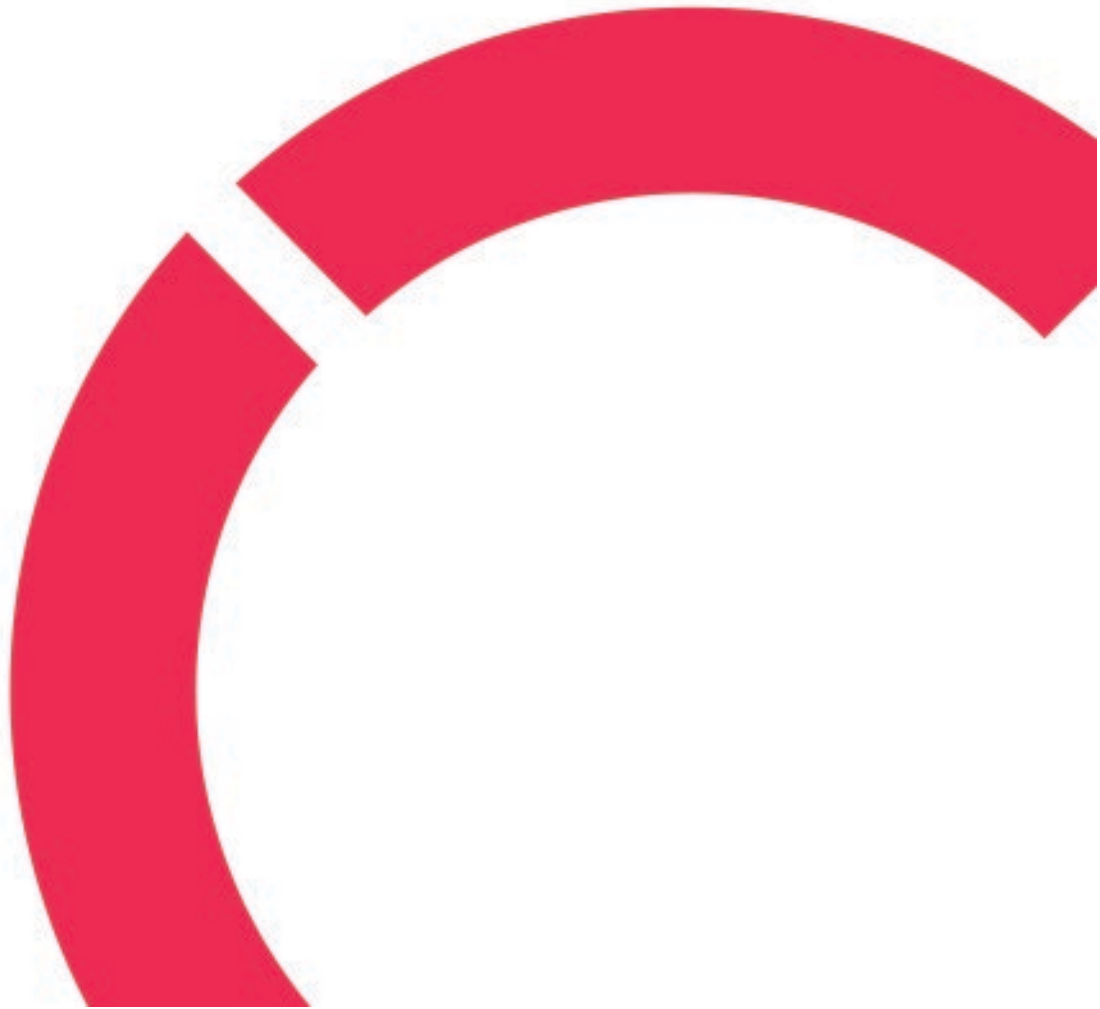


Tomi Mattila

TERÄSAIHION KÄYRYYDEN MITTAUS VALOVERHOLLA

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutus
Toukokuu 2023**



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2023	Tekijä/tekijät Tomi Mattila
Koulutus Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutus		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi TERÄSAIHION KÄYRYYDEN MITTAUS VALOVERHOLLA.		
Työn ohjaaja Hannu Puomio		Sivumäärä 27
Työelämäohjaaja Timo Tanska		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli teräsaihion käyryydenmittaus mittaavalla valoverholla. Työn tavoitteena oli suunnitella, valmistaa ja testata teräsaihion korkeutta mittaava mittauslaitteisto, asiakkaan ennakkoon valitsemilla komponenteilla. Laitteiston valmistuksesta vastasi PLC-Automation Oy, jonka toimitiloissa Oulussa mittauslaitteisto suunniteltiin, valmistettiin, ohjelmoitiin sekä tehtiin tarvittavat testaukset.</p> <p>Teräsaihion käyryyttä mittaava mittauslaitteisto valmistettiin SSABn Raahen tehtaan käyttöön. Sillä mitataan terästehtaan prosessissa, rullaradalla liikkuvan teräsaihion pitkittäissuuntaisen sivun korkeutta, ja mittauksesta muodostetaan profiilikuva valvomon käyttöpaneelille, jonka avulla voidaan tutkia mitatun teräsaihion käyryyttä.</p> <p>Mittauslaitteistolle on tarve, koska rullaradalla liikkuva teräsaihio on osana tehtaan prosessissa, ja liian korkea teräsaihio voi aiheuttaa vahinkoa muulle prosessiin kuuluvalla laitteistolle ja näin ollen aiheuttaa riskin tuotannon keskeytykseen.</p> <p>Työn tavoitteena oli valmistaa asiakkaan vaatimuksien mukainen mittauslaitteisto.</p>		

Asiasanat absoluuttianturi, IO-Link, mittaava valoverho, mittauslaitteisto
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2023	Author Tomi Mattila
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis MEASUREMENT OF THE CURVATURE OF A STEEL BLANK WITH LIGHT GRIDS.		
Centria supervisor Hannu Puomio	Pages 27	
Instructor representing commissioning institution or company Timo Tanska		
<p>The subject of the thesis was measuring the curvature of a steel blank using a measuring light grids. The goal was to design, manufacture, and test a measurement device that can measure the height of a steel blank using pre-selected components of a customer. The manufacturing of the device was carried out by Plc-Automation oy, that designed, manufactured, programmed, and make the necessary testing in their premises in Oulu.</p> <p>The steel blank curvature measuring device was produced for SSAB's Raahe plant. It measures the longitudinal side height of the steel blank as it moves on a conveyor during the steel plant process. The measurement data is then used to create a profile image to the control panel in the control room, which allows for the analysis of the steel blank's curvature.</p> <p>The measurement device is necessary because a steel blank that is too high can cause damage for other equipment in the process and then cause a risk of interruption of production.</p> <p>The goal of the project was to produce a measuring equipment that meets the customer's requirements.</p>		
<p>Key words absolute encoder, IO-Link, measuring equipment, measuring light grid</p>		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TAUSTAYRITYKSET	2
2.1 Plc-Automation Oy.....	2
2.2 Ssab.....	2
3 KÄYTÖSSÄ OLEVA LAITTEISTO	3
4 MITTAUSLAITTEISTOON VALITUT KOMPONENTIT	6
4.1 Valoverho	6
4.2 Absoluuttianturi	7
4.3 IO-Link.....	11
5 MITTAULAITTEISTON SUUNNITTELU	13
5.1 Laitteiston valmistus	15
5.2 Laitteiden konfigurointi ja lisäys ohjelmaan.....	18
5.3 Käyttöliittymän toimintakuvaus.....	21
5.3.1 Käyttöpaneeli.....	23
5.3.2 Taustalla toimiva ohjelma	23
5.3.3 Toiminta käynnistyksessä ja sammutuksessa.....	24
5.3.4 Piirin hälytykset	24
5.3.5 Historia.....	24
6 MITTAUKSET JA TULOKSET	25
7 POHDINTA	27
LÄHTEET	28
KUVIOT	
KUVIO 1. Kappaleiden korkeuden mittaukset.	26
KUVAT	
KUVA 1. Päätypartakoneen sisäänmeno ja kytkentäkotelolle sopiva asennuspaikka.....	4
KUVA 2. Rullarata ja päätypartakone ylhäältä kuvattuna.....	5
KUVA 3. Absoluuttianturi, Ahm36b.....	8
KUVA 4. Optisen absoluuttianturin kiekko, jossa 4 rataa, valonlähdettä ja valoanturia ja resoluutio 4 bittiä	9
KUVA 5. Anturin skaalauskerroin.....	10
KUVA 6. Esimerkki IO-Link järjestelmän rakenteesta	11
KUVA 7. IO-Link laitteen pistokkeen liitin järjestys	12

KUVA 8. Absoluuttianturin mahdollisia asennuspaikkoja.....	13
KUVA 9. Valoverhon toiminta-alue, jossa 1: monitorointikorkeus, 2:sädeväli ja 3:havainnointialue ..	14
KUVA 10. KytKentäkotelon valmistus	16
KUVA 11. Valoverhon mittausväli, jossa lähetävä yksikkö lähempänä kuvaajaa ja kytKentäkotelon, logiikkaprosessori ja virtalähde vastaanottavan yksikön vieressä	17
KUVA 12. Siemensin 1511F-1 pn logiikkaprosessori ja Sitop 24V DC/10 A virtalähde.....	18
KUVA 13. IO-Link masterin konfigurointi web-selaimessa	19
KUVA 14. Verkkonäkymä, Tia Portal.....	20
KUVA 15. Mlg 2-Pro: prosessitietojen pituus.....	20
KUVA 16. Mittauslaitteen käyttöpaneelin näkymä.....	22
KUVA 17. Asetukset-painikkeesta avautuva ponnaHDus-ikkuna oikealla	22

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua teräsaihion käyryyttä mittaavan mittauslaitteiston suunnitteluun ja siihen liittyvien laitteiden ohjelmointiin sekä käyttöliittymän toteutukseen ja laitteiston toiminnan testaukseen. Aiheen tähän työhön sain yritykseltä Plc-Automation oy, jossa suoritin insinööriopintojeni harjoittelujaksoja syksyn 2022 ja kevään 2023 aikana. Plc-Automation oy oli tehnyt sopimuksen valmistettavasta laitteistosta Ssab:n Raahen tehtaan kanssa. Sopimukseen sisältyi: mittauslaitteiston sähkösuunnittelu, valmistus, testaus ja asennus. Laitteisto valmistettiin asiakkaan ennakkoon valitsemilla komponenteilla ja se valmistettiin sekä testattiin Plc-Automation oyn toimitiloissa Oulussa.

Mittauslaitteiston tarkoituksena on mitata terästehtaan prosessin osana olevan rullaradalla liikkuvan teräsaihion käyryyttä ja korkeutta. Mittauksesta piirretään valvomossa olevalle käyttöpaneelille profiilikuva teräsaihion muodosta. Teräsaihion sallitulle korkeudelle voidaan määrittää maksimiarvo ja arvon ylittyessä aiheutuu hälytys. Mittauksen tarkoitus on estää liian korkean teräsaihion aiheuttamaa vahinkoa prosessin seuraavissa vaiheissa oleville laitteistolle. Lisäksi profiilikuvan perusteella voidaan tehdä laadullista tarkkailua teräsaihion muodosta. Korkeuden ylityksestä aiheutuvan hälytyksen perusteella voidaan teräsaihio tarvittaessa siirtää pois rullaradalta.

