



# Kappaleen tunnisteiden luku koneäköä hyödyntäen

Kia Carlsson

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2025

Konetekniikka  
Koneautomaatio

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio

CARLSSON KIA

Kappaleen tunnisteiden luku konenäköä hyödyntäen

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 13 sivua  
Kesäkuu 2025

---

Opinnäytetyö tehdään Tampereen ammattikorkeakoululle. Työn tavoitteena on tuottaa TAMK:n automaatiolaboratorioon koejärjestely, jossa IFM:n konenäkökameralla kuvataan ja luetaan kappaleisiin kiinnitetyjä tunnisteita. Tunnisteiden luettuaan kamera välittää tulkitun tiedon Siemensin S7 1500-sarjan PLC:lle.

Työ alkaa konenäön perusteisiin perehtymällä. Siinä käydään läpi kuvausprosessiin vaikuttavia tekijöitä, sekä mihin kaikkeen konenäköä voidaan soveltaa. Myöhemmin käydään läpi koejärjestelyssä käytössä olevat laitteet sekä niiden ohjelmointiin tarkoitetut ohjelmistot, joista perehdytään tarkemmin IFM:n Vision Assistant-ohjelmaan. Työssä myös tutustaan lyhyesti TCP/IP tiedonsiirtoprotokollaan, joka valikoitui työssä käytettäväksi tiedonsiirtoprotokollaksi.

Työn käytännön osuuden suorittaminen edellytti tunnistekilpien ja oheiskappaleiden suunnittelua ja valmistusta. Suunnitteluohjelmistoksi valikoitui SolidWorks, ja tunnistekilvet valmistettiin printtaamalla koulun 3D-printtereillä.

Ohjelmointia käsittelevissä kappaleissa käydään läpi niin kameralle tehty IFM Vision Assistant-ohjelma, kuin PLC:lle tehty TIA Portal-ohjelmakin. Näistä käydään läpi tehtyjen ohjelmien perustoiminnallisuudet.

Opinnäytetyön lopputulos oli toimiva konenäkö ja PLC-ohjelmistoa hyödyntävä kokonaisuus. Järjestelmän keskiössä oli PLC-ohjattu kamera, joka kuvasi ja tulkitsee kappaleisiin kiinnitetyt tunnistekilpiä. Tulokinnan jälkeen kamera välitti tulkitun tunnistekilvan arvon takaisin PLC:lle. Kokonaisuutta voi hyödyntää jatkossa esimerkiksi PLC-ohjelmoinnin opiskelijaprojekteissa.

---

Asiasanat: konenäkö, PLC-ohjelmointi, TCP/IP, tiedonsiirtoprotokolla

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine Automation

CARLSSON KIA:  
Reading part identifier tags using machine vision

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 13 pages  
May 2025

---

This thesis is conducted for Tampere University of Applied Sciences. The goal of this thesis is to produce a test setting for TAMK's automation laboratory, in which IFM's machine vision camera takes pictures of and reads identifier tags attached to objects. After reading the identifier tag, the camera transfers the information to the Siemens S7 1500 series PLC.

The thesis begins with an introduction to the basics of machine vision, for example what kind of factors affect the outcome of the image capturing process, and the potential applications for machine vision. The hardware and software used in the test are presented in the next chapters, with a closer look at the IFM Vision Assistant software. The thesis also contains a brief introduction of the TCP/IP communication protocol, which was selected as the communication protocol for this project.

The practical side of the project involved designing and manufacturing identification tags and peripheral objects. The tags and other objects were designed with SolidWorks 3D-modeling software and printed with school-owned 3D printers.

The programming section of the thesis covers the programming of the camera with IFM Vision Assistant and programming the PLC program with TIA Portal. It also explains the basic functionalities of both programs.

The result of the thesis was a functioning application that uses PLC controlled machine vision to read identifier tags attached to objects and then transfers the interpreted data back to the PLC program. The resulting application can be utilized in future student projects.

