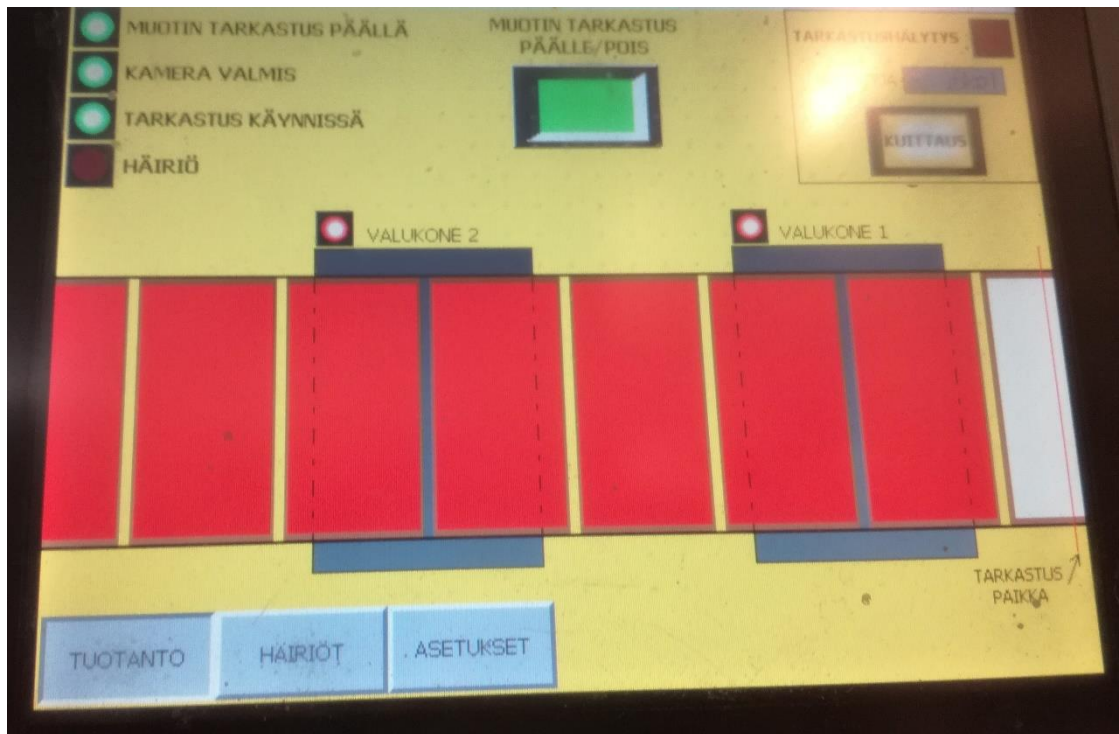
Ongelmana oli se, että etäisyysanturi laukaisi kuvauksen etäisyysanturin nousevalla reunalla silloin kun lauta asettuu kuviossa esitettyyn pysähdyspaikkaansa kameran alla. Kuva pitäisi laukaista silloin, kun lauta lähtee pois ja kameran laser pyyhkäisisi koko laudan kuvauksen aikana. Tämä saataisiin aikaiseksi sillä tavalla, että etäisyysanturin osoittama kohdistettaisiin kuviossa 37 esitetyn kameran viivalaserin vieressä oikealla olevaan lautojen väliin kuitenkin mahdollisimman lähelle kameran alla olevan laudan reunaa. Liite 22 havainnollistaa kameran laserviivan kohdistusta kuvauspaikalla.

Asennusvirheestä huolimatta järjestelmä oli saatu ohjelmallisesti toimimaan oikein. Järjestelmää testattiin kokeilemalla parametrien muuttamista kosketuspaneelilta tahallisesti niin tiukaksi, ettei yksikään lauta läpäise tarkastusta hyväksytysti (ks. Kuvio 38).



Kuvio 38. Muottialueen tutkinnan korkeuden raja arvon muutos

Kosketuspaneelilla muutettiin muottialueen tutkinnan korkeuden raja-arvo kahteen millimetriin. Haluttu reaktio saatiin aikaan. Kaikki laudat näyttivät nyt punaista ja valaminen estettiin (ks. Kuvio 39). Tämä ei kuitenkaan häirinnyt tuotantoa, koska järjestelmää ei vielä oltu kytketty valukoneeseen.

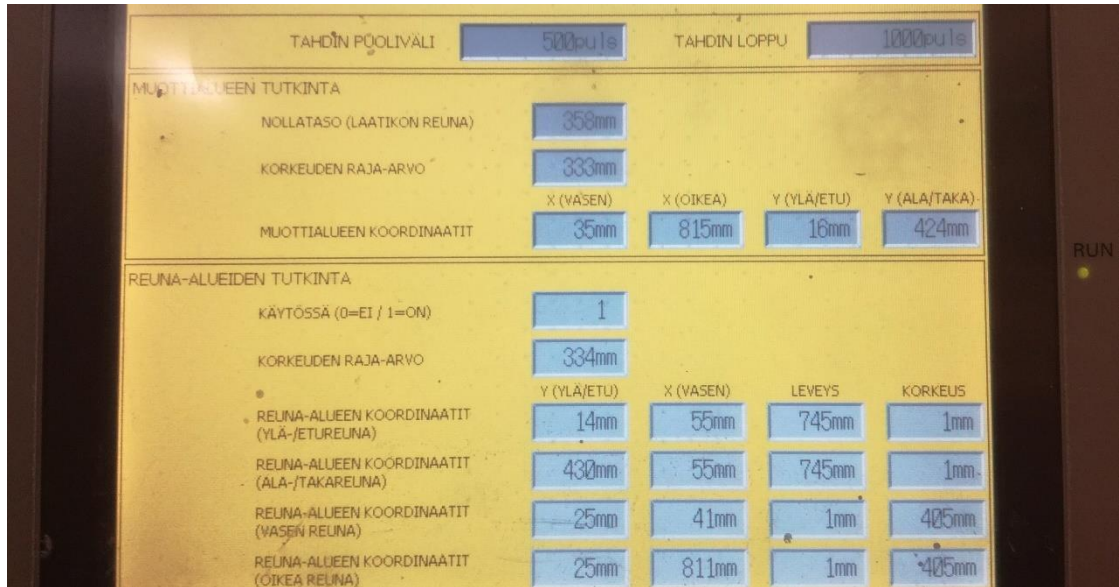


Kuvio 39. Valunesto

Kameran kuvauksen suhteen jäi vielä tehtäväksi uuden asennuksen tekeminen etäisyysanturille. Tätä varten tilattiin anturille uusi kiinnike, jolla on mahdollista säätää anturin osoituskulmaa. Etäisyysanturin uuden asennuksen jälkeen kameran kuvausasetukset ja kosketuspaneelin parametrit saataisiin viimeistelyä.

5.7 Ohjauspaneelin parametrien asettelu

Kun etäisyysanturin asennus tulee korjatuksi, on sen jälkeen mahdollista asetella parametrit oikein kosketuspaneelilla. Paneelilla on parametrejä kahdella eri sivulla: Basic ja Advanced. Molemmat on suojattu omalla salasanallaan. Basic asetukseen pääsee tuotantosivulta, ja Advanced asetukseen pääsee Basic asetuksista.



Kuvio 40. Kameran parametrit aikaisemmassa asennuksessa (Advanced)

Kosketuspaneelilla Advanced-välilehdellä asetellaan kuviossa 40 esitetyt parametrit. Koordinaatit reuna-alueille ja muottialueelle tulee asetella vasta sitten, kun kuvan laukaisu on saatu etäisyysanturilla tai muulla keinolla toimimaan aina samasta kohdasta. Keskustelu toimeksiantajan työntekijän kanssa ja logiikkasovelluksen tarkastelu, johti epäilykseen, että ylä ja alareunan tarkastelu olisi ollut pois käytöstä. Tämä on johtunut mahdollisesti siitä, että kuvan laukaisu ei ole ollut aivan täydellinen ja laudan asema kuvassa pystysuunnassa on vaihdellut liikaa.