Suunnittelun lähtötietoina käytetään yrityksen projekti-kansioon tallennettujen projektin suunnittelua koskevien sähköposti-keskustelujen sekä paikan päällä kohteessa vierailun aikana ilmenneitä tietoja. Ohjelman suunnittelussa ja laitteiden testauksessa käytettiin apuna laitevalmistajan ohjelehtiä, käyttöoppaita, kirjallisuutta sekä verkkolähteitä.

2 TAUSTAYRITYKSET

2.1 Plc-Automation Oy

Plc-Automation on vuonna 1987 perustettu Oululainen teknologia-alan suunnittelu- ja palveluyritys. Yrityksen palveluita ovat mm. teollisuuden automaatiojärjestelmien kokonaisvaltaiset toteutukset, kojeisto-valmistukset ja sähköasennukset, teollisuusnostureiden valmistus ja modernisoinnit sekä järjestelmien elinkaaripalvelut. (Plc-Automation oy 2023.) Vuonna 2021 yritys työllisti 27 työntekijää ja samalla tilikaudella liikevaihto oli 5,8 M euroa, josta tuloksen osuus oli 189 000 euroa (Kauppalehti 2023).

2.2 Ssab

Ssab on kansainvälinen teräsyhtiö, jonka pääkonttori sijaitsee Ruotsissa. Yhtiön liikevaihto vuonna 2022 oli 129 miljardia ruotsin kruunua ja sillä oli 15000 työntekijää yli 50 maassa. Yhtiön vuosittainen terästuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia ja sen tuotantolaitoksissa valmistetaan kvarttolevy-, nauha-, ja putkituotteita sekä nuorrutus- ja kehittyneitä korkealujuusteräksiä. Tuotantolaitokset ovat Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Teräsyhtiön liiketoiminta-alueet on jaettu kolmeen ryhmään, joita teräsdivisiooneiksi kutsutaan ja näitä ovat: Ssab Special Steels, Ssab Europe ja Ssab Americas. (Ssab ab 2022.)

Ssab:n Raahen tehdas kuuluu Ssab Europe divisioonaan. Raahen tehdas on perustettu vuonna 1960 ja työntekijöitä vuonna 2022 oli 2600. Tehtaan tuotantotapa on masuunipohjainen terästuotanto, jossa raakateräksen vuosittainen tuotantokapasiteetti on 2,6 miljoonaa tonnia. Päätuotteita ovat kvarttolevyt ja nauhatuotteet. Strategiana Ssab Europella on edistää Raahen ja vastaavan Ruotsin Luulajassa sijaitsevan tehtaan masuunipohjaisten tuotantotapojen siirtymisessä valokaariuuniteknologiaan. (Ssab ab 2022.)

3 KÄYTÖSSÄ OLEVA LAITTEISTO

Ennen varsinaisen työn aloitusta kävimme kokeneemman suunnittelijan kanssa tutustumassa mittauslaitteiston tulevaan sijoituspaikkaan, jolloin saatiin tarkentavia tietoja suunnittelua varten. Vierailun tarkoituksena oli tutustua tulevan mittauslaitteen asennusympäristöön ja tehdä tarpeellisia havaintoja ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista. Paikanpäällä selvisi mm. laitteistolle sopiva sijoituspaikka ja samalla pystyttiin tarkistamaan jo tilattujen vakiomittaisten kaapelipituuksien riittävyys ja kytkentäkotelolle mahdollisia sijoituspaikkoja. Kytkentäkotelolle löytyi mahdollinen sijoituspaikka “päätyparta-koneen” sisäänmenon runkopilarista (KUVA 1.), josta valoverholle ja absoluuttianturille on kaapeloinnin kannalta mahdollisimman lyhyt reitti, jolloin varmistetaan kaapelien riittävyys.

Valoverholle sopiva sijoituspaikka on jokin rullaradan akseleiden väli mahdollisimman lähellä päätypartakoneen sisäänmenoa, johon valoverho suojakoteloineen on kokonsa puolesta ja kaapeleiden pituuden puolesta mahdollista asentaa. Absoluuttianturi tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle kytkentäkoteloa, jotta siihen varattu 5 metrin kaapelipituus riittää. Anturin mahdollisia asennuspaikkoja voisi olla jokin seuraavista: kuljetinradan rullan akselinpää, rullaa pyörittävän moottorin tuuletinpää tai anturin mukana tilatun mittausrenkaan avulla suoraan rullaradan rullan pintaan. Alla olevassa kuvassa (KUVA 2.) on teräsaihio ylhäältä kuvattuna, jossa se liikkuu kuljetinradan päällä kulkusuunnan ollessa vasemmalta oikealle. Kuvassa päätypartakoneen sisäänmeno oikealla, rataa pyörittävät moottorit alhaalla (6 kpl) sekä päätypartakoneen runkopilari oikealla alhaalla, josta löytyy kytkentäkotelolle sopiva kiinnityspaikka.



KUVA 1. Päätypartakoneen sisäänmeno ja kytkentäkotelolle sopiva asennuspaikka.



KUVA 2. Rullarata ja päätypartakone ylhäältä kuvattuna.

Mittalaitteisiin kytkettävä IO-Link masterin väyläportti yhdistetään Profinet-kaapelin ja kaapelitunnelissa sijaitsevan Ethernet-kytkimen välityksellä edelleen valvomossa olevaan logiikkaprosessoriin. Kaapelitunnelin kytkentäkoteloon sijoitetulla Ethernet-kytkimellä on sopivasti vapaita paikkoja, joista saadaan yhteys suoraan yläpuolella olevan valvomon logiikkaohjaimen ja edelleen samaan tilaan sijoitettavan valvomon käyttöliittymää ajavan PC:n verkkokorttiin. IO-Link masterin kytkentäkotelolta Profinet-kaapeli voidaan viedä avonaista kaapelihyllyä pitkin muutaman metrin etäisyydellä olevan sähkötilan läpi, josta edelleen kaapelitunneliin ja siellä olevaan kytkentäkoteloon. Kaapelireitille karkeasti mittaa arvioitaessa päädyttiin 30 metriin, jolloin aiemmin suunniteltu 25 metrin kaapeli jäisi mahdollisesti liian lyhyeksi.

4 MITTAUSLAITTEISTOON VALITUT KOMPONENTIT

Suunnittelun lähtötietoina käytettiin opinnäytetyön aloituspalaverin aikana suullisesti läpikäytyjä tietoja ja Plc-Automation oyn projektitietokannan kyseistä projektin suunnittelua koskevaa materiaalia. Lokakuussa 2022 Plc-Automationi oyn projektipäällikkö, Ssabn ja laitevalmistajan edustaja olivat kartoittaneet eri vaihtoehtoja teräsaihion käyryyden mittaukseen mm. suunnittelun, mittauslaitteistoon valittavien komponenttien sekä halutun mittaustarkkuuden osalta. Laitteiston valintaan vaikuttivat osaltaan tuotteiden soveltuvuus kohteeseen sekä tilattavien komponenttien toimitusajat. Osalle harkinnassa olleista komponenteista ei toimitusaikaa oltu määritelty. Maailman tilanteesta johtuen (Ukrainan sotatilanne ja korona) on monien komponenttien toimitusajat pitkiä. Mittauslaitteisto päätettiin valmistaa seuraavilla komponenteilla:

Mittaava valoverhopaketti (valmistaja Sick):

- Mittaavat valoverhot (Mlg-2 Pro)
- Absoluuttianturi (Ahm36Basic)
- IO-Link Master Profinet (Sig350)
- Tarvittavat kaapelit laitteiden kytkentään
- Mittauspyörä (kehämitta 300mm) ja akselisovite absoluuttianturin asennukseen

Valvomon käyttöliittymä:

- HP EliteDesk 800 PC (valvomon käyttöliittymän ajo)
- Siemens Simatic Ifo1900 Pro 19” kosketusnäyttö
- Siemens WinCC Unified V17 PC Runtime-lisenssi
- Pöytäjalka näytön kiinnitykseen

4.1 Valoverho

Valoverho on ns. optoelektroninen laite, joka koostuu pylväsmäisestä lähettimestä ja vastaanottimesta. Valoverholla muodostetaan ihmissilmälle näkymätön infrapunasäteistä koostuva alue, jossa yksittäisen säteen tai useiden säteiden katkeamisen perusteella laite toteuttaa tietyn ohjelmallisen toiminnon. Laitteen lähettävässä ja vastaanottavassa pylväässä on useita vierekkäin olevia säteen muodostavia komponentteja ja käyttötarkoituksen mukaan voidaan valita laite sopivalla resoluutiolla. Resoluutio

kuvaa pylväiden välille muodostuvien säteiden välin tiheyttä, jolloin välin tihentyessä havaitaan pienempiä kohteita ja tällöin resoluutio on suurempi ts. tarkempi. (Ifm electronic oy 2023.)

Sopivaa laitetta valittaessa täytyy ottaa huomioon myös suojattavan alueen etäisyys (engl. range), jonka valmistajat ilmoittavat ohjeissaan lähettimen ja vastaanottimen välisenä maksimietäisyytenä, laitteen toimiessa vielä luotettavasti. Valoverhot voidaan asettaa kaikkiin aksiaalisiin suuntiin ja pylväiden pituus määrittää tarkkailtavan alueen korkeuden tai leveyden. Valoverholaitteistoissa on erilaisia ohjelmallisia toimintoja, joita käyttäjä voi muuttaa halutunlaisen toiminnon aikaansaamiseksi. Valoverhojen ohjelmassa voidaan esimerkiksi tunnistaa ja määrittää eri muotoja. Lisäksi osa säteistä voidaan ns. "pimentää" käytöstä, jolloin sallitaan tietyn kokoisten materiaalin läpikulku, mutta henkilöt kuitenkin havaitaan. (Kidman 2020.)

Tietoa hakiessa ja eri valmistajien laitteita vertailtaessa huomasi että mittaavilla valoverhoilla pystyy suorittamaan pääosin samoja toimintoja, kuin turvaloverhoillakin. Mittaavien valoverhojen toiminnallisuutta on kuitenkin lisätty ohjelmallisesti, joten käyttöalueita löytyy laajemmin monissa eri sovelluksissa, kun taas turvaloverhoissa on mielestäni toimintavarmuuteen ja selkeämpään käyttöönottoon panostettu enemmän. Mittaavissa valoverhoissa voidaan melko vapaasti ohjelmallisesti muokata eri toimintoja. Esimerkiksi ulostulojen tiloja voidaan muokata mittaavaksi, kytkeväksi tai molemmiksi. Laitteita voidaan käyttää mm. kokoonpanolinjoilla kuljettimien yhteydessä pienten kappaleiden tunnistamiseen, laadun tarkkailuun tuotteiden muodon mittauksessa sekä kappalemäärien laskennassa. (Sick ag 2022a).