---

Key words: machine vision, PLC-programming, TCP/IP, communication protocol

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	YLEISKATSAUS KONENÄKÖÖN .....	8
	2.1 Konenäön hyödyt .....	8
	2.2 Konenäkökameran keskeiset komponentit.....	8
	2.2.1 Objektiivit.....	9
	2.2.2 Sulkimet.....	10
	2.2.3 Kennotyypit CCD ja CMOS .....	10
	2.2.4 Värikuvien ottaminen .....	12
	2.2.5 Suotimet .....	13
	2.3 Valaistus .....	13
	2.3.1 Valonlähteiden tyypit .....	14
	2.3.2 Valaistustekniikat.....	15
	2.4 Konenäön käyttökohteita.....	19
	2.5 Konenäön haasteita .....	19
	2.6 Kuvankäsittelyprosessi.....	20
3	KÄYTETYT LAITTEET JA OHJELMISTOT .....	21
	3.1 Kamerana IFM O2D500 .....	21
	3.2 IFM Vision Assistant.....	22
	3.3 Siemensin logiikka PLC S1500 ja TIA Portal .....	25
	3.4 TCP/IP-tiedonsiirtoprotokolla .....	25
	3.5 Koejärjestelyn asettelu .....	26
4	TUNNISTEKILPIEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	27
	4.1 Suunnittelua ohjaavat vaatimukset.....	27
	4.2 Tunnistekilpien suunnitteluprosessi.....	28
	4.3 Tunnisteiden kiinnitys.....	29
5	KOEJÄRJESTELY SEKÄ KAMERAN JA PLC:N OHJELMOINTI .....	31
	5.1 Toiminnan kuvaus .....	31
	5.2 Kameran käyttöönotto ja ohjelmointi IFM Vision Assistantilla .....	31
	5.3 PLC-ohjelma TIA Portalia käyttäen .....	36
6	POHDINTA .....	39
	LÄHTEET.....	41
	KUVALÄHTEET .....	43
	LIITTEET .....	44
	Liite 1. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti 1(4) .....	44
	Liite 2. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti 2(4) .....	45
	Liite 3. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti 3(4) .....	46

Liite 4. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti	4(4) .....	47
Liite 5. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	1(9).....	48
Liite 6. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	2(9).....	49
Liite 7. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	3(9).....	50
Liite 8. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	4(9).....	51
Liite 9. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	5(9).....	52
Liite 10. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	6(9).....	53
Liite 11. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	7(9).....	54
Liite 12. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	8(9).....	55
Liite 13. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0	9(9).....	56

**LYHENTEET**

RGBW	Red green blue white – punainen, vihreä, sininen ja valkoinen valolajivalikoima kameran omassa valaisimessa
PLC	Ohjelmoitava logiikkaohjain
CPU	Central processing unit eli suoritin
3mf-tiedostot	3D-printtereiden slicer-ohjelmien hyväksymä tiedostomuoto.
SLDPRT-tiedostot	SolidWorks mallinnusohjelman muokattava part-tiedosto

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään kappaleiden tunnistamista konenäön avulla tunnistekilpien perusteella. Työn tavoitteena on tuottaa TAMK:n automaatiolaboratorioon koejärjestely, jossa konenäkökameralla kuvataan ja luetaan kappaleisiin kiinnitetyjä tunnisteita. Tunnisteen luettuaan kamera välittää tulkitun tiedon PLC:lle.

Alkuun perehdytään hieman konenäköön, mitä se on? Mitkä kameran komponentit vaikuttavat kuvan lopputulokseen, ja minkälaisiin sovelluksiin konenäköä voi käyttää? Aiheen rajaamiseksi konenäköön liittyviä algoritmeja ei tässä työssä käsitellä.

Projektin laitteistosta kertovassa osiossa perehdytään käytössä olevaan IFM:n O2D500 hahmontunnistusanturiin, sekä kameran käyttämään IFM Vision Assistant -ohjelmistoon. Projektissa käytössä olevasta Siemensin PLC:stä ja sen ohjelmistoympäristöstä TIA Portalista kerrotaan myös hieman.

Projektin toteutuksesta kertovassa osiossa käydään läpi tunnistekilpien suunnittelu, valmistus ja kiinnitys projektissa käytettäviin kappaleisiin. Tunnisteiden jälkeen siirrytään käsittelemään ohjelmointipuolta sekä IFM Vision Assistant -ohjelmalla että TIA Portalilla.

Lopuksi käydään läpi opinnäytetyöprojektin kulkua, kohdattuja haasteita, sekä pohditaan, kuinka projekti onnistui ja päästiinkö annettuihin tavoitteisiin.

## 2 YLEISKATSAUS KONENÄKÖÖN

### 2.1 Konenäön hyödyt

Konenäköä hyödynnetään nykypäivänä enenevässä määrin teollisuudessa. Konenäöllä tarkoitetaan teknologiaa, jonka avulla tietokoneelle, tai esimerkiksi ohjelmoitavalle logiikalle (PLC) annetaan näkökyky. Konenäkö hyödyntää erilaisia kameroita, sensoreita sekä algoritmeja, joiden avulla se saa kuvan ja käsittelee sen. (Cognex n.d.)

Vaikka ihmisenäöllä onkin paljon hyviä konenäössäkin jäljiteltäviä ominaisuuksia, sillä on myös paljon rajoitteita sekä herpaantumista aiheuttavia tekijöitä. Ihmistä voi väsyttää, jokin tekijä, emotionaalinen tai ympäristössä oleva, voi herpaannuttaa keskittymisen. Ihmissilmä ei pelkiltään myöskään kykene mittauksiin, ja esimerkiksi havaitsemaan, jos jonkin komponentin asento on asteen vinossa. Konenäöllä ei ole vastaavia rajoitteita. Se kykenee työskentelemään väsymättä yksitoikkoisenkin tehtävän parissa. Ympäristön ominaisuudet, kuten lämpötila, kaasut, tai ihmiselle haitallinen säteily eivät vaikuta oikein valittuun konenäkökameraan. (Batchelor, Bruce G. 2012, 1.1.)