IVC Studion konenäköfunktioilla mitattiin laudan jauhun pintatason liitteessä 20 esitetyssä testikuvassa olevan yhdessä kohtaa 358 millimetriä. Samassa kuvassa tuotekuvion pohja oli 347 millimetrissä. Näiden erotus oli 11 mm tällä tuotteella. Toisessa kuvassa jauhun pintatason arvo oli 356 millimetriä. Jauhon pintatasolle pääteltiin hyväksi arvoksi 360 millimetriä ja tämä asetettiin parametriin [nollataso (laatikon reuna)].

Korkeuden raja-arvoksi tuli laittaa pienin sallittu korkeuden arvo. Tämä tarkoitti, että jos jauhun korkeus tarkastellulla alueella alitti korkeuden raja-arvon, laudalle ei valjeta. Tähän asetettiin 346 mm, eli pienempi arvo kuin mitattu kuvion pohja. Aikaisemmassa asennuksessa käytettyjen parametrien tarkastelun jälkeen, huomattiin tähän sopivammaksi arvoksi 25 mm pienempi kuin asetettu [nollataso (laatikon reuna)].

Valukuvion jauhoon painavien päiden kokojen tarkastelulla selvisi tuotteelle varatun kuopan suurimmaksi syvyydeksi 18 millimetriä jauhon pinnasta alaspäin. Tästä päätettiin paneelin Basic parametreissa olleen alkuperäisen muottialueen raja-arvon 25 mm riittävän. Reuna-alueiden raja-arvoksi arvioitiin 6 mm, reuna-alueella tarkoitetaan siitä kohtaa muottilaudan reunan ja muottikuvion välissä, jossa jauhontäytön tulisi olla tasaista.

Kuvion 30 parametriin [Tahdin loppu] asetettiin vaadittu pulssimäärä per asemanvaihto, mikä oli 59395 pulssia. Logiikkaohjelma käyttää tätä parametria kuvauksen ajoitukseen.

6 Asennuksien turvallisuus

Laadunvalvontajärjestelmän siirtämistyössä järjestelmään tehtyjen muutosten johdosta sille tehtiin SFS 6000 mukainen käyttöönottotarkastus, jossa havaittiin pieniä puutteita (ks. Liite 23). Käyttöönottotarkastuksen aikana huomattiin toimeksiantajan räjähdysuojeluasiakirjan päivityksen olevan vielä kesken asennuskohteena toimineen tuotantolinjan osalta. Tästä syystä määriteltiin käyttöönottotarkastukseen, että laitteiston soveltuvuus asennuspaikkaan määritellään lopullisesti räjähdysuojeluasiakirjan päivityksen yhteydessä. Tarkastuspöytäkirjaan kirjoitettiin huomio myös kaapelikilvistä, koska niistä oli unohtunut piste johdonsuojakatkaisimen numerosta. Laadunvalvontajärjestelmän kaapeliluettelosta (ks. Liite 11) näkyy oikeanlainen keskuksen/sulakkeen ja kaapelin merkintä ja liitteestä 12 näkyy virheellisesti tehdyt kilvet.

Kaapelia 1W3 ei oltu asennettu riviliittimille tuotantolinjan keskuksessa, koska asennusten aikaisissa sähkökuvuissa kyseinen kaapeli meni suoraan logiikkakortille, jota ei vielä aiottu asentaa (ks. Liite 10, lehti 8). Sähkökuvia päivitettiin viimeiseen versioon siten, että kaapeli päätetään riviliittimille ja logiikkakorttia ei ole vielä lisätty. Jatkossa järjestelmään tehdessä muutoksia tulee olla hyvin tarkkana kyseisen kaapelin kytkennästä. Kaapelin suojamaajohdinta ei saa kytkeä suojamaadoituspisteeseen, koska laadunvalvontajärjestelmä on jo suojamaadoitettu syöttökaapelinsa kautta.

Laadunvalvontajärjestelmän sähköinen erotettavuus saatiin riittävälle tasolle. Johdonsuojakatkaisin, jonka kautta järjestelmän syöttö otetaan, voidaan lukita erillisellä

lukituslaitteella järjestelmän saattamiseksi turvallisesti jännitteettömäksi. Linjaston pääsyöttö voidaan myös katkaista, jolloin laadunvalvontajärjestelmästäkin häviää syöttöjännite. Laadunvalvontajärjestelmässä on ohjausjännitekytkin, joka katkaisee ohjausjännitteen ennen järjestelmän pääsulaketta F0 (ks. Liite 10, lehti 1).

Järjestelmässä kosketussuojaus toteutuu käyttämällä pienoisjännitettä, eli vaihtosähköllä pienempi kuin 50 V ja tasasähköllä pienempi kuin 120 V (SFS 6002:2015, 15). Järjestelmän sähkökeskuksessa muunnetaan 230 VAC syöttöjännite laitteille sopivaksi 24 VDC. Logiikka ja pistorasia järjestelmän sähkökaapissa käyttävät 230 VAC, ja ne eivät ole maallikon kosketeltavissa. Järjestelmään kuuluvat sähkökeskuksen ulkopuolella sijaitsevat laitteet (Kosketuspaneeli, kamera, pulssianturi ja etäisyysanturi) käyttävät 24 VDC jännitettä.

Uuteen kohteeseen asennuksen johdosta laadunvalvontajärjestelmälle tehtiin vaarojen tunnistaminen (ks. Liite 24), ja sen pohjalta riskiarviointi (ks. Liite 25) niiltä osin, kun järjestelmä muuttaa uuden asennuskohteen olosuhteita. Riskiarvioinnissa mainittiin tarvittavan turvallisuustason saavuttamiseksi tehtävät toimenpiteet:

- henkilöstön koulutus ja käyttöohjeen päivitys
- kameran alapinnan pehmustaminen
- Atex-alueen päivitys
- 2 luokan laser -varoituserkintöjen tekeminen.

Osa toimenpiteistä oli jo tehty tämän opinnäytetyön loputtua, muuta osa jäi tehtäväksi toimeksiantajalle lähitulevaisuudessa. Esimerkiksi laservalosta varoittavat merkinnät oli linjastolle tehty jo ennestään (ks. Kuvio 41).



Kuvio 41. Luokan 2 laser -varoituserkintä

7 Tulokset

Laadunvalvontajärjestelmän siirtämisessä onnistuttiin osittain. Järjestelmä saatiin asennettua kohteeseen, mutta asennukseen jäi puutteita. Asennuskohteen epäideaalisesta rakenteesta johtuneisiin teknisiin haasteisiin löydettiin suurelta osin ratkaisut ja kehitysideoita. Tuotannollisten ja henkilöstöllisten ongelmien asettamat haasteet estivät ajan riittävyyttä järjestelmän täydelliseen toimintakuntoon saattamiseksi.

Yksi työn tavoitteista oli tehdä muutokset laitteiston dokumentaatioon ja parantaa sen tasoa. Tässä kohtaa onnistuttiin. Järjestelmän sähkökuvat saatiin päivitettyä tehtyjen muutosten osalta. Vanhoissa kuvissa huomattavat pienehköt merkkäusvirheet korjattiin. Dokumentaatioon lisättiin kaapeliluettelo, varaosalista sekä toimintakuvaus, jossa kuvataan pääpiirteittäin järjestelmän tarkoitettua toimintaa ja järjestelmässä käytettäviä ohjelmoitavia yksiköitä. Kaapeleille lisättiin asianmukaiset kilvet kaapeliluettelon perusteella.