4.2 Absoluuttianturi

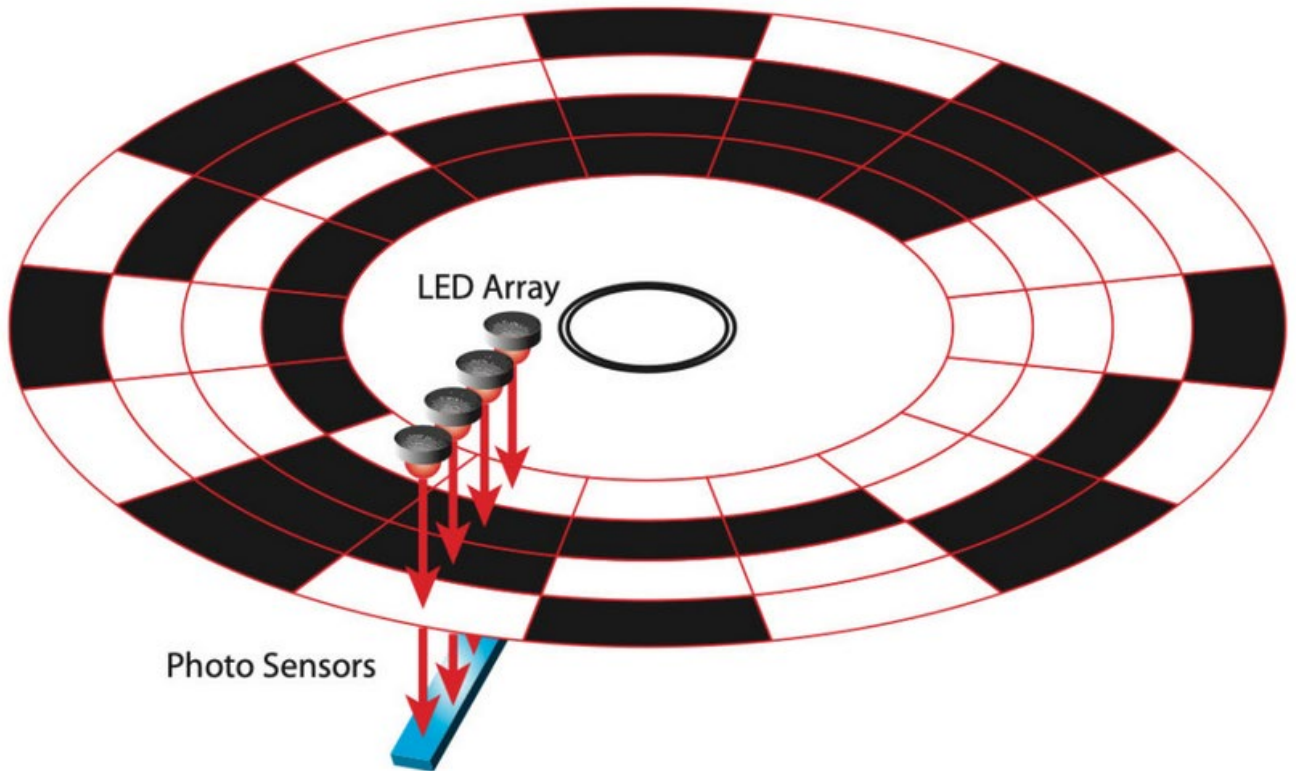
Absoluuttianturia (KUVA 3.) käytetään teollisuusautomaation eri sovelluksissa kierrosluvun, nopeuden ja kiihtyvyyden mittaukseen. Absoluuttianturilla saadaan pyörivän akselin liikkeet absoluuttisina askel-tietoina, jolloin jokaisella askeleella on kohdennettu yksiselitteinen binäärikoodi, joka vastaa tiettyä positiota eli paikkaa. Anturin erottelukyky ts. resoluutio määrittää käytössä olevien koodien lukumäärän yhtä kierrosta kohti. Jokaisella koodilla on yksiselitteinen arvo ja sen perusteella tiedetään absoluuttianturin absoluuttinen paikka. (Sick ag 2023a).

Absoluuttianturin toteutus voi olla optinen tai magneettinen ja niitä löytyy yksi- ja monikierros mallisina. Optisen absoluuttianturin rakenteeseen kuuluu valonlähde, pyörivä kiekko ja valoanturi.

Kiekon kehällä on useampia ratoja, joissa läpinäkymättömät ja läpinäkyvät osat vuorottelevat. Jokaista rataa kohden on oma valonlähde (KUVA 4.). Absoluuttianturit voidaan jaotella kahden eri koodausmenetelmän mukaan, jotka ovat suora binääri- ja Gray-koodaus. Yleisimmin käytetään suoraa binääri-koodausta. (Rantanen 2017).

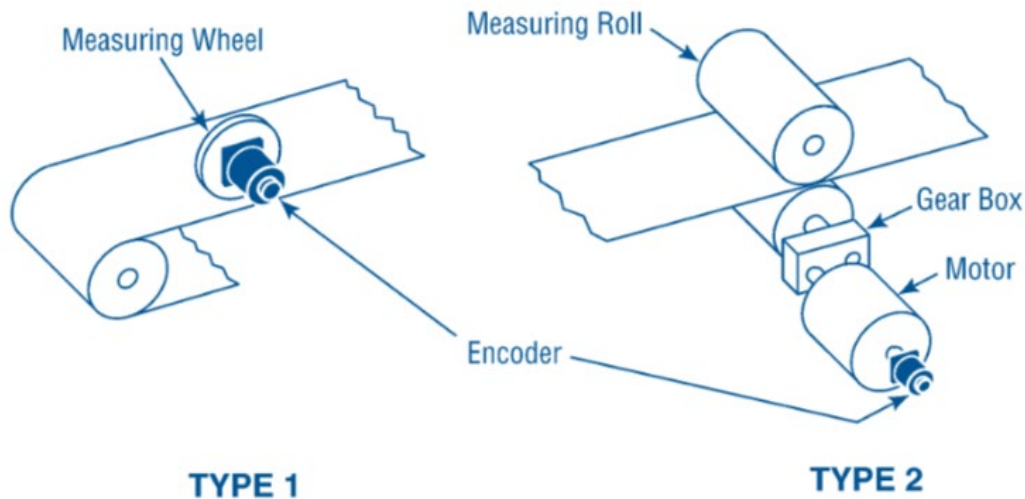


KUVA 3. Absoluuttianturi, Ahm36b (Sick ag 2023).



KUVA 4. Optisen absoluuttianturin kiekko, jossa 4 rataa, valonlähdettä ja valoanturia ja resoluutio 4 bittiä (Linear motion tips 2023)

Absoluuttianturin kierrosluku-, nopeus- ja kiihtyvyyssi tieto ei aina riitä kertomaan sovelluksessa haluttua tietoa vaan anturin asennuspaikan mukaan on mittaukseen määritettävä skaalauskerroin ts. kalibrointi vakio (KUVA 5.). Esimerkiksi tässäkin työssä käsiteltävän teräsaihion liikkuminen tarvitsee mittauslaitteiston ohjelmaan kertoimen, jonka avulla se sovitetaan rullaradan akselin pyörimiseen ja teräsaihion todellinen siirtymä saadaan näin tietoon. Dynaparin ohjeesta löytyvän yhtälön avulla saadaan anturille määritettyä vakiokerroin, kun anturin asennustapana on mittausrulla avusteinen tai rullarataa vaihdelaatiokon välityksellä pyörittävän moottorin akseli (Dynapar. 2003).



Length Display Resolution	Application	
	Type 1 Measuring Wheel	Type 2 Measuring Roll
1 Meter	$K = \frac{M}{N}$	$K = \frac{0.079796D}{GN}$
1 Millimeter	$K = \frac{1000M}{N}$	$K = \frac{79.796D}{GN}$

KUVA 5. Anturin skaalauskerroin. (mukaillen Dynapar 2003)

Tyyppin 1 kaavoissa K on kalibrointi vakio, M on mittausrullan ympärysmitta ts. kehämitta metreinä ja N on anturin askeleet/kierros tai pulssia/kierros, lisäksi Tyyppin 2 kaavoissa G on moottorin vaihteiston välityssyhyde ja D on rullaradan rullan halkaisija. Jos anturi asennettaisiin rullaradan akselin päälle tyyppin 1 mukaisesti ja kun mittausrullan kehämitta on 300mm sekä anturin tarkkuus on 4096askelta/kierros saadaan kalibrointi vakioksi K:

$$K_{mm} = \frac{1000M}{N} = \frac{300}{4096} \approx 0,0732\dots$$

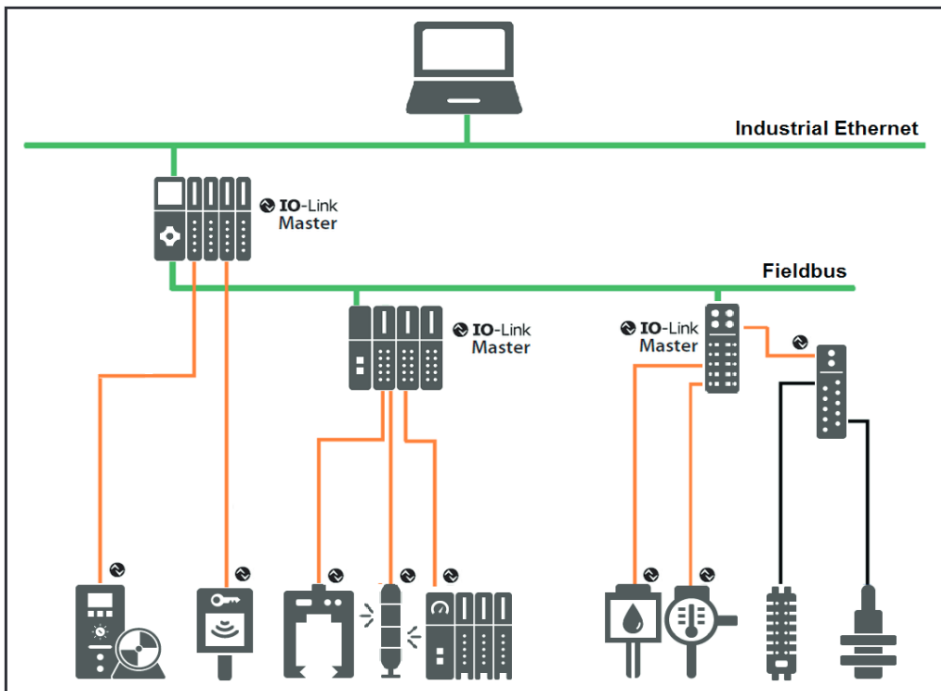
Kalibrointi vakio kuvaa absoluuttianturin 1 askeleen kiertymän vaikutusta, radalla liikkuvan kappaleen etenemään millimetreinä. Jos valoverhon halutaan mittaavan teräsaihiota 10cm välein täytyy mittauksen tapahtua aina kun anturin askelmäärä ts. positio kasvaa seuraavan yhtälön mukaisen määrän:

$$\text{Anturin askelmäärä} = \frac{\text{haluttu mittausväli [mm]}}{K_{mm}} = \frac{100}{0,0732\dots} \approx 1365,3 \text{ askelta.}$$