### 2.2 Konenäkökameran keskeiset komponentit

Otetun kuvan selkeyteen vaikuttaa kuvausympäristön ja sen valaistuksen lisäksi tehtävään valitun konenäkökameran ominaisuudet, sekä siihen lisättävät komponentit. Konenäkökameraa valittaessa kannattaakin käydä läpi suunnitteilla oleva konenäköjärjestelmä ja sen vaatimukset. (Cognex n.d.)

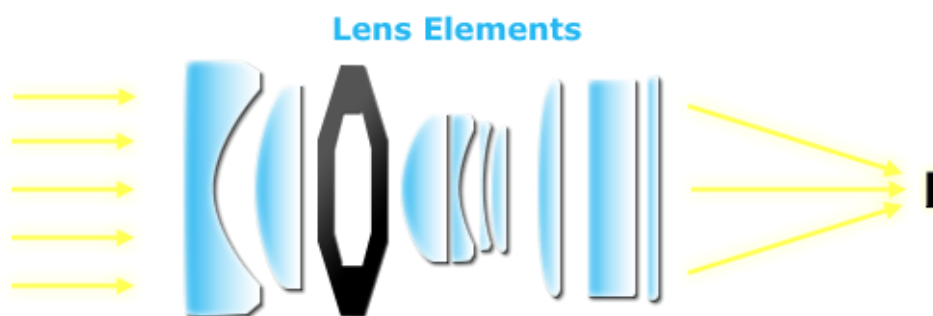
Oikeilla komponenteilla varustetulla kameralla voidaan vaikuttaa kameran kuvausnopeuteen sekä kuvan resoluutioon, eli tarkkuuteen (Jakubec 2021). Konenäkökameroissa on itsessään monesti riittävät ominaisuudet yksinkertaiseen kuvaamiseen, jossa ei vaadita todella yksityiskohtaista kuvaa hyvin pienestä tai todella kaukana olevasta kuvauskohteesta.

Mikäli kuitenkin halutaan saada yksityiskohtaisia kuvia hyvin pienestä tai kaukana olevasta kohteesta, täytyy kameraan hankkia tarkoitukseen sopiva objektiivi (Ka-

merakoulu n.d). Kuvausnopeuteen ja kuvan tarkkuuteen voidaan vaikuttaa oikean kennon valinnalla. Kuvaussovelluksesta riippuen saatetaan tarvita värillisiä kuvia, tai kohteen tarkastelu täytyy suorittaa kohteen liikuessa, ja nämä tulee huomioida kameraa ja käytettävää suljintyyppiä valittaessa. (Jakubec 2021)

### 2.2.1 Objektiivit

Kuten esimerkiksi järjestelmäkameroissa, konenäkökameroissakin voidaan käyttää erilaisia objektiiveja kuvauskohteen mukaan. Objektiivien avulla voidaan kuvata kaukaa laajakuvalla, tai todella läheltä pieniä yksityiskohtia tarkastellen, makro-objektiiveja käyttäen (Kamerakoulu n.d). Kuvassa 1 on havainnollistava esimerkki siitä, miten objektiivit koostuvat erilaisista linseistä, jotka on pinottu erilaisin etäisyyksin sylinterinmuotoisen objektiivirungon sisään.



Kuva 1. Objektiivin rakenne (Cambridge in colour n.d.).

Objektiivin valinnassa olennaisinta onkin polttoväli, eli linssin etäisyys kennoon, mikä määrittää kuvakulman laajuuden. Mitä suurempi polttoväli objektiivilla on, sitä pienempi kuvaan päätyvä alue on. (Kamerakoulu n.d)

Toinen tärkeä tekijä objektiivissa on aukko. Aukolla ilmaistaan objektiivin valovoimaisuutta, eli kuinka paljon valoa kameran kennolle pääsee. Aukon koko ilmaistaan f-arvona (eng. f-stop), esimerkiksi f/2.8. Mitä pienempi aukko on, sitä vähemmän valoa pääsee objektiivin läpi kennolle. Aukon koko vaikuttaa otettavan kuvan syväterävyyteen, eli siihen kuinka tarkka kuva on syvyysuunnassa. Lyhyt syväterävyys kuvassa tarkoittaa, että kuvan etualalla olevat asiat ovat teräviä ja tausta sumenee. Pitkä syvyysterävyys kuvassa tarkoittaa, että kuva on koko syvyydeltään yhtä tarkka etualalta taustaan asti. (Kamerakoulu n.d.)