Laadunvalvontajärjestelmän asennuksesta aiheutuneet muutokset tuotantolinjan turvallisuuteen huomioitiin vaarojen tunnistuksessa ja riskiarvioinnissa. Näissä huomioitavat asiat huolehditaan tehdyksi lähitulevaisuudessa toimeksiantajan toimesta, koska opinnäytetyöhön käytettävissä ollut aika ei riittänyt tähän.

Järjestelmän ohjelmoinnissa ja parametrien asettelussa päästiin sellaiseen tilanteeseen, että kuvan ottaminen oli mahdollista. Järjestelmän toimintaa selvitettiin tarpeeksi, jotta sen käyttöönotto on mahdollista lähitulevaisuudessa. Asennusvirheen vuoksi parametrien asettelua ei saatu kuitenkaan vietyä aivan loppuun asti.

8 Pohdinta

Työn tavoitteena oli laadunvalvontajärjestelmän siirtäminen uuteen kohteeseen toimintakuntoiseksi kokonaisuudeksi. Järjestelmän dokumentaatiota haluttiin päivittää tehtyjen muutoksien osalta sekä lisätä tarpeellisiksi katsotuin osin. Järjestelmän toiminnot ja vaatimukset tuli selvittää ja sovittaa uuden kohteen ominaisuuksiin. Tuli huolehtia tarvittavan turvallisuustason saavuttamisesta kohteessa laadunvalvontajärjestelmän asennuksen aiheuttamien olosuhteiden muutosten osalta.

Työn tuloksena saatiin laadunvalvontajärjestelmä siirrettyä haluttuun kohteeseen. Järjestelmän dokumentaatiota saatiin lisättyä ja päivitettyä tarvittavin osin. Laadunvalvontajärjestelmän käyttäjien turvallisuudesta huolehdittiin huomioimalla järjestelmän asennuksesta johtuvat muutokset kohteen turvallisuudessa.

Laitteiston siirtämisessä onnistuttiin. Laitteisto saatiin asennettua haluttuun kohteeseen, mutta asennusta ei saatu täysin toimintakuntoiseksi. Asennusten jälkeen huomattiin, joitakin kohtia järjestelmän ominaisuuksista, mitä ei osattu ottaa huomioon aikaisemmin. Toimintakuntoon saattaminen olisi luultavasti onnistunut paremmin, mikäli järjestelmän haluttua toimintaa olisi voitu demonstroida edellisessä asennuksessa. Työn aikana huomattiin, ettei mikään järjestelmän laitteiston osa ole viallinen, ja toimeksiantaja pystyy ottamaan järjestelmän lähitulevaisuudessa käyttöön toimintakuntoisena.

Järjestelmän dokumentaatiota onnistuttiin päivittämään tarvittavin osin. Laadunvalvontajärjestelmän dokumentaation tasoa saatiin nostettua korjaamalla virheitä ja laatimalla toimintakuvaus, osalista sekä kaapeliluettelo.

Projektin aikataulutus oli toteutettava tuotannon ehdoilla, ja tästä syystä projekti viivästyi. Toisekseen tuli ottaa huomioon asentajien käytettävyyys. Asennukset viivästyivät lisää, koska niihin varattu asentaja sairastui. Näillä perustein projektin toteutusta ei oltu onnistuttu suunnittelemaan tarpeeksi aikataulullisilta osilta etukäteen.

Kokonaisuutena työ toimi hyvänä ikkunana automaatioinsinöörin arkeen. Työssä osallistuttiin projektiin ja päästiin tehdasautomaation suunnittelun ytimeen. Löydettiin ratkaisuja teknisiin ongelmiin, samalla oppien uutta.

Tässä opinnäytetyössä saavutettuja tuloksia ja kerättyä materiaalia toimeksiantaja voi hyödyntää järjestelmän toimintakuntoon saattamisessa. Työssä kerättiin tietoa järjestelmän konenäkökameran ohjelmoinnista ja laitteiston vaatimuksista. Järjestelmän paneelille aseteltavien parametrien vaikutuksista saatiin myös alustava käsitys.

8.1 Luotettavuus

Työssä käytettiin teknisten ratkaisujen puolesta lähteinä laitteiston valmistajien ilmoittamia tietoja laitteista. Nämä sisältävät käyttöoppaita, datalehtiä ja tuote-esitteitä valmistajien verkkosivuilla. Laitteiden valmistajat pyrkivät antamaan omista tuotteistaan vain täsmällistä faktatietoa, joten tältä osin tietolähteet ovat olleet luotettavia.

Laadunvalvontajärjestelmän asennuksissa käytetyt mitat olivat parhaita arvauksia. Kattoon asennetulla tukirakenteella huomattiin mahdottomaksi mitoittaa laitteisto tarkkaan kohdalleen. Tästä syystä käytettiin kameran asemointiin säätöä tuotantolinjaston sivuttais- ja pituussuunnassa. Järjestelmän mekaanisessa asennuksessa olisi voitu onnistua paremmin käyttämällä selkeää dokumentaatiota verbaalisen viestinnän sijasta. Kameran paikan määrittämisestä teki vaikeaa myös kokemuksen puute 3D kuvauksen parissa.

Suoritettuihin laskutoimituksiin ja mittauksiin kertyi melko paljon virhettä, mutta saadut tulokset testattiin ja korjattiin käytännössä. Laskutoimituksilla löydettiin oikeat arvoalueet. Toki olisi ollut mahdollista kokeilullisin menetelmin päästä samoihin tuloksiin, mutta tuloksien saavuttamiseen olisi mennyt enemmän aikaa.

Järjestelmän paneelilla aseteltavien parametrien määrittelyssä ei päästy kovinkaan suureen tarkkuuteen. Tämä ei kuitenkaan haittaa, koska parametrejä voidaan helposti muokata tuotannon käydessä. Ajan kanssa toimeksiantajan työntekijät tulevat huomaamaan parhaat asetukset ohjauspaneelin Basic-näkymään.

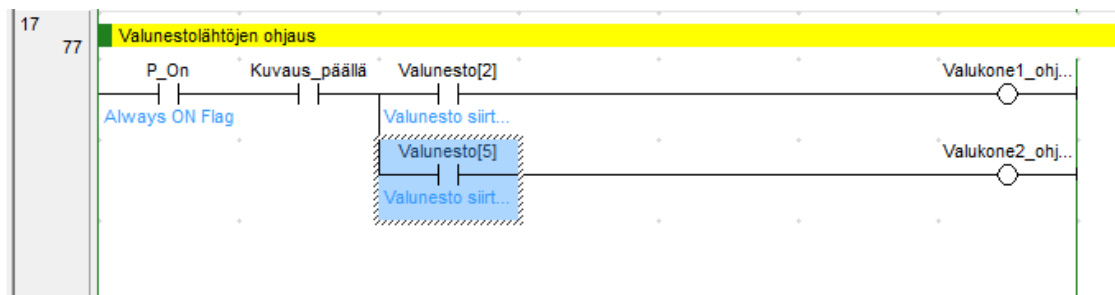
8.2 Kehityskohteet

Laadunvalvontajärjestelmää ei saatu yhdistettyä vielä valukoneen logiikkaan, koska toimeksiantajan kanssa sovittiin laitteiston toimintaa testattavan ja parametreja säädettävän ennen kuin se kytketään valukoneen logiikkaan ohjaamaan valupäitä.

Laadunvalvontajärjestelmästä on vedetty jo valmiiksi kaapeli valunestotiedon viemiseksi valukoneelle. Tehtäväksi jää tilatun tulokortin lisääminen valukoneen logiikkaan, tarvittavien kytkentöjen tekeminen valukoneen keskuksessa, muutokset valu-

koneen sähkökuviin sekä tarvittava ohjelmointityö valukoneen ja mahdollisesti laadunvalvontajärjestelmän logiikalle. Ohjelmointityöhön liittyen tehtiin havaintoja valukoneen toiminnasta, jotka tulee ottaa huomioon yhdistämistyössä.