4.3 IO-Link

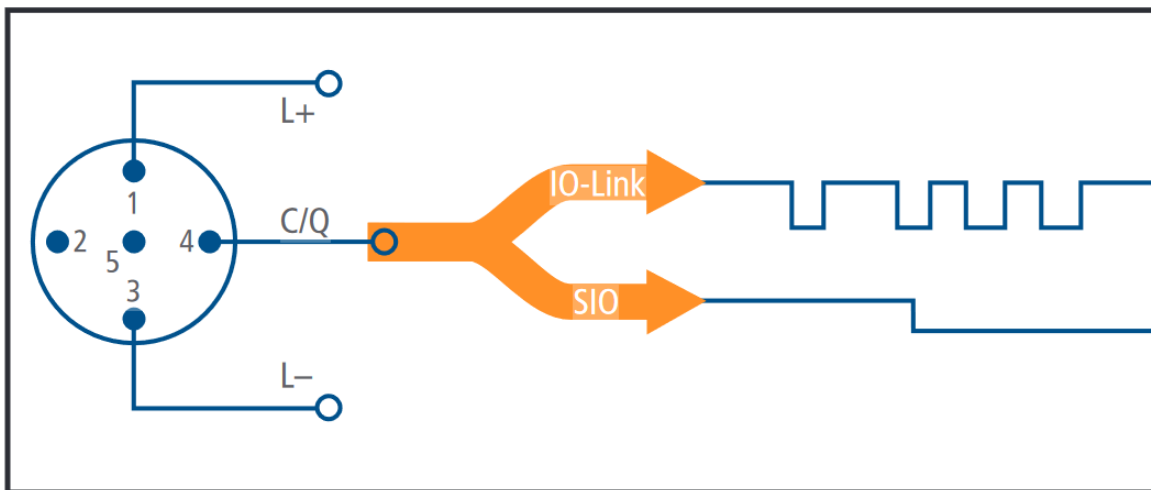
IO-Link on ensimmäinen maailmanlaajuinen avoimeen standardiin perustuva I/O teknologia (IEC 61131-9), joka mahdollistaa tehonsyötön lisäksi kaksisuuntaisen keskustelun sensoreiden ja toimilaitteiden kanssa. IO-Link järjestelmä (KUVA 6.) sisältää ainakin seuraavat komponentit: IO-Link master, IO-Link toimilaitteet tai anturit, suojaamattomat 3- tai 5-johdimiset vakiokaapelit, jotka päätetään standardisoiuihin liittimiin M5, M8 ja M12. Edellisten lisäksi laitteisto vaatii ohjauksen ja asetusten parametrisoinnin ja ne voidaan ohjelmoida logiikassa tai tehdä erillisellä konfigurointityökalulla. (IO-Link community 2018, 3.)

IO-Link master on järjestelmän pääkomponentti, jolla IO-Link toimilaitteet ja anturit yhdistetään korkeamman tason kenttäväylään. Laitteiden vianetsintä ja parametrien asetus voidaan tehdä etänä. IO-Link mahdollistaa laitteiden välisen kommunikoinnin kolmella eri nopeudella, näitä ovat: 4,8 kBaudia, 38,4 kBaudia ja 230,4 kBaudia. (IO-Link community 2018, 6.)



KUVA 6. Esimerkki IO-Link järjestelmän rakenteesta (IO-Link community 2018)

Antureiden ja toimilaitteiden kytkentä IO-Link masteriin tapahtuu aina standardin mukaisella vakio-pistokkeella (KUVA 7.), jossa C/Q pinni (4) on IO-Link kommunikointia varten ja pinnit L+ ja L- (1 ja 3) on laitteen 24 voltin tasajännitteen ja maksimissaan 200mA virran syöttöä varten. Pinniä 4 ja 5 voidaan käyttää tietyissä tapauksissa, jos laitteelle tarvitaan vaihtoehtoista galvaanisesti eristettyä syöttöjännitettä. (IO-Link community 2018, 5.)



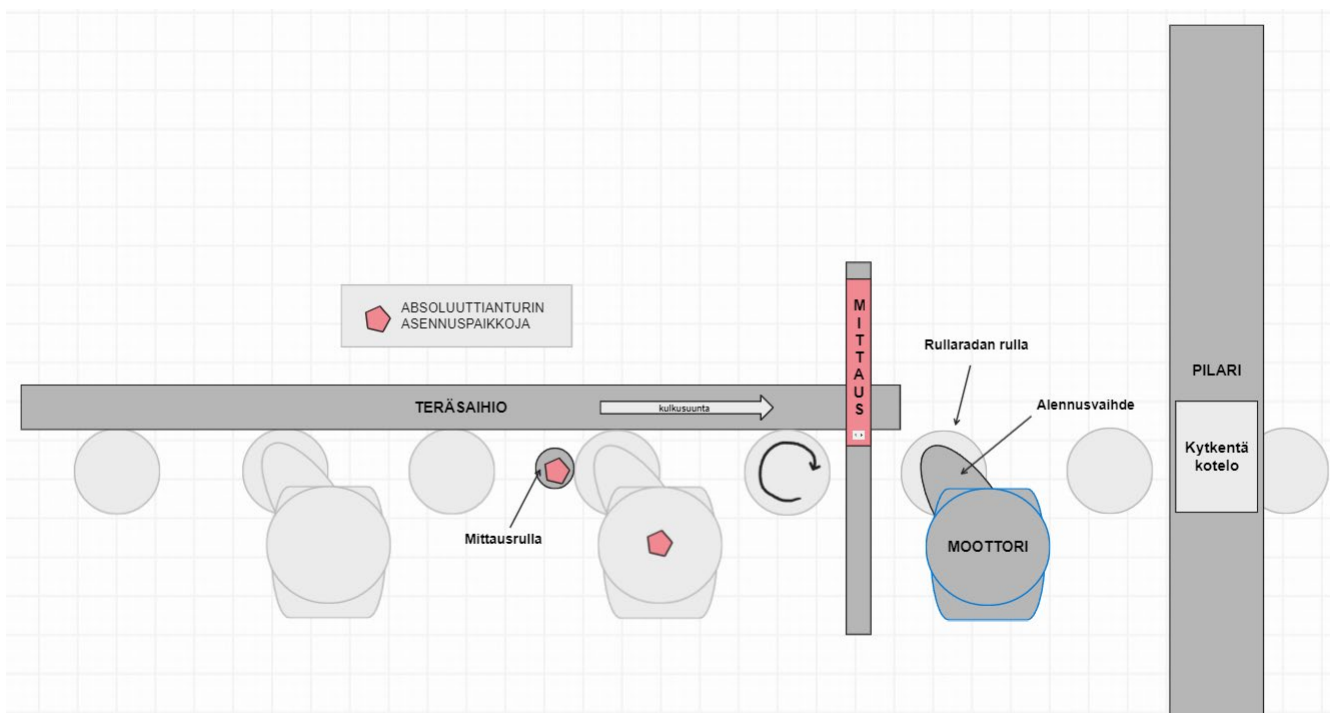
KUVA 7. IO-Link laitteen pistokkeen liitin järjestys (IO-Link community 2018)

IO-Link laitteilta on saatavissa neljää eri tyyppistä dataa jotka on jaoteltavissa kahteen eri ryhmään, sykliseen ja asykliseen. Syklisiä ovat: prosessidata (engl. process data), jossa datan siirtokoko on 0-32 tavua ja koko on laitekohtaisesti ennalta määritelty sekä “value status” joka ilmoittaa laitteen tilan ja tämä kertoo onko prosessidata hyväksyttyä tai epäkelvää. Asyklisiä ovat: laitedata (engl. device data) joka voi olla määritettyjä parametrejä, tunnistetietoa ja laitteen kunnon tai tilan informaatiota sekä tapahtumat (engl. events), jossa jonkin tapahtuman ilmettyä laite lähettää signaalin jonka IO-Link masteri vastaanottaa, käsittelee ja tarvittaessa jakaa eteenpäin ja näitä tietoja voivat olla laitteen ylikuumentuminen, huollontarve ja muut laitekohtaiset hälytykset. (IO-Link community 2018, 7.)

5 MITTAULAITTEISTON SUUNNITTELU

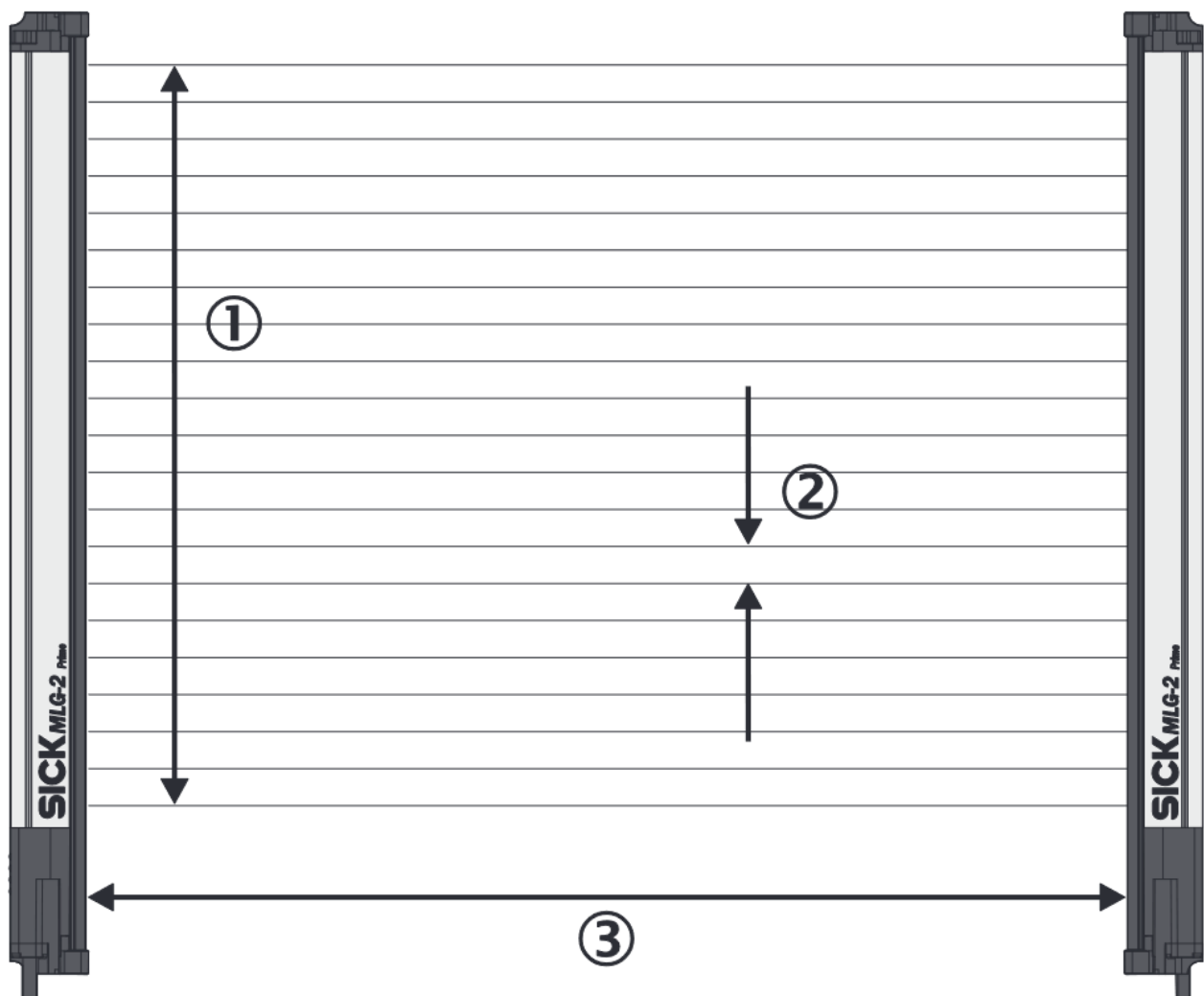
Mittauslaitteelle on tarkoitus kartoittaa mittauksen tarkkuus ja onnistuminen teräsaihion eri nopeuksilla. Valoverholle annetaan mittauskäsky kun teräsaihio liikkuu tietyn etäisyyden rullaradalla ja tavoitteena oli että mittauslaitteen toimintakyky kartoitetaan eri nopeuksilla. Teräsaihion liiketieto rullaradalla saadaan selvitettyä absoluuttianturin asentotiedon perusteella. Jotta anturin lukema voidaan suhteuttaa teräsaihion kulkemaan matkaan rullaradalla, täytyy tietää anturin asennuspaikka, jolloin voidaan asentotiedolle määrittää skaalauskerroin ohjelmointia varten.