### 2.2.2 Sulkimet

Sulkimen tehtävä on määrittää kameran kennolle kohdistuvan valolle altistumisen kesto, eli valotusaika. Mitä kauemmin kameran kenno saa valoa, sitä kirkkaampi kuva on. Lyhyt valotusaika sopii nopeasti liikkuvien kohteiden kuvaamiseen, kun taas pitkä valotusaika saa terävämmän kuvan paikoillaan olevasta kohteesta. (Hawkins, Wolinsky n.d)

Konenäkökameroissa hyödynnetään elektronisia sulkimia, jotka määrittävät tavallaan, millä pikselit altistetaan valolle. Vanhoissa valokuvaamiseen tarkoitetuissa kameroissa suljin on erillinen mekaaninen osa, joka avautuu paljastaen kennon valolle ja sulkeutuu peittäen kennon jälleen. Elektroninen suljin on osa kennon kykyä käsitellä siihen osuvaa valoa, ei niinkään erillinen osansa. (Cognex n.d.)

Vierivä suljin (eng. rolling shutter) ottaa kuvan pikselirivi kerrallaan. Näin toimiva kamera on edullisempi, mutta aiheuttaa kuvan vääristymiä (Cognex n.d.). Ensimmäisen ja viimeisen kuvaan ikuistettavan pikselin välillä on viivettä, joten kuvattavan kohteen liike, esimerkiksi liukuhihnalla, saattaa vääristää kohteen pituutta tai kaartaa kohdetta (Digikuva, 2022).

Elektroninen keskussuljin (eng. global shutter) lukee jokaiseen pikseliin osuvan valon samanaikaisesti. Tämä mahdollistaa nopeasti liikkuvien kohteiden tarkan kuvaamisen. Tällaisen sulkimen valmistaminen on monimutkaisempaa, minkä vuoksi se on hinnaltaan kalliimpi vierivään sulkimeen verrattuna. (Cognex n.d.)

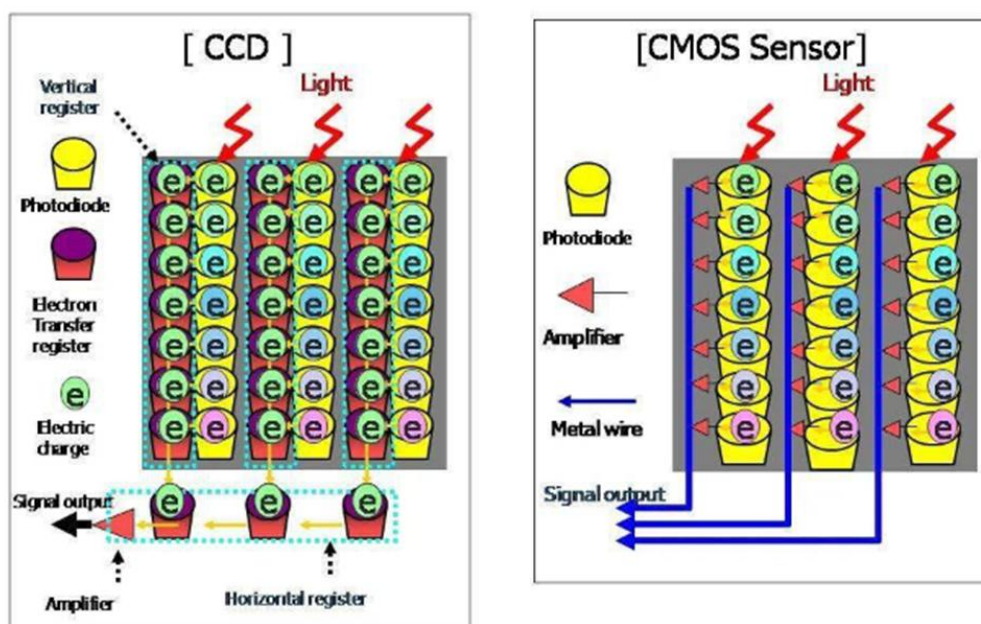
### 2.2.3 Kennotyypit CCD ja CMOS

Kennon tehtävänä on kuvan muodostaminen, joten ilman sitä kamera ei toimi. Kameroissa on käytössä kahta eri kennotyyppiä, joiden tavoite on sama: muuntaa kennon saama valo elektronisiksi signaaleiksi. Nämä muuntamisprosessit ovat keskenään erilaisia. (Csensor n.d.)

CCD-kennoissa (Charge Coupled Device) on valoa vastaanottavia fotodiodeja, ja fotoelektronien varastointia varten potentiaaliakuoppia. CCD-kennot kääntävät

pikselin kerrallaan elektroniseksi signaaliksi. Niissä on useimmiten vain yksi lähtökanava signaaleille. Vaikka kuvan prosessointi näin onkin hitaampaa, kuvan laatu on tasaisempaa ja lähtevän signaalin kohina on pienempää, mitkä vaikuttavat suoraan otettavan kuvan laatuun. (Csensor n.d.)