Valupää valaa puolet valulaudasta kerralla, mutta konenäkökamera kuvaa yhden laudan kerrallaan. Kuvauspaikalla lautoja liikuttaa siirtovarret, jotka vaihtuvat ketjukuljettimeksi ennen valupäitä. Molemmissa järjestelmissä on omat siirtorekisterinsä, joille tulee keksiä ohjelmallisesti sopiva yhdistämistapa. Laadunvalvontajärjestelmän logiikkasovelluksessa valunesto on toteutettu kuvion 42 osoittamalla tavalla.



Kuvio 42. Valunesto laadunvalvontajärjestelmässä

Tarkastellessa järjestelmän toimintaa ja valupäiden ajoitusta, huomattiin valupäiden ohjauksessa mahdollinen virhe. Kun viimeinen lauta oli mennyt valupään ali eikä sen jälkeen enää lauta tullut, niin valukone valoi kerran siten, ettei alla ollut lauta. Keskustelu toimeksiantajan työntekijän kanssa herätti huomion, että valukoneen toiminnassa on joskus aikaisemminkin havaittu pieniä puutteita. Nämä olisi hyvä tarkastaa ja ottaa huomioon samalla kun laadunvalvontajärjestelmää lähdetään lähitulevaisuudessa yhdistämään valukoneen valunohjaukseen.

Työn aikana ei keretty pääsemään täyteen varmuuteen uuden asennuskohteen valulinjan lautojen asemoiden määrästä ja sijainneista, koska lautoja liikuttava mekaniikka muuttuu varsien työnnöstä kuvauspaikalla, ketjukuljettimeksi valupäiden alla, ja taas varsien työnnöksi valupäiden jälkeen. Valukoneen toimintaa tulee tarkastella sekä sovellustasolla että aistinvaraisesti, ja miettiä pitääkö laadunvalvontajärjestelmän paneelilla muuttaa valupäiden sijaintia kuvassa, jotta lautojen liikkeen tahdistus olisi oikein näytöllä. Samaan ongelmaan liittyy myös siirtorekisterien tarkastelu.

Tehtäväksi kameran kuvauksen suhteen jäi uuden asennuksen tekeminen etäisyysanturille. Tätä varten tilattiin anturille uusi kiinnike, joka mahdollistaa anturin osoituskulman säätämisen ja näin helpottaa kohdistamista. Etäisyysanturin asennuksen jälkeen tulee kuvauksen suhteen viimeistellä kuvausasetukset ja määritellä jauhön täytön tarkastelualueet kosketuspaneelin Advanced näkymässä.

Määriteltyjä parametrien korkeusarvoja voi parantaa tarkemmiksi. Työtä tehdessä ei ollut tarkalleen tiedossa toleransseja jauhön täytölle. Tästä syystä parametrien optimointi jäi vielä tehtäväksi.

Työohjeen päivittäminen toimeksiantajan omaan muotoon määritettiin toimeksiantajan työntekijälle tehtäväksi. Keskustelemalla ja sähköpostilla siirrettiin työohjeen tekijälle tietoa järjestelmän käytöstä ja työohjeen muuttuneista osista.

Järjestelmän kuvauksen toiminta on hyvin riippuvainen etäisyysanturin toiminnasta. Etäisyysanturilla tunnistetaan laudan liikkuvan kuvauspaikan ali ja laukaistaan kameran kuvaus. Uudessa asennuskohteessa toimeksiantajan työntekijä joutuu liikkumaan kuvauspaikan läheisyydessä ja voi vahingossa tönäistä kameraa tai etäisyysanturia. Kameran kohdistuksen muutoksesta voi johtua, että kamera tekee mittaukset väärästä kohtaa valulautaa ja tekee vääriä päätöksiä valulaudan valukuvion muodostumisesta. Tästä syystä järjestelmää olisi hyvä jatkokehittää siten, että valulaudasta otettu kuva tuotaisiin käyttäjälle erikseen nyt tuotavan grafiikkanäkymän lisäksi. Tällöin kannattaisi myös muokata kuvanmuodostusta, kuvan venymän poistamiseksi.

Lähteet

3D vision IVC-3D / IVC-3D 200. N.d. Valmistajan tuotetiedot. Verkkosivu. Viitattu 10.12.2017. <https://www.sick.com/de/en/vision/3d-vision/ivc-3d/ivc-3d11111/p/p148159>

About ISO. N.d. Esittelysivu yhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 27.12.2017. <https://www.iso.org/about-us.html>

Application Programming IVC-3D. 2013. Ohjelmointiopas 09.09.2013. PDF. Viitattu 23.12.2017. https://www.sick.com/media/docs/2/22/322/User_manual_Application_Programming_IVC_3D_en_IM0037322.PDF

CX-Integrator. N.d. Ohjelmiston tuotekuvaus. Verkkosivu. Viitattu 23.12.2017. <https://industrial.omron.fi/fi/products/cx-integrator>

CJ1W-CTO21 High-speed Counter Units. 2013. Käyttöopas Huhtikuu 2013. PDF. Viitattu 25.12.2017. http://www.omronkft.hu/nostree/pdfs/plc/cs1_cj1/w401-e1-05.pdf

DKS40: Incremental Encoders. 2012. Datalehti 24.07.2012. PDF. Viitattu 15.12.2017. https://www.sick.com/media/docs/9/69/069/Product_information_DKS40_Incremental_Encoders_en_IM0012069.PDF

DT20 Hi. 2017. Käyttöopas 09.03.2017. PDF. Viitattu 31.12.2017. https://www.sick.com/media/docs/7/47/647/Operating_instructions_SENSICK_DT20_HI_de_en_fr_pt_da_it_nl_es_zh_IM0026647.PDF

EDS-308/305 Hardware Installation Guide. 2005. Asennusohje Maaliskuu 2005. PDF. 6 versio. Viitattu 21.12.2017. https://www.moxa.com/doc/man/EDS-308_305_HIG_6e.pdf

Etäisyysanturit DT20 Hi. N.d. Tuotteen tekniset tiedot. Suorituskyky. Viitattu 06.01.2017. <https://www.sick.com/fi/fi/etaisyysanturit/etaisyysanturit/dt20-hi/dt20-p224b/p/p215239>

Industrial Vision Camera IVC-3D. 2017. Käyttö-ohje 11.05.2017. PDF. Viitattu 9.12.2017. https://www.sick.com/media/docs/4/04/604/Operating_instructions_Industrial_Vision_Camera_IVC_3D_en_IM0021604.PDF

Mannermaa K. 2017. Tekniset haasteet Omron tuotteiden kanssa. Sähköpostiviesti 04.10.2017. Vastaanottaja Samuli Relander. Sain vastauksena aikaisemmin lähettämiini kysymyksiin tietoa laitteiden ohjelmoinnista, saatavuudesta, ja kytkettävyydestä

Nilsson S. 2017. IVC-3D11111 Can't stop device to transfer program out of camera. Support ticket ST-7832. Keskustelu aikavälillä 06.10.2017 – 19.10.2017. <https://supportportal.sick.com>.

NS15/NS12/NS10/NS8. N.d. Tuotteen ominaisuudet. Viitattu 06.01.2017.

<https://industrial.omron.fi/fi/products/ns15ns12ns10ns8#features>

Pikkarainen H. 2004. Konenäkö elintarviketeollisuuden työkaluna. Lehden verkkojulkaisu. Viitattu 27.12.2017. <http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/26-konenako-elintarviketeollisuuden-tyokaluna>

Product Discontinuation Notice. 2011. Tuoteutinen 2011.05.27. PDF. Sähköpostin liite Mannermaa K. 2017

Pulssianturi DKS40. N.d. Valmistajan tuotetiedot. Verkkosivu. Viitattu 13.12.2017.