Mahdollisia asennuspaikkoja (KUVA 8.) anturille on rullarataa pyörittävän moottorin akselin tuuletinpäässä tai anturin toimituksen mukana tulleen mittausrullan avulla, joka voidaan kiinnittää rullaradan rullaa vasten. Edellä mainitun perusteella voidaan anturin pyörimä kierros suhteuttaa rullaradan kierrokseen ja näin ollen tiedetään teräsaihion liike radalla. Samalla voisi kartoittaa mittausaajuuden eli mittausvälin tiheyden muutoksen vaikutusta mittaukseen ja tämän perusteella voitaisiin määrittää raja-arvot loppukäyttäjän valittaville parametreille.



KUVA 8. Absoluuttianturin mahdollisia asennuspaikkoja

Teräsaihion korkeutta mitataan Sick:n valmistamalla mittaavalla valoverholla. Valoverhon muodostaman mittausalueen (KUVA 9.) monitorointikorkeus on 445mm, tällöin lähettimen ja vastaanottimen välille muodostuu 90 säteen verho säteiden välin ollessa 5mm. Korkeuden mittaustavaksi voidaan konfiguroida säteiden kohtisuora tai ristikkäissäde mittausta, joista jälkimmäisellä päästään suurempaan mittaustarkkuuteen, tällöin laitteiston mittausaika kaksinkertaistuu (Sick ag 2022a). Tiheämmällä mittaustaajudella teräsaihion liikkuaessa suuremmilla nopeuksilla mittausta ei välttämättä pysy mukana ja mittaustulokset voivat vääristyä.



KUVA 9. Valoverhon toiminta-alue, jossa 1: monitorointikorkeus, 2:sädeväli ja 3:havainnointialue (Sick ag 2022)

Mlg-2 Pro mittaava valoverho käyttää prosessitietojen pituutena 32 tavun kapasiteetin (Sick ag 2023b) ja tavujen sisältä löytyy useita satoja yksittäisiä eri lukumuotoisia parametrejä. Näitä parametrejä voidaan hyödyntää logiikka ohjelmassa bittitasolla määritettävien tulojen ja lähtöjen avulla. Laite voidaan myös konfiguroida suoraan toimimaan valituilla toiminnoilla, jolloin saadaan logiikkaan tieto

esim. mitatun kappaleen korkeudesta kokonaislukuna millimetreinä. Sickn verkkosivuilta ladattavan Sopas Et -sovelluksen avulla voidaan konfiguroida laitteilla toteutettavat toiminnot, jolloin logiikka-ohjelmassa ei tarvitsisi valita kuin haluttu mittausdata. Sick tarjoaa myös verkkosivuillaan Function Block Factory-työkalua, jossa verkkosivuille kirjautunut käyttäjä voi valita ja nimetä halutut parametrit IO-Link-laitteille ja näiden tietojen perusteella ohjelma generoi funktio-blokit yleisimmille käytössä oleville ohjelmointi -sovelluksille.

5.1 Laitteiston valmistus

Mittauslaitteiston sähkösuunnitelmat olivat jo valmiina ja suurin osa komponenteista oli Plc-Automation oyn toimistolla joten voitiin aloittaa laitteiston rakentaminen. KytKentäkotelo oli tilattu mutta ei vielä saapunut ja varastosta löytyi alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen hieman syvyyden osalta lyhyempi, mutta muuten vastaavanlainen Rittalin valmistama Kx 1575.000 -kytKentäkotelo. IO-Link masteria ja riviliittimiä sovitettaessa todettiin sen olevan tarkoitukseen sopiva ja vaikka masteriin liitettävien kaapeleiden päät ovat suoria niin koteloon jäi vielä hyvin tilaa kaapeleille. Tilaa koteloon jäi vielä vaikka jatkossa tilaa tarvitaan ainoastaan masterin vapaisiin paikkoihin liitettäville IO-Link laitteiden ohuille kaapeleille. Koteloon tehtiin tarvittavat läpiviennit kaapeleille, asennettiin lyhyt DIN-kisko riviliittimelle sekä vedonpoistotanko kaapeleille. IO-Link masteri asennettiin koteloon ja se asetui taustalevyille (KUVA 10.) juuri sopivasti vedonpoistotangon ja takaseinän väliin. Lisäksi vaikka masteriin liitettävien kaapeleiden päät ovat suoria niin koteloon jäi hyvin tilaa.



KUVA 10. Kytentäkotelon valmistus

Mittauslaitteistolle löytyi sopiva testauspaikka vapaasta työpisteestä, jossa valoverhon lähettävän ja vastaanottavan yksikön välille saatiin noin 3,5 metrin etäisyys mikä likimain vastaa todellisen sijoituspaikan etäisyyttä rullaradan yli. Kytentäkotelo, logiikkaprosessori ja virtalähde asennettiin valoverhon vastaanottavan yksikön viereiselle pöydälle sekä lähettävä yksikkö työtilan vastakkaiselle seinustalle, jolloin valoverhon yksiköiden välille jää tarpeeksi vapaata tilaa suorittaa testauksia (KUVA 11.).

Mittauslaitteiston logiikkaohjaimeksi löytyi yrityksen varastosta Siemensin Simatic S7-1500, CPU 1511F-1 PN logiikkaprosessori (KUVA 12.) joka on turvaluokiteltu logiikkaprosessori. Tehtaan vastaavassa ei ole turva ominaisuutta, mutta laitteet ovat muuten likimain identtiset ja turvaominaisuudet voi ohjelmallisesti ottaa pois käytöstä. Laitteiden tehonsyöttöön käytetään Siemensin Sitop Psu200m 24V DC/10A tasavirtalähdettä, jolle virta otetaan pistotulpan välityksellä

verkosta. Tasavirtalähteellä syötetään Sig350 IO-Link masteria joka syöttää edelleen mittaavaa valoverhoa Mlg-2 Pro ja absoluuttianturia Ahm36b.



KUVA 11. Valoverhon mittausväli, jossa lähettävä yksikkö lähempänä kuvaajaa ja kytkentäkotelo, logiikkaprosessori ja virtalähde vastaanottavan yksikön vieressä



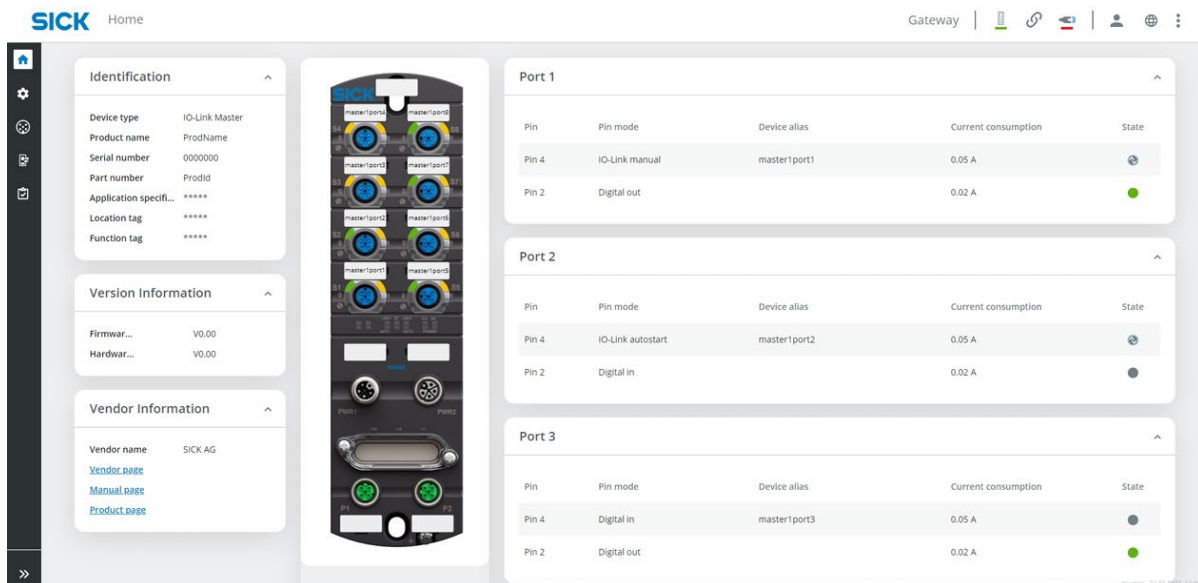
KUVA 12. Siemensin 1511f-1 pn logiikkaprosessori ja Sitop 24V DC/10 A virtalähde

5.2 Laitteiden konfigurointi ja lisäys ohjelmaan

Laitteiston komponenttien kytkemisen, tietokoneen alkuasennuksen ja ohjelmistojen asennusten jälkeen päästiin laitteita koekäyttämään ja konfiguroimaan tarvittavia alkuasetuksia. Mittauslaitteiston toimintoja ohjataan Siemensin logiikkaprosessorilla, jolloin sen toiminnot ohjelmoidaan saman valmistajan Siemensin Tia Portal ohjelmistolla. Ohjelmiston asennusvaiheessa valittiin mukaan myös WinCC Unified käyttöliittymäohjelmisto. WinCC Unified on ohjelma, joka toimii integroituna Tia Portalin sisällä ja sen avulla Unified-lisenssillä toimiva käyttöliittymä voidaan ohjelmoida. Tia

Portalissa on ohjelman sisäinen ohjevalikko, jonka laajasta valikoimasta löytyy esimerkkejä ja ohjeita lähes kaikkiin toimintoihin liittyen ja tätä valikkoa käytettiin hyödyksi ohjelmaa käytettäessä. Sickin valmistamien laitteiden konfiguroinnit tehtiin yrityksen verkkosivuilta ladattavalla Sopas-ohjelmistolla.