CMOS-kennoissa (Complementary Metal Oxide Semiconductor) on puolestaan jokaiselle pikselille oma vahvistimensa ja rinnakkainen samanaikaisesti tapahtuva muuntoprosessi. Näin ollen CMOS-kennot ovat tyypillisesti nopeampia prosessoimaan kuvia ja käyttävät vähemmän virtaa, mutta monesta kanavasta johtuen käännettävässä signaalissa on enemmän kohinaa, joskin nykyaikaisissa CMOS-kennoissa kohinaa saadaan vaimennettua. (Csensor n.d.) Kuvassa 2 on näkyvillä havainnollistava piirros CCD- ja CMOS-kennoista ja niiden eroista.



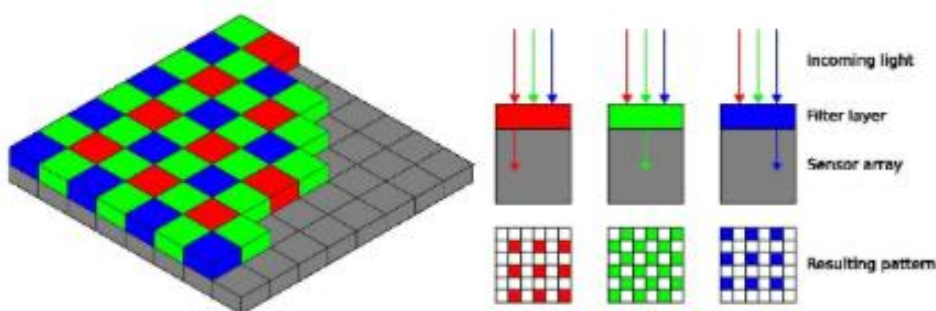
Kuva 2. CCD- ja CMOS-kennot (Newsemi.com, n.d.).

CCD-kennot ovat olleet tyypillisesti suositumpia konenäkösovelluksissa paremman kuvanlaadun takia. CMOS-kennot ovat kuitenkin kehityksessään kirineet kuvanlaadun eron kiinni, ja nykyisellään ne ovatkin korvaamassa CCD-kennoja pienemmän kulutuksen, halvemman hinnan ja suuremman prosessointinopeutensa vuoksi. (Csensor n.d.)

## 2.2.4 Värikuvien ottaminen

Sekä CCD- että CMOS-kennojen muodostama kuva on aina lähtökohtaisesti mustavalkoinen. Pikselit mittaavat ja toistavat niihin kohdistuvan valon intensiteettiä, mutta eivät väriä. Kennoihin voidaan kuitenkin lisätä värisuodattimia, mikäli halutaan saada värillisiä kuvia. Digitaaliset värikuvat eli RGB-kuvat koostuvat vain punaisista, vihreistä ja sinisistä pikseleistä, jotka ikään kuin sulautuvat kuvassa yhteen toistaen katsojalle muutkin värit. (Teledyne)

Yleisin värisuodatintyyppi on CFA-suodatin (Color filter array), eli värisuodatinjoukko. CFA-suodatin tarvitsee vain yhden kennon, jonka pikselit se peittää alleen. Tämän suodatinryhmän alaryhmistä yleisimmin käytössä on Bayer-suodatinmosaiikki (kuva 3). Suodatin koostuu vihreän, punaisen ja sinisen valon suodattimista, jotka on koottu säännöllistä järjestystä toistavaan mosaiikkikuvioon. (Teledyne)



Kuva 3. Bayer-suodatinmosaiikki (BokehRentals, 2021).

Jokainen suodatin peittää alleen yhden pikselin. Vihreitä suodattimia on kaksinkertainen määrä punaisiin ja sinisiin suodattimiin verrattuna, sillä ihmissilmä havaitsee vihreän valoallonpituuden helpoiten, minkä ansiosta kuvat välittyvät katsojalle selkeämpinä. (Teledyne)

Bayer-suodatinmosaiikin värisuodattimet suodattavat väärän värisen valon estäen sen pääsyn pikselille, esimerkiksi sininen suodatin päästää vain sinisen valon allaan olevalle pikselille. (Teledyne)

Jokaisen pikselin edessä olevan värisuodattimen paikka on tiedossa, mikä mahdollistaa pikseleiden väritiedon siirtämisen digitaaliseen kuvaan. Kennon pikseleiltä saadaan tietoa niihin osuneen valon intensiivisyydestä ja väristä, minkä avulla kameran kuvankäsittelyalgoritmit rakentavat kuvan. Värisuodattimet heikentävät osan pikseleiden valonsaantia, mutta algoritmit pystyvät täydentämään ja lisäämään värejä ympäröivien pikseleiden perusteella. (Teledyne)