<https://www.sick.com/fi/fi/enkooderit-ja-kaltevuusanturit/pulssianturi/dks40/dks40-e5j01024/p/p146176>

SFS-EN 1127-1:2015. Räjähdyksvaaralliset tilat. Räjähdyksen esto ja suojaus. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Vahvistettu 05.09.2011. Viitattu 5.12.2017. <https://janet.finna.fi/>. SFS Online.

SFS 6000-1:2017. Pienjännitesähköasennukset . Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 18.08.2017. Viitattu 13.1.2018. <https://janet.finna.fi/>. SFS Online.

SFS 6000-6: 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 18.08.2017. Viitattu 5.12.2017.

<https://janet.finna.fi/>. SFS Online.

SFS 6002:2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Vahvistettu 16.03.2015. Viitattu 02.01.2018. <https://janet.finna.fi/>. SFS Online.

SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. N.d. Esite standardisarjasta SFS ry:n verkkosivuilla. Viitattu 27.12.2017.

<https://www.sfs.fi/sfs6000#EsitestandardisarjastaSFS6000>

Standardit ja julkaisut. N.d. Standardikirjaston pääsivu. Viitattu 09.01.2018

<https://janet.finna.fi/>. SFS Online.

Tehtävät. N.d. Esittelysivu SESKO ry:n verkkosivuilla. Viitattu 31.12.2017.

http://www.sesko.fi/sesko_ry/tehtavat

Varaosien toimittaja. 2017. Vastaus saatavuuskyselyyn. Sähköpostiviesti 16.8.2017.

Vastaanottaja Samuli Relander. Tietoa Omron logiikkaosien saatavuudesta.

Vesa J. 2015. Opastusta sähköalan standardien hankintaan. Sesko ry:n työntekijän laatima ohjeistus. PDF. Viitattu 27.12.2017.

https://www.sfs.fi/files/7793/Opastusta_sahkoalan_standardien_hankintaan.pdf

Liitteet

Liite 1. Poistettu (salainen)

Liite 2. Poistettu (salainen)

Liite 3. Poistettu (salainen)

Liite 4. Poistettu (salainen)

Liite 5. Laadunvalvontajärjestelmän osalista

Tyyppi	Valmistaja	Selite	Lisätieto
IVC-3D11111	Sick	Ohjelmoitava 3D konenäkökamera	
NS8-TV01-V1	Omron	Ohjelmoitava koretusnäyttöpaneeli	Ei saatavilla, Korvaava tuote NS8-TV01-V2
PA202	Omron	PLC, Tehonlähdekortti	
CJ1GCPU45H	Omron	PLC, CPU	Ei saatavilla, Korvaava tuote CJ2M-CPU15 sovellus tulee kääntää Cx programmerissa
ETN21	Omron	PLC, Ethernet liityntäkortti	
ID211	Omron	PLC, DI tulokortti	
OD212	Omron	PLC, DO Lähtökortti	
CT021	Omron	PLC, Laskurikortti	
DT20-P224B	Sick	Etäisyysanturi	
UE 48-20S202	Sick	Turvarele	
NB1-C10-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
NB1-C4-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
NB1-C2-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
NB1-C4-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
NB1-C2-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
NB1-C2-1P	Chint	230/400 VAC Johdonsuojakatkaisija	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
G2R-1-SND(S)	Omron	Pistokantarele	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
P3RF-05-E	Omron	Releen kanta	
S82K-05024	Omron	Ohjauksenmuuntaja 230 VAC / 24VDC	
EDS-308	MOXA	kytkin ethernet verkkoon, 8 porttia	
DKS40-E5J01024	Sick Stegmann	Pulssianturi	
	Werma	Merkkivalopylväs Pun-kei-vih	
1A		Riviliitinsulake	
1A		Riviliitinsulake	
0/1 ohjauiskytkin		Kierrettävä, Kansilevyasennus	
Painonappi		kansilevyasennus	
Pistorasia		230 V, 1-vaihe, Din 10 asennus	
Merkkivalo		Vihreä, kansilevyasennus	
Muut Tarvikkeet			
Riviliittimiä			
Nollakisko			
Maadoituskisko			
Pistosiltoja		Riviliittimille	
Din 10		Asennuskisko	
Sähkökaappi		Metalli 60x60x20 cm (L x K x S)	
KytKentäkotelo		Muovi 12,5x12,5x10 cm (L x K x S)	

Liite 6. Poistettu (salainen)

Liite 7. Kameran tekniset mitat

	IVC-3D 30	IVC-3D 40	IVC-3D 50	IVC-3D 100	IVC-3D 200	IVC-3D 300
	311 x 103 x 187 mm ⁽⁴⁾				404 x 103 x 187 mm ⁽⁴⁾	
Enclosure rating	IP 65 IP 67 ⁽⁴⁾					
Housing material	Anodized aluminum Stainless steel ⁽⁴⁾					
Window material	Safety glass PMMA ⁽⁵⁾					
Connector material	Nickel-plated brass Stainless steel ⁽⁴⁾					

(1) IVC-3D51121 is equipped with a Class 3B laser

(2) One defined trigger input

(3) 100 mA = total current of all digital outputs

(4) IVC-3Dxxx3

(5) IVC-3Dxxx2 and IVC-3Dxxx3 have front windows in PMMA

5.6 Dimensional Drawings

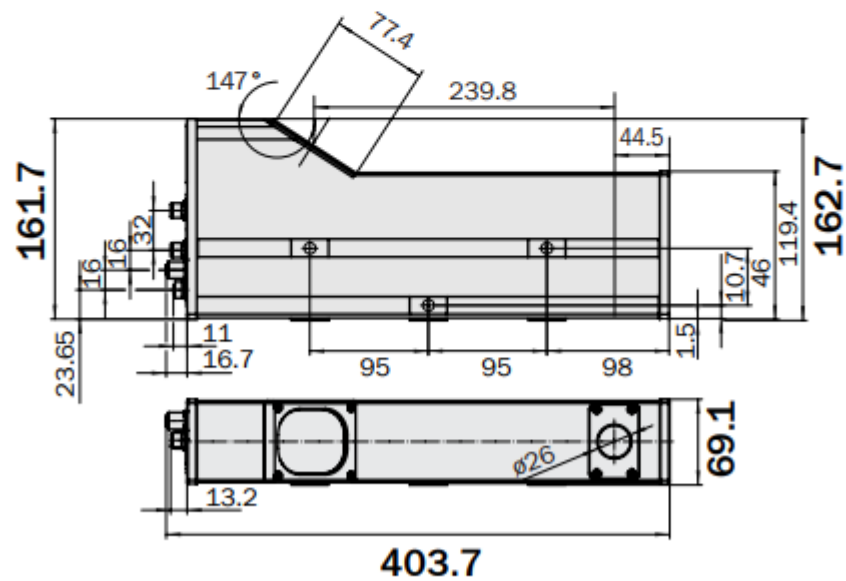


Figure 5.4 -IVC-3D 200 and IVC-3D 300 with anodized aluminum housing (not to scale)

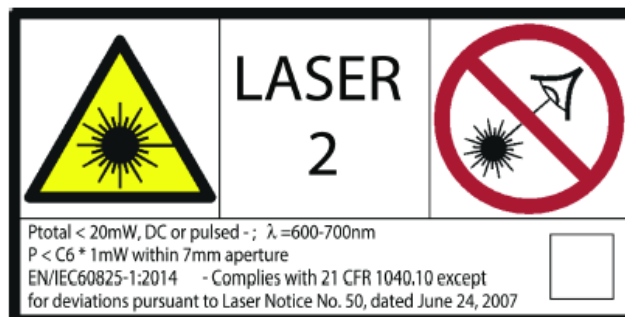
Liite 8. Kameran laserluokitus

(Industrial Vision Camera IVC-3D. 2017, 5)

1.1 Laser Safety class 2 (2M) laser

An IVC-3D product with a type code as IVC-3Dxxx1x is equipped with a class 2 laser according to EN/IEC 60825-1:2014 (2M according to EN/IEC 60825-1:2007). It complies with 21 CFR 1040.10 except for deviations pursuant to Laser Notice No. 50, dated June 24, 2007. Class 2 lasers emit visible radiation in the wavelength range from 400 nm to 700 nm where eye protection is normally afforded by aversion responses including the blink reflex. However, viewing of the output is hazardous if the user employs optical in-struments within the beam or suppresses the blink reflex intentionally.