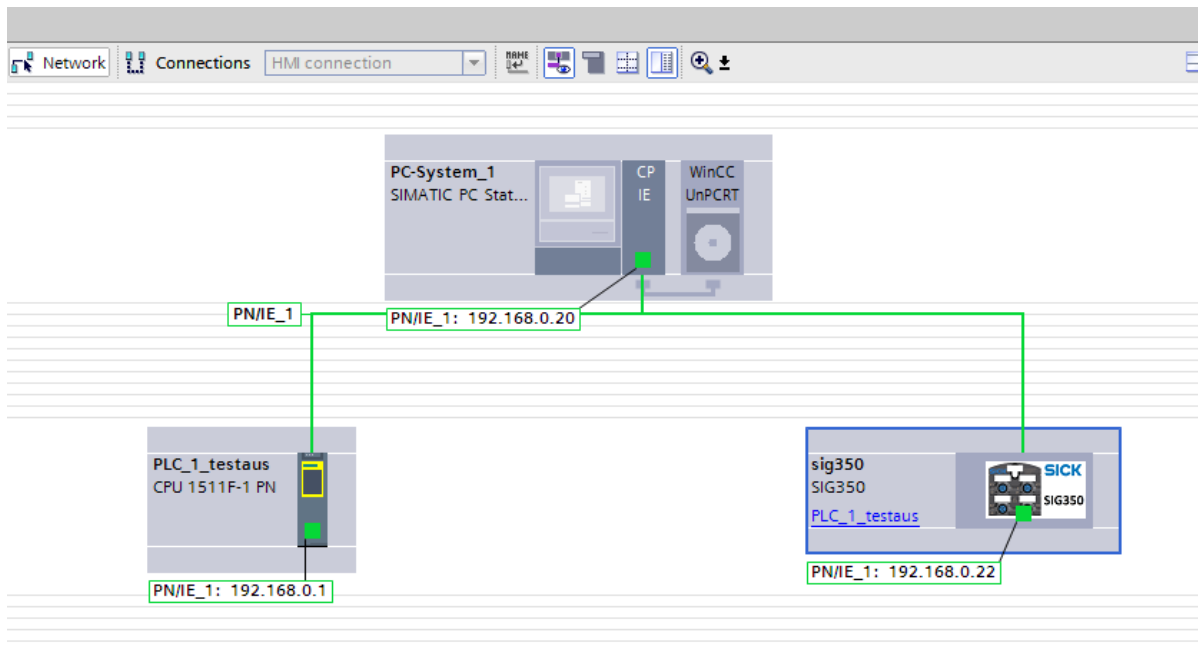
IO-Link masterille tehtiin alkuun konfiguroinnit, jossa absoluuttianturille ja valoverholle kytketyt portit otetaan käyttöön ja näin saadaan niiden data näkymään masterin välityksellä logiikkaprosessorille. Laitteen konfigurointi tehtiin web-selaimen kautta (KUVA 13.), joka masterille annettulla tai oletus ip-osoitteella avautuu. (Sick ag 2022b, 67-77.) Siemensin Tia portal -suunnitteluohjelmistossa testausohjelmalle luotiin oma oma projekti, johon lisättiin käytettävät laitteet. Kaikki komponentit kommunikoivat logiikkaprosessorin kanssa ja tämä on ehkä helpoin tapa aloittaa laitteen lisäykset. Laitteita ohjelmaan lisättäessä niille tarvitsee määrittellä laitetyyppi sekä käytettävä versio. Vikasuojatun logiikkaprosessorin Cpu 1511F-1 pn:n lisäyksessä projektiin otettiin myös turva asetukset pois käytöstä, jotta laitteiden kommunikointi onnistuu sujuvammin ohjelman teon aikana kun salasanoja ei tarvitse asettaa.



KUVA 13. IO-Link masterin konfigurointi web-selaimessa (Sick ag 2022b)

Valvomon käyttöpaneelin käyttöliittymä suunnitellaan samassa projektissa ja sen ohjelmointi tehdään WinCC Unified ohjelmistolla, joka on oma ohjelmisto mutta toimii täysin integroidusti Tia Portalissa. Käyttöliittymän laitteeksi lisättiin Simatic WinCC Unified PC, jonka jälkeen ohjelman projektipuuun ilmestyy käyttöliittymän ohjelmointia varten oma kansio. IO-Link masterin liittämiseksi ohjelmaan täytyi valmistajan sivuilta ladata laitekohtainen GSD-tiedosto, joka sisältää laitekohtaiset tiedot

ohjelmaan lisäystä varten. Laitteiden lisäyksen jälkeen määritettiin laitteille ohjeiden mukaiset asetukset ja muodostettiin verkkonäkymässä (KUVA 14.) laitteiden yhteydet (Sick ag 2022b).



KUVA 14. Verkkonäkymä, Tia Portal.

Valoverhon ja absoluuttianturin yhteys toimii IO-Link masterin välityksellä ja tätä varten ohjelmassa täytyi mm. lisätä masterin asetuksista laitteille varattavat tulo- ja lähtö-moduulit laitteiden käyttämän datamäärän mukaan. Esimerkiksi mittaava valoverho Mlg 2-Pro tarvitsee 32 tavun verran kapasiteettia datansiirtoon ohjelmassa, joka selviää laitteen tuotetietolehtisen “prosessitietojen pituus” kohdasta (KUVA 15.). Edellä kuvattu toimenpide varaa logiikkaprosessorin muistipaikoista seuraavat vapaana olevat paikat ja tällöin ne ovat ohjelmassa käytettävissä kyseisillä laitteilla. (Sick ag 2022b).

Tietoliikenneliitäntä

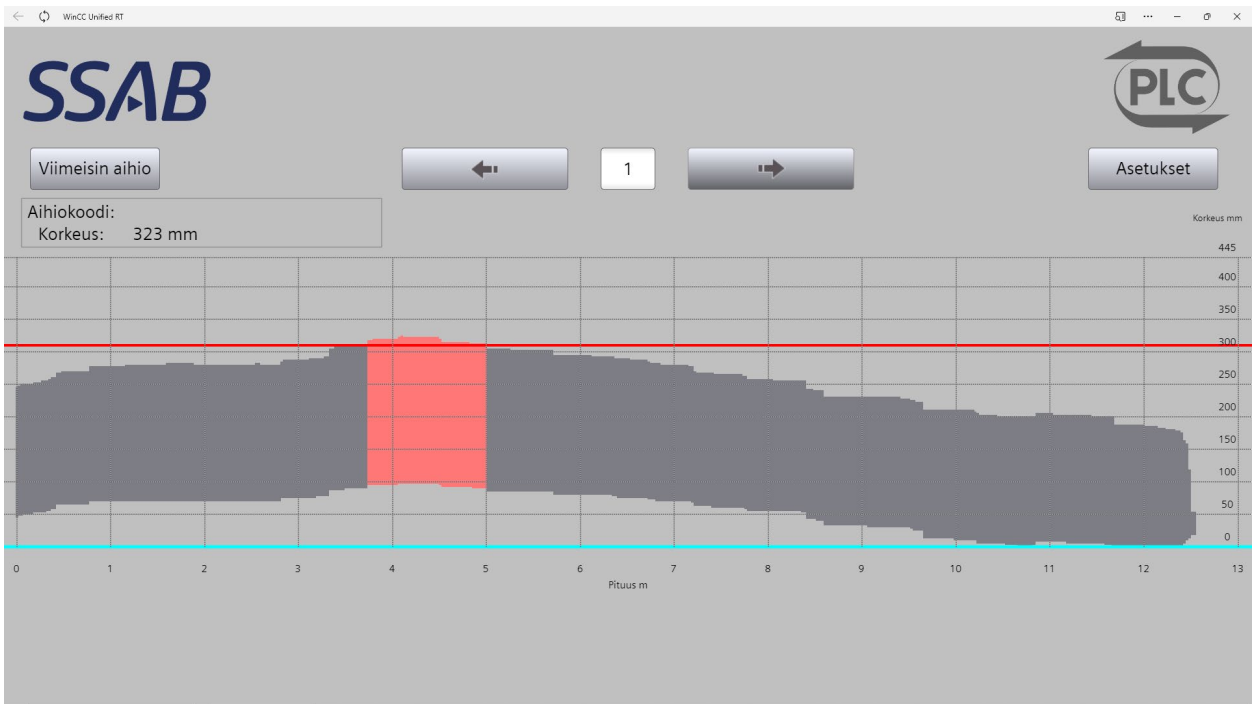
IO-Link	✓, IO-Link V1.1
Tiedonsiirtonopeus	230,4 kbit/s (COM3)
Maksimi johtopituus	20 m
Jaksoaika	2,3 ms
VendorID	26
DeviceID HEX	800068
DeviceID DEC	8388712
Prosessitietojen pituus	32 Byte (TYPE_2_V) ¹⁾

KUVA 15. Mlg 2-Pro: prosessitietojen pituus (Sick ag 2023b)