Värilliset kuvat ovat hyödyllisiä joissain konenäkösovelluksissa. Värien lisääminen kuvaan kuitenkin heikentää kuvan resoluutiota, sillä kennolle pääsevän valon määrää rajoitetaan vahvasti, ja osa pikseleistä peitetään. Tarkemman kuvaustuloksen takaamiseksi useat konenäkökamerat ovat mustavalkoisia. (Jakubec, 2024)

### **2.2.5 Suotimet**

Suotimilla, eli filttäreillä, voidaan vähentää kuvaan heijastuvaa valoa, himmentää liian kirkasta kuvauskohdetta, tai suojata kameran linssiä lialta ja naarmuilta (Scandinavian Photo n.d.). Suodin kiinnitetään objektiivin eteen. Joissain konenäkökameroissa ne voivat olla myös sisäänrakennettuina.

Suotimia on eri käyttötarkoituksiin. UV-suodin suojaa kameran kennoa UV-säteiltä. Polarisaatio-suodin päästää valoa kennolle vain tietyistä suunnista, korostaen värejä, vähentäen heijastuksia ja lisäten kontrastia. Harmaasuodin puolestaan vähentää kennolle pääsevän valon määrää, mikä mahdollistaa kuvien ottamisen kirkkaassa ympäristössä tai vastavaloon, ilman että otettava kuva ylivalotuu. (Scandinavian Photo n.d.)

## **2.3 Valaistus**

Kuten valokuvaamisessakin, myös konenäkössä valaistuksen rooli on avainasemassa, kun halutaan visuaalisesti tarkastella kappaletta tai prosessia. Valaistuksen avulla tarkasteltavasta kappaleesta saadaan korostettua haluttuja asioita tai hillittyä tarpeettomia kohteita tai alueita. (Steger, Ulrich, Wiedlman. 2018. 2.1.)

Käytettävät valon aallonpituudet, lampputyypit ja asettelu vaikuttavat olennaisesti halutun kuvan lopputulokseen. Valaistusta säädettyä tulisi seuraaviin seikkoihin kiinnittää erityistä huomiota:

- Sijoittelu, eli kuinka tarkasteltava kappale, valonlähde sekä kamera on aseteltu suhteessa toisiinsa.
- Valokiilan kuvio, eli kuinka valo osuu kappaleeseen ja heijastuu sen pinnalta.
- Valon aallonpituus tai väri vaikuttaa siihen, kuinka valo heijastuu tai imeytyy kappaleeseen tai ympäröivään taustaan.
- Suotimet estävät tai päästävät läpi tiettyjä aallonpituuksia, sekä eri suunnista tulevaa valoa. (Martin 2013.)

### **2.3.1 Valonlähteiden tyypit**

Nykyään yleisimmin käytössä oleva valolähde konenäkösovelluksissa on LED-valot. LED-valoilla on lukuisia hyviä ominaisuuksia, joiden ansiosta niiden hyödyntäminen konenäkösovelluksissa on luontevaa. Ledit ovat hinnaltaan edullisia, niiden kirkkautta on helppo säätää, käyttöikä on pitkä (jopa 100 000 h) ja LED-valot pystyvät vilkkumaan nopealla tahdilla. Lediin heikkous on niiden toiminnan heikkeneminen korkeissa lämpötiloissa. (Martin 2013.)

Muita yleisesti konenäköjärjestelmissä käytössä olevia valolähdetyyppejä ovat loisteputkivalot ja xenon-valot. Loisteputkivalot sisältävät erilaisia jalokaasuja, joiden avulla ne pystyvät tuottamaan muun muassa UV-valoa. Xenon-valot kykenevät tuottamaan todella kirkasta valkoista valoa ja soveltuvat hyvin strobovaloihin tai suurempiin tarkastelualueisiin kirkkautensa takia. (Steger ym. 2018. 2.1.2.)

### 2.3.2 Valaistustekniikat

Kuten valolähteen kirkkaudella ja valon aallonpituudella, myös valolähteen sijoittelulla on olennainen rooli siinä, kuinka tarkka ja tarkastelun kannalta edullinen kuva saadaan (Martin 2013). Valaistuksen toteutukseen on monta eri vaihtoehtoa, myös vaihtoehtojen sisällä löytyy variaatioita siitä, kuinka valaistus voidaan toteuttaa.