- Do not stare into beam.
- Do not view the laser beam directly with optical instruments like magnifying glasses.



LASER RADIATION – DO NOT STARE INTO
BEAM OR VIEW WITH MAGNIFIERS
CLASS 2 LASER PRODUCT
according to EN/IEC 60825-1:2014
(2M according to EN/IEC 60825-1:2007)

Liite 9. Laadunvalvontajärjestelmän toimintakuvaus

Laadunvalvontajärjestelmä on osajärjestelmä liitettynä valukoneen laitteiston kokonaisuuteen. Sillä tarkastellaan tuotteen laatua mittaamalla valulaudan korkeutta käyttäjän asettelemien parametrien mukaan. Järjestelmällä on oma turvapiirinsä, josta poistettiin turvaovet siirron suunnittelussa alkuperäisestä asennuskohteesta. Turvarele kuitenkin jätettiin mahdollisten tulevaisuuden turvakomponenttien lisäystä varten. Kommunikointi tulee tapahtumaan valukoneen logiikan kanssa kuitenkin releiden kärkien kautta.

Laadunvalvontajärjestelmään kuuluu sähkökaappi komponentteineen, PLC-logiikka, Ethernet-kytkin, kamera, pulssianturi, ohjauspaneeli, valokenno sekä ohjauslaatikko kytkimineen ja merkkivaloineen. Kamera on SICK Oy:n valmistama IVC-3D11111. Se sisältää viivalaserin ja kameran sekä Flash-muistin ja tekoälyn sovelluksen tallentamiseen ja suorittamiseen. Kamera ohjelmoidaan IVC Studio nimisellä ohjelmistolla tekemään halutut toimenpiteet. Kamera ottaa kuvia viivalaserin osoittaessa kuvauskohdan. Kameran suorittama ohjelma laskee laserin poikkeaman kolmiomittauksen perusteella kameran kuvaamista laserviivoista ja laskee kuvauskulman perusteella korkeuseroja viivalaserin osoittamalla kohdalla. Jokainen kuva on siis yksi profiili kokonaiskuvasta, eli kolmiulotteisesta kuvasta, mikä kootaan kuvauskohteen liikuttua tarpeeksi kuvauspaikan hihnakuuljettimella. Kameran kuvausta ajastetaan pulssianturilla ja etäisyysanturilla. Ohjauspaneelina toimii Omron NS8-TV01-V1 kosketuspaneeli, jota ohjelmoidaan CX-One pakettiin kuuluvalla CX-Designer ohjelmistolla. Koko laadunvalvontajärjestelmää ohjaa Omron logiikkaprosessori CJ1G CPU45H, jota ohjelmoidaan CX-Programmer ohjelmistolla.

Laadunvalvontajärjestelmän pääasiallinen tehtävä on estää tuotteen valaminen virheelliseen jauholautamuottiin. Tämä saadaan aikaan siten, että konenäköjärjestelmä asettaa valukoneen logiikalle annettavan valunestotiedon, kun virheellinen jauholautamuotti on valuasemassa. Valuasemoita on kaksi kappaletta hihnakuuljettimella kuvauspaikan jälkeen. Oikean jauholautan valun estäminen saadaan aikaan siirtorekisterillä.

Järjestelmään oli ohjelmoitu jo aikaisemmassa kokoonpanossa useampia vikadiagnostiikkaa auttavia ohjelmaosioita. Järjestelmästä löytyy aikaisemman asennuksen suunnittelussa tehty käyttöohje.

Liite 10. Poistettu (salainen)

Liite 11. Laadunvalvontajärjestelmän kaapeliluettelo

Kaapeliluettelo

5.12.2017 Sre

Rev1 SRe 27.12.2017

Keskus	Tunnus	Tyyppi	Lisätieto
JK1.1.17.01/F7.5	1W1	Gamaflex 5x0,75s	
JK1.1.17.01/F7.5	1W2	MMJ3X2,5S	
JK1.1.17.01/F7.5	1W3	Gamaflex 7x0,75S	
JK1.1.17.01/F7.5	1W4	Gamaflex 7X0,75S	Rev1
JK1.1.17.01/F7.5	1W5.1		poistettu
JK1.1.17.01/F7.5	1W6	Gamaflex 7x0,75s	Rev1
JK1.1.17.01/F7.5	1W6.2	DOL-1205-G02M 5x0,34	Rev1
JK1.1.17.01/F7.5	2W1	Profibus CAT5	
JK1.1.17.01/F7.5	1W5.2		poistettu
JK1.1.17.01/F7.5	3W1	Excel 100-103 4PR	
JK1.1.17.01/F7.5	3W2	YFC UTP CAT.5E	
JK1.1.17.01/F7.5	5W1	LiYCY 8x0,25s	
JK1.1.17.01/F7.5	5W10	LiYCY 8x0,25s	
JK1.1.17.01/F7.5	5W11	LiYCY 8x0,25s	Rev1
JK1.1.17.01/F7.5	5W11.2	Sick DOL-1208-G02MA 8x0,25S	Rev1

Liite 12. Kaapelimerkinnät



Liite 13. Kameran IP-osoite logiikkasovelluksessa

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface with a ladder logic diagram for a camera IP address logic application. The diagram is titled "Open" and is located at network 1, step 402. It features several logic elements:

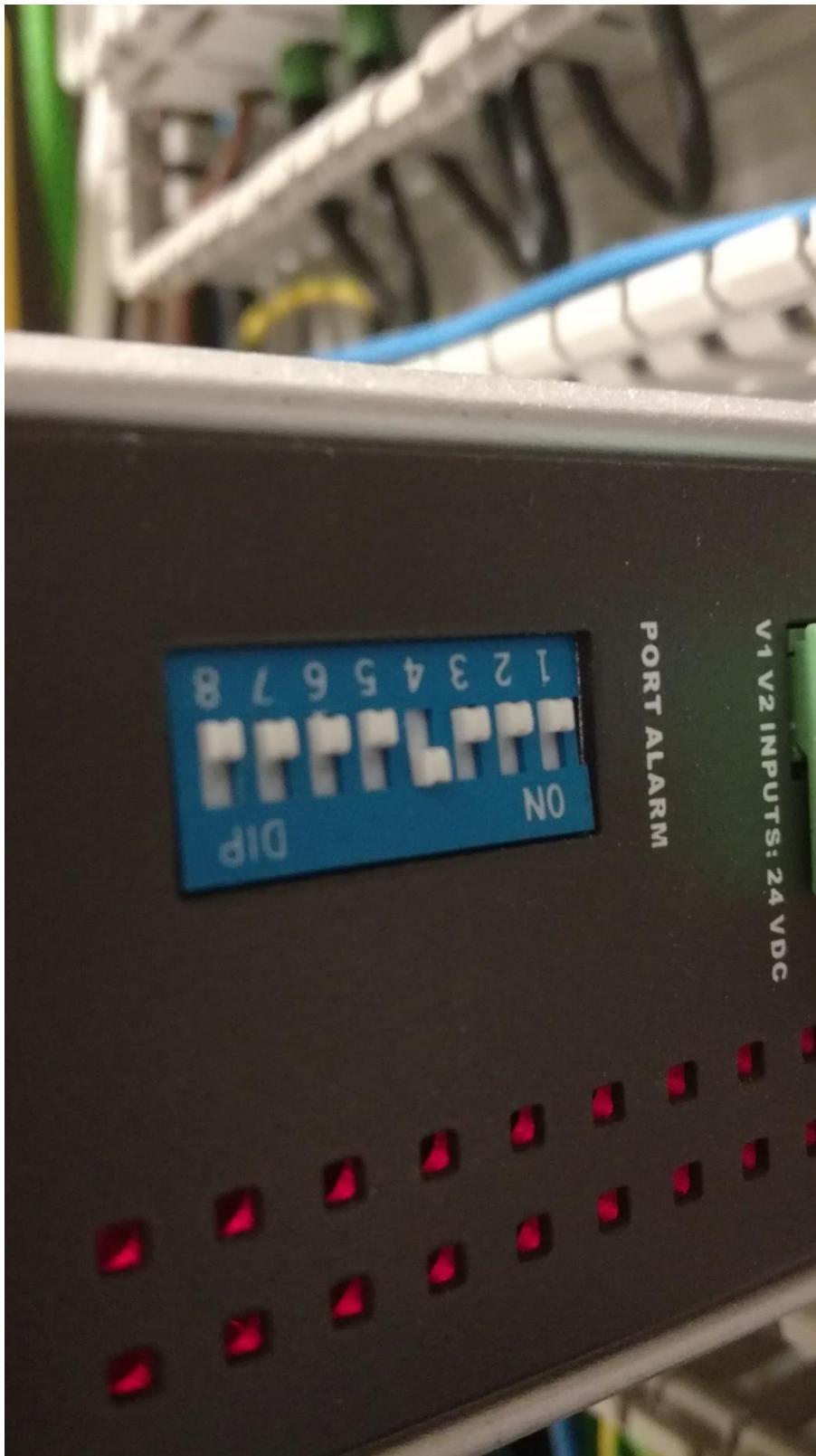
- Network 1, Step 402:**
 - Start with a normally open contact labeled "TCP_Open_trig".
 - Followed by a normally open contact labeled "TCP_Open_Bu...".
 - Then a normally open contact labeled "&0".
 - Then a normally open contact labeled "&1".
 - Then a normally open contact labeled "&1".
 - Then a normally open contact labeled "&0".
 - Finally, a function block call for "Open" with the following parameters:
 - Parameter 1: (BOOL) EN
 - Parameter 2: (INT) UnitNo
 - Parameter 3: (INT) TCPSocketNo
 - Parameter 4: (INT) KeepAlive
 - Parameter 5: (INT) TCPPortNo
 - Parameter 6: (WORD) CmdndErrorCod
 - Parameter 7: (WORD) TCPErrCode
 - Parameter 8: (INT) ResultTCPPortNo

A red box highlights the parameters "DestIPAddress 1", "DestIPAddress 2", "DestIPAddress 3", and "DestIPAddress 4" in the function block configuration. The "DestIPAddress" parameters are currently set to blacked-out values. The "ResultTCPPortNo" parameter is also highlighted with a dashed box.

The left sidebar shows the project structure for "Compo2[CJ1G-H] Offline", including "Symbols", "IO Table and Unit Setup", "Settings", "Memory", "Programs", and "Function Blocks". The "Function Blocks" section lists several TCP-related blocks, including the one used in the diagram.

The status bar at the bottom indicates "Compo2(Net1,Node102) - Offline".

Liite 14. Verkkolaitteen DIP-kytkimet



Liite 15. Poistettu (salainen)

Liite 16. Poistettu (salainen)

Liite 17. Poistettu (salainen)

Liite 18. Poistettu (salainen)

Liite 19. Poistettu (salainen)

Liite 20. Poistettu (salainen)

Liite 21. Poistettu (salainen)

Liite 22. Poistettu (salainen)

Liite 23. Laadunvalvontajärjestelmän käyttöönottotarkastus

Sähköasennusten käyttöönottotarkastus pöytäkirja

JÄNNITE YLI 60VAC/120VDC Päivämäärä: 7.12.2017

Osasto: [redacted] Laite: Kaapeli- ja järjestelmä

Työtehtävä: Kaapeli- ja järjestelmän asennus

Laitteen vaihto Laitteen asennus Keskuksen asennus

Laitteiston asennus Muu, mikä [redacted]

Työnjohtaja [redacted] Asentaja(t) / Firma: [redacted]

Jännite V 230V Virta A 10A Teho kW 0,2

Oikosulkuvirta A L1 720d L2 [redacted] L3 [redacted]

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Silmämääräinen tarkastus Kunnossa Huomautettavaa: Kaapeli- ja järjestelmä, 1x3 ohjelmakortilla

Jännite UPS Jännite Verko

Liittymisjohto: (Laji ja poikkipinta) MUJ 3x2,55

Pääte Suojaus Läpiviennit Vaihejärjestys Pyörimissuunta

Varoke / Sulake: C16 A Lämpörele alue: [redacted] A Asettelu: [redacted] A

Merkinnät: Keskus Kaapeli Laitteet Kaaviot Piirustukset

Pääkytkin Käyttökytkin Turvakytkin Huomautettavaa: Liittimien soveltuvuus ohjelmakortilla

mittauksella laillisesti rajoitettujen jännite- ja virta-alueiden yhteydessä

Loppupiirustukset: Keskuskaaviot Johdotuskuvat Käyttöohjeet ja käytönopastus

Piirustusnumero: 72102017 Keskus/lähtö: JK 1.1/201/P2.5

Mittauksissa käytetty konetesteriä CHAUVIN ARNOUX 6121

Mittauksissa käytetty asennustesteriä PROFITEST 0100S II

Suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus todettu:

Mittarilla: 0,85 ohm. Testerillä: [redacted] ohm.

ERISTYSVASTUSMITTAUKSET

Asennukset standardin SFS-EN 60079-14 mukaan

Asennukset standardin SFS-6000 mukaan

Asennukset standardin SFS-50281-1-2 mukaan

turvallisuustaso saavutettu Ei saavutettu (puutteet liitteenä) L1,L2,L3,N - E = 1,5 MΩ

L1 - E = 1,5 MΩ
L2 - E = [redacted]
L3 - E = [redacted]
L1 - L2 = [redacted]
L2 - L3 = [redacted]
L1 - L3 = [redacted]

Muuta mainittavaa: Riviliitäntätestin tärkeys tarkastettava

Vikavirtasuojakytkimien toimintavirrat (tarvittaessa erillinen liite)

tunniste	nim.arvot In/Idn	mitattu laukaisuvirta Id/Ue	laukaisuaika/ms	jännite Ub

Maadoituksen johtavuus: [redacted]

Mittauksen tekijä: [redacted] Allekirjoitus: [redacted]

Tarkastanut: [redacted] Allekirjoitus: [redacted]

Liite 24. Laadunvalvontajärjestelmän vaarojen tunnistaminen

KEMIALLISET VAARATEKIJÄT(K)
BIOLOGISET VAARATEKIJÄT(B)

Arviointi kohde
Tekijät

Arviointiaika 15.12.2017

Vaara esiintyy
Ei vaaraa
Ei tietoa

Tarkennuksia

Tarkistettavat asiat

Työssä esiintyvät altisteet

K1	Terveydelle vaaralliset kemikaalit				
K2	Syöpövaaralliset kemikaalit (1)				
K3	Allergiaa aiheuttavat kemikaalit (2)				
K4	Palo- ja räjähdysvaaralliset aineet				
K5	Pölyt ja kuidut				
K6	Kaasut				
K7	Höyryt, huurut ja savut				

Kemikaalien käyttö

K8	Kemikaalien pakkausmerkinnät				
K9	Käyttöturvallisuustiedotteet				
K10	Kemikaalien käyttötavat				
K11	Kemikaalien varastointi				
K12	Kemikaalien käytöstä poisto				
K13	Suojainten kunto ja käyttö				
K14	Ensiapuvälineiden kunto ja käyttö				

Tullipalo- ja räjähdysvaara

K15	Sähkölaitteiden kunto ja käyttö				
K16	Tulityöluvat ja tulitöiden tekeminen				
K17	Sammutusvälineet ja niiden merkinnät				
K18	Poistumistiet ja niiden merkinnät				

Biologiset vaaratekijät

B1	Tartuntavaara, esim.bakteerit ja virukset				
B2	Sienet, esim. Homeet				

Muita mahdollisia vaaratekijöitä?