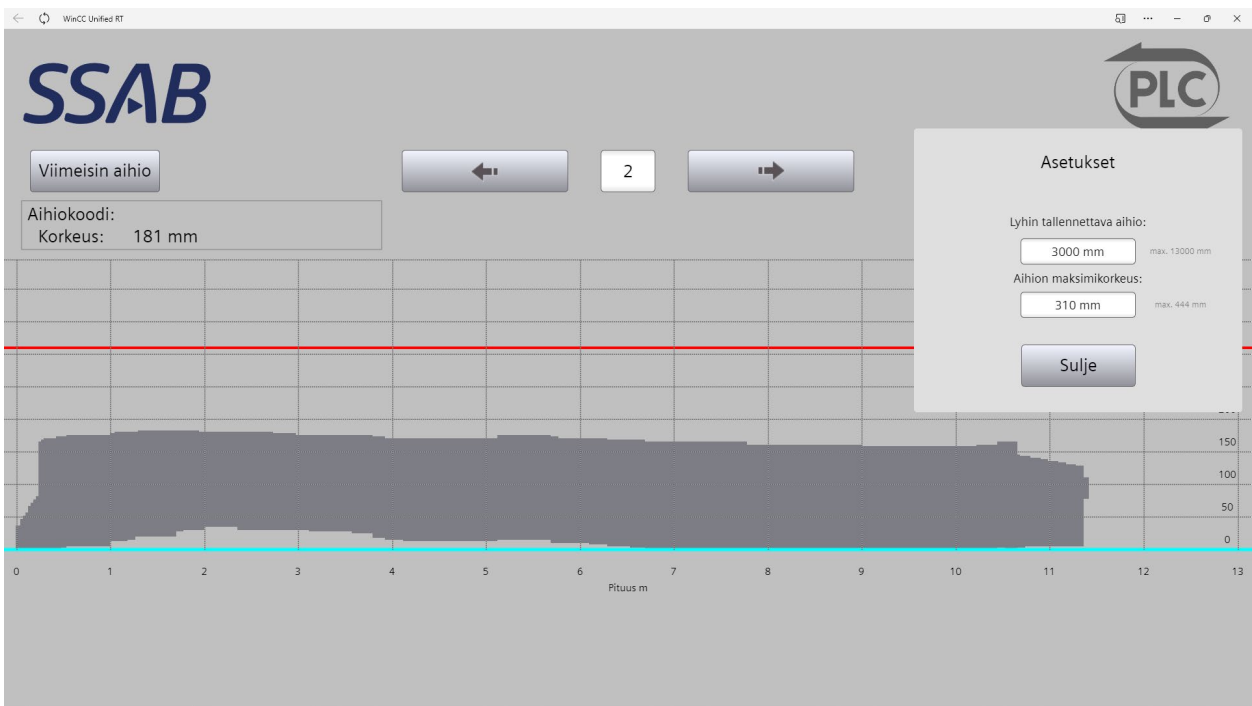
Laitteiden ohjelmaan lisäyksen ja asetusten määrittämisen jälkeen saatiin laitteiden lähettämää dataa näkyviin ohjelmaan. Laitteilta saatavissa olevat tiedot on pilkottu pienempiin osiin niille varattujen tavujen sisällä ja tämän vuoksi laitteiden lukuisien toimintojen hyödyntäminen ohjelmassa, vaatisi työlästä “bittitason” tarkastelua. Absoluuttianturin ja mittavaan valoverhon parametrien käsittelyyn on tarjolla “funktio-kirjasto” -työkalu, joka toimii valmistajan verkkosivuilla. Työkalu tarjoaa laitekohtaisesti määritettävät funktiot, jotka sisältävät valmiiksi määritellyt parametrit laitteiston ohjelmointiin. palvelun käyttäminen on ilmaista, mutta vaatii rekisteröitymisen. Funktio-kirjastosta ladattujen funktio-blokkien käyttöönottamista yritettiin ohjelmassa suunnittelijoiden sekä valmistajan teknisen tuen avustuksella, siinä kuitenkin onnistumatta. Lisäksi yritin itsenäisesti etsiä ratkaisua eri verkkosivuilta löytyvistä esimerkeistä vastaavien laitteistojen osalta, mutta kaikissa löytämissäni ratkaisuissa toteutukset poikkesivat toisistaan sen verran etten pystynyt niitä tässä työssä hyödyntämään.

5.3 Käyttöliittymän toimintakuvaus

Kokeneemman suunnittelijan toimesta mittauslaitteistolle valmistui testattava ohjelma sekä käyttöliittymä ja pienien muutosten jälkeen ohjelma alkoi toimia halutulla tavalla ja mitatun kappaleen profiili saatiin piirrettyä näytölle. Operaattorin näkymässä ts. valvomon näyttöpaneelin selaimessa toimivassa käyttöliittymässä näkyy kuva mitatun objektin käyryydestä (KUVA 16.). Käyryyden profiili piirtyy näytölle sillä tarkkudella, joka ohjelmallisesti saatiin siihen määriteltyä. Objektin ollessa mittauksessa näytöllä näkyy sen hetkinen suurin korkeus ja tallennettuja mittauksia tarkasteltaessa näkyy aina suurin mitattu korkeus. Mitatun objektin jonkin kohdan ylitettyä yläraja, ylityksen osuus piirtyy punaisena ruudulle, jolloin korkeuden ylitys on helpompi huomata. Ylärajan ylityksestä avautuu lisäksi erillinen ponnahdus-ikkuna, joka entisestään korostaa tapahtumaa. Operaattorilla on mahdollisuus muokata asetukset valikosta (KUVA 17) teräsaihiolle sallittua korkeuden ylärajaa sekä mittaustuloksiin hyväksyttävää vähimmäispituutta.



KUVA 16. Mittauslaitteen käyttöpaneelin näkymä (Plc-Automation 2023)



KUVA 17. Asetukset-painikkeesta avautuva ponnahdus-ikkuna oikealla (Plc-Automation 2023)

Seuraavissa luvuissa on kuvattu käyttöpaneelin toiminnot.

5.3.1 Käyttöpaneeli

Etusivun näkymä (KUVA 16.):

Viimeisin teräsaihio = Näyttää graafin reaaliaikaisen-, viimeisimmän- tai keskeytetyn mittausnäkömään (keskeytetyn mittauksen näkömään, jos teräsaihio on pysäytetty rullaradalle kesken mittauksen).

Nuoli vasemmalle (←) = Siirrytään edellisen teräsaihionmittauksen näkömään.

Nuoli oikealle (→) = Siirrytään seuraavan teräsaihionmittauksen näkömään.

Indikaattori nuolien keskellä [] = Ilmoittaa tallennetun teräsaihionmittauksen numeron. Numerot [1-10]

esittää tallennetut aihiot ja numero [0] on reaaliaikainen näkömään tallennettavasta aihioista.

Asetukset-painike = Avautuu ponnaus-ikkuna, jossa voidaan määrittää lyhimmän mitattavan aihion pituus ja aihion maksimikorkeus, jolla aiheutetaan hälytys.

Ponnaus-ikkuna (KUVA 17.):

Lyhin tallennettava teräsaihio = Käyttäjän asetettava lyhin tallennettava aihio (vältetään virhemittausten tallennus graafin näkömään).

Teräsaihion maksimikorkeus [0-445]mm = Käyttäjän asetettava teräsaihion maksimikorkeus, jolla ohjelma aiheuttaa hälytyksen (maksimikorkeus = valoverhon pystysuuntainen mittausalue on 445mm).

5.3.2 Taustalla toimiva ohjelma

Logiikka saa tiedon honeywelliltä saapuvasta teräsaihiosta, jolloin paneelissa näkyy teräsaihion tunnus. Absoluuttianturin asentotietoa (pulsiluku) nollataan kunnes valoverhon säteet "näkee" teräsaihion ensimmäisen kerran. Kun tarpeellinen määrä säteitä on pimeänä tiedetään että rullaradalla on todellinen este ja saatu mittausarvo hyväksytään, jolloin logiikkaohjain alkaa siirtämään mittaus tietoa käyttöliittymään sillä nopeudella mikä sille on määritetty ja paneelille piirretty kuva teräsaihiosta.

Jos teräsaihio pysäytettäisiin kesken mittauksen, välissä peruutettaisiin rullaradalla ja ajettaisiin uudelleen mittausalueen läpi, tällöin absoluuttianturin paikkatieto pysyy muistissa ja mittausta jatketaan siitä pisteestä, jossa se alussa keskeytyi.

5.3.3 Toiminta käynnistyksessä ja sammutuksessa

Mittauslaitteisto on jatkuvasti päällä. Jos virta katkeaa, niin virran palatessa ja laitteiston käynnistyessä uudelleen valoverho suorittaa kalibroinnin lähettävän ja vastaanottavan yksikön välille. Toiminto kestää noin 2 sekuntia. Kalibroinnin onnistuttua laite on mittausvalmiina. Laitteiston käynnistyksessä paneeli näyttää hetken harmaata palkistoa etusivun alareunassa, joka poistuu noin 10 sekunnin kuluessa.

5.3.4 Piirin hälytykset

Jos mitattavan teräsaihion korkeus ylittää käyttäjän määrittämän ylärajan, ilmestyy näytölle hälytyksen ponnahdus-ikkuna. Ikkuna pysyy aktiivisena, kunnes se kuitataan alareunan painikkeella. Hälytykselle ei ole määritetty muita toimenpiteitä.

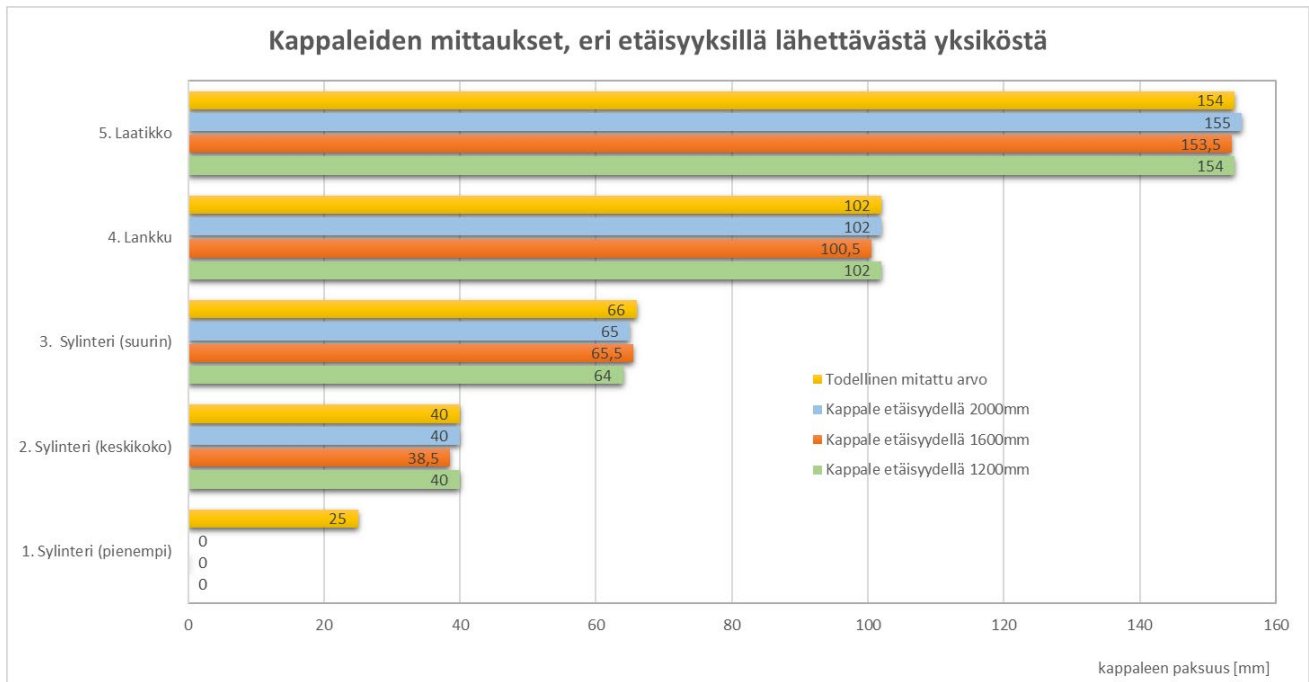
5.3.5 Historia

Ohjelma tallentaa 10 viimeisintä teräsaihioden mittausta. Tallennettuja profiileita selatessa näkymä on samanlainen kuin reaaliaikaisessa näkymässä. Uuden teräsaihion mittauksen ollessa valmis listan vanhin tallennettu profiili katoaa.