Taustavalon avulla kuvattavasta kappaleesta saadaan tumma siluetti, kuvan 4 esimerkin mukaisesti, josta kappaleen ääriviivat sekä mahdolliset reiät erottuvat selkeästi. Taustavalon kanssa kuvatuissa kappaleissa kuviin saadaan korkea kontrasti taustan ja tarkasteltavan kappaleen välille (Martin 2013.). Taustavalaistus toteutetaan usein LED- tai loisteputkivaloilla, joiden eteen laitetaan valoa hajauttava taso tai kalvo, esimerkiksi valkoisesta lasista tehty pöytälevy. (Steger ym. 2018, 2.1.5.4)



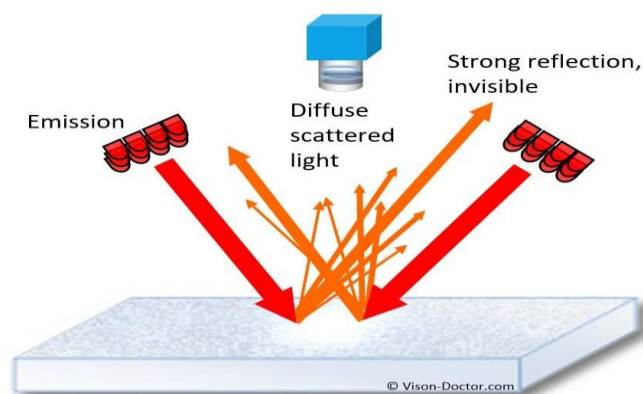
Kuva 4. Esimerkki taustavalolla kuvasta liittimestä (Vision Doctor n.d).

Taustavalaistus sopii erityisesti reikien olemassaolon tai kappaleen asennon, muodon ja ulkomittojen tarkasteluun. Myös kappaleiden, joiden edessä tai ympärillä on esimerkiksi läpinäkyvää lasia, tarkastelu onnistuu helpommin taustavalolla, sillä kappaleen takaa tuleva valo ei aiheuta kameran suuntaan heijastuksia lasisesta kuvusta. (Steger ym. 2.1.5.4.)

Kohtisuora valaistus on yksinkertainen ja kustannustehokas ratkaisu kohteen valaisemiseen. Se toimii parhaiten sellaisten kappaleiden kuvaukseen, joiden pinta

ei ole erityisen heijastava. Huokoisuus, mattapintaisuus ja muut vastaavanlaiset piirteet sopivat hyvin kuvattavaksi kohtisuoralla valolla. Kohtisuora valo aiheuttaa helposti kuvaamista häiritseviä heijastuksia, joskin niitä voi vähentää valolähteen pienellä kallistamisella, polarisaatio-suotimen käytöllä tai valolähteen etäisyyden kasvattamisella. (Vision Doctor n.d.)

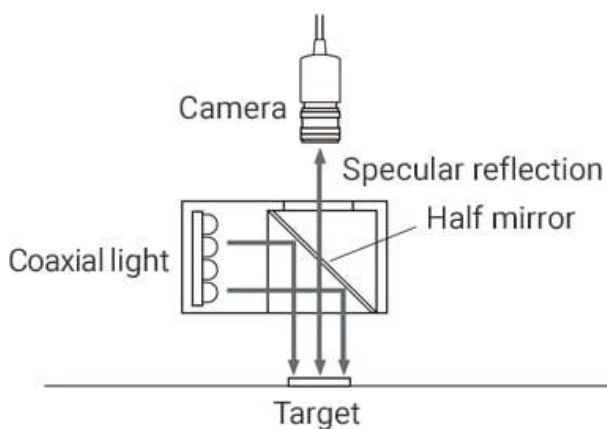
Lateraalinen valaistus on yleisimmin konenäkösovelluksissa käytössä oleva valaistustekniikka. Valo kohdennetaan tarkasteltavaan kappaleeseen vinosta kulumasta (Martin 2013). Tällä menetelmällä saadaan aikaiseksi kontrastia ja varjoja muun muassa kappaleen pinnan laadun tutkimiseen. Jos kuvattavalle kappaleelle ei haluta varjoja, voidaan käyttää kahdesta eri suunnasta valaisevaa valolähdettä (Vision Doctor n.d.). Kuvassa 5 demonstroidaan, kuinka lateraalilla valaistuksella pystytään välttämään kohtisuorat heijastukset kameran linssiin (Martin 2013).



Kuva 5. Lateraalisen valaisun toimintaperiaate (Vision Doctor n.d.).