--	--	--	--	--	--

Lisätietoja

Arvioi
Riski

Seuraa
tilannetta

(1) Vaaralausekkeet R45 ja R49

(2) Vaaralausekkeet R42 ja R43 (Löytyvät kemikaalien pakkausmerkinnöistä ja käyttöturvallisuustiedotteista)



Arviointi kohde
Tekijät

Arviointiaika

HENKINEN KUORMITTUMINEN(H)

Vaara esiintyy
Ei vaaraa
Ei tietoa

Tarkennuksia

Tarkistettavat asiat

Työn sisältö

H1	Toistotyö tai yksipuolinen työ				
H2	Yksin työskentely				
H3	Jatkuva valppaana olo				
H4	Työn pakkotahtisuus				
H5	Ihmissuhdekuormitus				
H6	Kiire				
H7	Liian kovat vaatimukset tai tavoitteet				
H8	Etenemismahdollisuuksien puute				

Organisointi ja toimintatavat

H9	Työnopastus ja perehdyttäminen				
H10	Työnjako, tehtäväkuva ja vastuut				
H11	Työajat, ylityöt ja työvuorot				
H12	Työsuhteen jatkuvuus				
H13	Johtaminen (henkilöjohtaminen, ammattillinen johtaminen, hallinnollinen johtaminen)				
H14	Työilmapiiri				
H15	Tiedonkulku				
H16	Yhteistoiminta (työpaikkakokoukset kehityskeskustelut)				
H17	Väkivallan uhka				
H18	Päihdeongelmat				
H19	Tasa-arvo				

ohjeistus + koulutus

Muita mahdollisia vaaratekijöitä?

Arvio riski Seuraa tilannetta

Lisätietoja



Osasto
Työpiste
Tekijät
Arviointiaika

TAPATURMAN VAARAT(T)

Tarkistettavat asiat

Vaara esiintyy
Ei vaaraa
Ei tietoa

Tarkennuksia

Työympäristö

T1	Liukastuminen			X	
T2	Kompastuminen			X	
T3	Työntekijän putoaminen			X	
T4	Puristuminen esineiden väliin			X	
T5	Lukittuun tilaan loukkuun jääminen			X	
T6	Sähköisku ja sen aiheuttamat vaarat			X	
T7	Tavarankuljetukset ja muu liikenne			X	
T8	Hapen puute ja tukehtuminen			X	
T9	Hukkuminen			X	

Esineet ja aineet

T10	Esineiden putoaminen			X	
T11	Esineiden kaatuminen			X	
T12	Esineiden ja aineiden sinkoutuminen			X	
T13	Liikkuvan esineen aiheuttama isku	X			
T14	Takertuminen liikkuvaan esineeseen			X	
T15	Viihto- tai leikkautumisvaara			X	
T16	Pistovaara			X	

Henkilön toiminta

T17	Suojainten ja suojusten puute			X	
T18	Turvaton toiminta ja riskinotto			X	
T19	Poikkeavat tilanteet ja häiriöt	X			

Muita mahdollisia vaaratekijöitä?

T20	iskun	X			

Valukoneen laskun aukaisin/sulkeminen

huoltotyöt -> valukone oltava scis

*Terän vaihdon yhteydessä
päin iskeminen laseriin*

Lisätietoja:

Arvio
riski

Seuraa
tilannetta



Osasto
Työpiste
Tekijät
Arviointiaika

ERGONOMIA (E)

Tarkistettavat asiat:

Työpiste

		Vaara esiintyy	Ei vaaraa	Ei tietoa
E1	Työpisteen siisteys ja järjestelyt			
E2	Kulkutiet ja lattiat			
E3	Portaat, tikapuut ja luiskat			
E4	Työtason korkeus			
E5	Istuin			
E6	Näytöt ja näyttöpäätteet			

Työasento

E7	Selän asento			
E8	Hartioiden ja käsien asento			
E9	Ranteen ja sormien asento			
E10	Pään ja niskan asento			
E11	Jalkojen asento			

Ruumiillinen kuormitus

E12	Jatkuva istuminen tai seisominen			
E13	Työn tauotus ja työtahti			
E14	Jatkuvasti samana toistuvat työliikkeet			
E15	Raskaat nostot tai taakan kannattelu			

Työvälineet ja -menetelmät

E16	Työkalut, koneet ja laitteet			
E17	Käsiteltävät kappaleet			
E18	Työpisteen tuet ja apuvälineet			

Muita mahdollisia vaaratekijöitä?

E19	Työvälineiden kunnossapito			
E20	Työvälineiden, koneiden käyttöohjeet			

Arvio
riski

Seuraa
tilannetta

Tarkennuksia

Lisätietoja:

Liite 25. Laadunvalvontajärjestelmän riskiarviointi

Työturvallisuusvaarojen tunnistaminen ja riskin arviointi

Osasto/kohde :

Pvm/Tekijät: 20.12.2017 /

Kohde	Koodi	Vaaratilanteen kuvaus	Todennäköisyys p	Seuraukset c	Riski R = pxc	Toimenpiteet	Vastuhenkilö	Aikataulu	Valmis
		Vaaratekijä , vaaratilanne							
Liikkuvan esineen aiheuttama isku	T13	Valukoneen luukun aukaisu ja sulkeminen	1	2	2	Henkilöstön koulutus ja käyttöohjeiden päivitys	■	31.1.2018	
Poikkeavat tilanteet ja häiriöt	T19	Huoltotyöt -> kameralaitetta huollettaessa valukoneen oltava aina pysäytettyinä	1	2	2	Henkilöstön koulutus ja käyttöohjeiden päivitys	■	31.1.2018	
Iskukuormitus	T20	Terän vaihdon yhteydessä vaara lyödä pää kameran rakenteisiin	2	1	2	Kameran alapinnan pehmustaminen jos mahdollista	■	31.1.2018	
Sähkölaitteiden kunto ja käyttö	K15	Kamera ei ole Atex-hyväksytty mutta sijaitsee Atex-alueella -> pölyräjähdysvaara	1	3	3	Atex-alueen päivitys / riskianalyysi käynnissä. (Kamera ja riviliitinkotele)	■	31.1.2018	
Työnopastus ja perehdyttäminen	H9	Heikko koulutus voi aiheuttaa henkistä kuormitusta	1	1	1	Henkilöstön koulutus ja käyttöohjeiden päivitys	■	31.1.2018	
Lasersäteily	F16	Laserin aiheuttaman terveyshaitat	1	2	2	2. luokan laser ->Kohtisuoraan katsominen kielletty. Kohteessa näkyvä valo ei aiheuta vaaraa. Vältettävä pitkäaikaista altistumista ja optisten apuvälineiden käyttöä. Henkilöstön koulutus ja käyttöohjeiden päivitys ja varoitusmerkit	■	31.1.2018	

Todennäköisyys p	Seuraukset c		
	Vahaiset I	Haitalliset II	Vakavat III
Epatodennäköinen I	1 Merkityksetön	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen II	2 Vahainen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen III	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietamaton riski