6 MITTAUKSET JA TULOKSET

Mittauksia varten tehtiin testialusta, jolle voitiin asetella erikokoisia ja muotoisia kappaleita eri etäisyyksillä. Mittauksen alussa tarkistettiin vielä valoverhon asetukset. Asetuksissa mittaustavaksi oli valittu ristikkäissädemittaus ja tällä mittaustavalla pitäisi päästä 2,5mm:n mittaustarkkuuteen. Valmistajan mukaan ristikkäissädemittauksessa mittausaika kaksinkertaistuu verrattuna lineaariseenmittaukseen ja tällöin pienin havaittava kappale mittaussälin keskialueella on 9mm (Sick ag, 2022a). Ennen mittauksia merkitsin erikokoiset kappaleet numeroin, jotta mittauksien aikana on pienempi riski sekoittaa mitattavia kappaleita. Kappaleina käytettiin 25mm alumiini putkea (nro. 1), 40mm teräsputkea (nro.2), 66mm spray-purkkia (nro. 3), 102mm tasapintaista lankunpätkeä (nro. 4) ja 154mm korkea muovilaatikkoa. Kaikki mitat tarkistettiin työntömitalla ja sillä saadut mitat kirjattiin 1mm tarkkuudella.

Mittauslaitteiston mittauksia seurattiin käyttöpaneelilta ja tulokset kirjattiin TIA portalin reaalinäkymästä, koska käyttöliittymä näyttää aina korkeimman kohdan kappaleesta ja niiden asettelu mittaukseen aiheutti ylimääräisiä piirtoja profiiliin. Kappaleille tehty tuki oli korkeammalla kuin valoverhon alimmat säteet ja tämä aiheutti sen että kappaleiden korkeuksissa ohjelma ei ota huomioon alle jäävää tyhjää tilaa, joten kappaleen alle jääneen tyhjän tilan mitta täytyi erikseen vähentää tuloksista. Kappaleiden tuki ei ollut ihan linjassa valoverhon kanssa ja kappaleiden alapinnankorkeus täytyi ottaa huomioon eri mittaus väleissä ja tämä onnistui helposti suoraan lukemalla ohjelmasta, koska alapinnan korkeutta käytetään myös profiilikuvan piirrosta. Alla esitettynä saadut mittaustulokset (KUVIO 1.).



KUVIO 1. Kappaleiden korkeuden mittaukset

Mittaustuloksista näkee karkeasti, että mittaustarkkuus on likimain 2mm:n luokkaa, mutta tästä ei voi sen tarkempia johtopäätöksiä tehdä, kuin että mittauksessa onnistuttiin ja tarkkuudessa ollaan riittävällä alueella. Pienellä “sylinteri” putkella jonka halkaisija oli 25mm ei saatu mittaustuloksia ollenkaan putken ollessa tuella. Putkea ylöspäin nostettaessa saatiin mittauslaitteelta satunnaisia mittaustuloksia. Valoverhon konfiguroinnissa oli maininta, jossa ristikkäissäde mittauksen pienimmälle mitattavalle kappaleelle oli määritetty alaraja 9mm tämä raja ylittyi noin 16mm, joten paikallaan olevan putken tulisi näkyä mittauksessa. Kappaleiden tuki oli lähellä lähellä alimmaisista säteistä, joten voisiko tällä olla vaikutusta ristikkäissädemittauksessa pienien kappaleiden “näkemisessä”? Teräsaihion mittauksessa tällä tuskin on merkitystä, koska niille arvioidun keskikorkeuden arveltiin olevan yli 200mm.

Mittaukset eivät vastaa todellisia olosuhteita, koska paikanpäällä vierailun aikana rullaradan ympäristön lämpötila oli mielestäni normaalia huonelämpötilaa huomattavasti korkeampi ja teräsaihioden keskimääräistä lämpötilaa ei kysytty missään vaiheessa. Lisäksi testauksessa ei ollut mahdollisuutta mitata liikkuvaa kappaletta, koska toimitiloissa ei ole liikkuvaa kuljetinta, jolla kappaletta voitaisiin liikuttaa jollakin tiedetyllä nopeudella ja näin ollen edellä saadut tulokset pätevät vain huonelämpöiselle paikallaan olevalle kappaleelle. Mittauksien tarkkuus täytyy vielä varmistaa käyttöönottovaiheessa paikanpäällä.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa mittauslaitteisto, jolla voidaan mitata teräsaihion käyryyttä ja korkeutta. Työssä onnistuttiin mittaamaan paikallaan olevien ja liikuteltavien kappaleiden korkeutta sekä kappaleiden profiilista muodostettiin kuva käyttöpaneelin näytölle. Mittaustulosten perusteella päästiin paikallaan olevien kappaleiden mittauksissa riittävään tarkkuuteen, tosin mittauksia olisi voinut olla enemmän ja mittauksia olisi pitänyt tehdä liikkuvalla kappaleella eri lämpötiloissa, jolloin luotettavasti voisi osoittaa laitteiston toiminnan eri oloissa. Laitteiston toimivuuden ja tarkkuuden varmistamiseen eri nopeuksilla täytyisi testauksessa olla apuna kuljetin, jolla eri kokoisilla kappaleille saataisiin mitattua korkeus eri nopeuksilla ja voitaisiin todentaa kuinka tiheään mittaustaajuuteen laitteisto kykenee.

Mittauslaitteiston mittaustuloksien riittävä tarkkuus täytyy vielä varmistaa käyttöönottovaiheen aikana todellisen liikkuvan teräsaihion mittauksissa ennen asiakkaalle luovuttamista. Kokeneemman suunnittelijan tekemän ohjelman ja käyttöliittymän testauksen aikana tehtiin vielä muutamia parannuksia, jonka lopputuloksena ohjelma toimi odotetulla tavalla ja käyttöliittymän näkymä oli selkeä ja helppo hallittava. Lähtötiedoissa ei oltu määritelty vaatimuksia käyttöliittymän ulkonäölle ja käyttöönoton yhteydessä valvomo operaattoreiden kanssa on mahdollista tehdä vielä tarvittavia muutoksia. Todellisessa käytössä käyttäjätkin näkevät laitteet omilla paikoillaan ja laitteistoa käytettäessä voi olla helpompi antaa palautetta tarvittavista muutoksista.

Opinnäytetyö oli kokonaisuutena mielenkiintoinen sekä monipuolinen ja kokonaisuudessaan se toimi itselle tutustumisprosessina suunnittelun työtehtäviin. Työn sisällöstä suurin osa oli uutta asiaa ja tätä työtä tehdessä sai hyvän tuntuman mm. teollisuuden automaatio ratkaisuisissa paljon käytettävästä Tia Portal -ohjelmistosovelluksesta sekä IO-Link laitteista. Haasteena opinnäytetyössä oli varsin laaja aihe ja sopivalla rajauksella työn alkuvaiheessa johonkin suunnittelun tiettyyn osaan olisi kokonaisuuden hahmottaminen ollut ehkä helpompaa. Opinnäytetyön aihe liittyi automaatiolaitteiston suunnitteluun, joten tässä sai hyvän katsauksen ja arvokasta kokemusta laitteiston ohjelmoinnista, jota en ennestään omaa, koska opintojeni pääasiallinen sisältö on painottunut enemmän sähkövoimatekniikkaan.

LÄHTEET

Dynapar. 2003. Encoder Application Handbook. Saatavissa:

https://cdn2.hubspot.net/hubfs/291699/uploadedFiles/_site_root/Service_and_Support/Danaher_Encoder_Handbook.pdf. Viitattu 2.5.2023.

Ifm electronic Oy. 2023. Tegnologia. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/shared/technologien/light-curtains/teknologia>. Viitattu 30.4.2023.

IO-Link Community. 2018. IO-Link System Description. Saatavissa: https://io-link.com/share/Downloads/At-a-glance/IO-Link_System_Description_eng_2018.pdf. Viitattu 4.5.2023.

Kauppalehti. 2023. Yrityshaku: Plc-Automation oy. Saatavissa:

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/plcautomation+oy/10007150>. Viitattu 30.4.2023.

Kidman, M. 2020. Blogi: What exactly is a safety light curtain?. Saatavissa:

<https://www.sick.com/fi/en/what-exactly-is-a-safety-light-curtain/w/blog-definition-safety-light-curtain/>. Viitattu 4.5.2023.

Linear motion tips. 2023. When is encoder resolution specified in bits, and what does that tell us?.

Saatavissa: <https://www.linearmotiontips.com/when-is-encoder-resolution-specified-in-bits-and-what-does-that-tell-us/>. Viitattu 15.5.2023

Plc-Automation oy. 2023. Toimialat. Saatavissa: <https://www.plc.fi/etusivu.html#toimialat>. Viitattu 30.4.2023.

Rantanen, J. 2017. Inkrementaalipulssianturin käyttö nopeasti pyörivässä oikosulkumoottorissa.

Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201708241698>. Viitattu 2.5.2023.

Sick ag. 2022a. MLG-2 Pro: Operating instruction. Saatavissa:

https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/643/operating_instructions_mlg_2_pro_en_im0055643.pdf.

Viitattu 30.4.2023.

Sick ag. 2022b. SIG – Sensor Integration Gateway: Operation instructions. Saatavissa:

https://cdn.sick.com/media/docs/8/68/468/operating_instructions_sig350_profinet_sensor_integration

[gateway_en_im0101468.pdf](#).

Viitattu 4.5.2023.

Sick ag. 2023a. Mihin anturi pystyy?. Saatavissa: <https://www.sick.com/fi/fi/enkooderien-ja-kaltevuusantureiden-yleiskatsaus-ja-sovellukset/w/encoders-definition/>.

Viitattu 1.5.2023.

Sick ag. 2023b. MLG05A-0445B10501/MLG-2: Tekniset tiedot. Saatavissa:

https://cdn.sick.com/media/pdf/6/16/116/dataSheet_MLG05A-0445B10501_1213899_fi.pdf. Viitattu

30.4.2023.

Ssab ab. Ssab:n strategiaraportti 2022. Saatavissa: [https://www.ssab.com/-](https://www.ssab.com/-/media/files/company/investors/annual-reports/2022/strategiaraportti-2022_fi.pdf?m=20230324111730)

[/media/files/company/investors/annual-reports/2022/strategiaraportti-](https://www.ssab.com/-/media/files/company/investors/annual-reports/2022/strategiaraportti-2022_fi.pdf?m=20230324111730)

[2022_fi.pdf?m=20230324111730](https://www.ssab.com/-/media/files/company/investors/annual-reports/2022/strategiaraportti-2022_fi.pdf?m=20230324111730). Viitattu 30.4.2023.