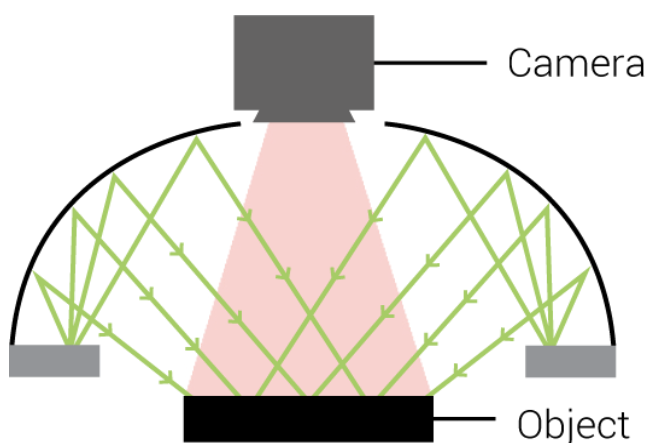
Diffusoitu, eli hajautettu valo, on hyvä apuväline kuvaamaan kappaleita, joiden pinta on heijastava, esimerkiksi metallipintaisilla kappaleilla. Hajautetun valon sovelluksia on monia erilaisia, mutta niitä on kolmea päätyyppiä: epäsuora valo, kupolilla hajautettu valo ja sylinterillä hajautettu valo. (Martin 2013)

Epäsuora valo heijastetaan kohteen pinnalle toisen pinnan kautta kuvan 5 mukaisesti, jolloin valo hajautuu tasaisemmin. Epäsuora valaistus soveltuu tasaisten kappaleiden valaistukseen, erityisesti korostamaan ja tarkentamaan monikulmaisia, -tekstuurisista tai topografisia piirteitä tasaisilla kappaleilla. (Martin 2013)



Kuva 6. Epäsuoran valaistuksen toimintaperiaate (Keyence n.d).

Kupolilla tai sylinterillä hajautetun valaistuksen käyttökohteet ovat keskenään samanlaisia, ne soveltuvat kaareva- tai pyöreäpintaisten kappaleiden valaisuun. Kupolin avulla hajautetulla valolla pystytään tehokkaasti eliminoimaan suoria heijastuksia kameran linssiin (kuva 7). Näin voidaan korostaa tarkasteltavan kappaleen pinnan vaihtelevia kulmia, tekstuuria ja topografiaa. (Martin 2013)

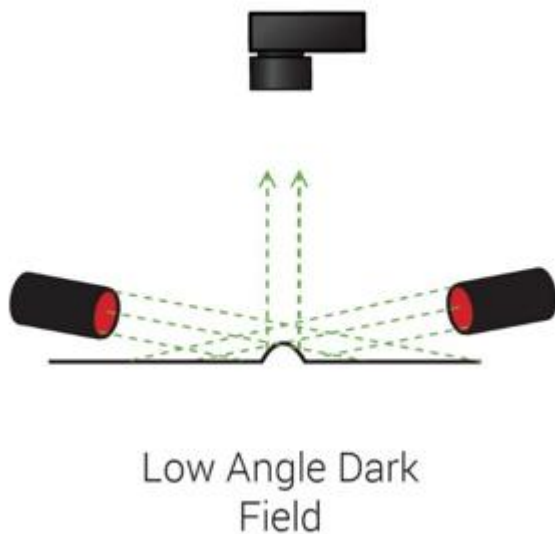


Kuva 7. Kupolin avulla hajautetun valon jakautuminen (Advanced Illumination 2020).

Pimeäkenttävalaistus on valaistustekniikka, jossa kameran kuvausympäristö on pimeä, eikä suoraa valoa tule kameralle lainkaan. Sen sijaan valaistus heijastetaan kappaleelle  $\leq 45$  asteen kulmassa tasosta mitattuna. (Vision Doctor n.d.)

Matalan kulman valaistus on pimeäkenttävalaistuksen tekniikka, jossa valo heijastetaan kohteelle noin 10–15 asteen kulmassa. Kuvassa 8 on havainnollistava

esimerkki matalakulmaisen pimeäkenttävalaistuksen asetelmasta. (Advanced Illumination 2019)



Kuva 8. Pimeäkenttäkuvauksen matalakulmainen asetelma (Advanced illumination 2019).

Matalalla valaistuskulmalla kuvatessa pystytään korostamaan heijastavien ja tasaisten kappaleiden pintojen piirteitä. Valokiila taittaa heijastuksen naarmuista, kohoumista ja painaumien reunoista (Advanced Illumination 2019). Kuvassa 9 nähdään matalakulmaisella valaistuksella kuvatun kuvan lopputulos. Kuvattavan kappaleen ääriviivat erottuvat kameralle selkeästi, muun ympäristön ollessa pimeä.



Kuva 9. Euron kolikko kuvattuna pimeäkenttävalaistuksen kanssa (Vision Doctor n.d.).

Pimeäkenttäkuvauksen voi toteuttaa myös 45 asteen kulmassa. Näin saadaan kuvattua paremmin eriäviä topografisia piirteitä ja kappaleita, joiden pinnan korkeuden vaihtelu on suurta. Erityisesti tasaisilla ja heijastavilla kappaleilla ongelmaksi voi muodostua polttopisteheijastukset, riippuen valolähteen etäisyydestä heijastavaan pintaan. (Advanced Illumination 2019)

## **2.4 Konenäön käyttökohteita**

Konenäköä voidaan hyödyntää monissa erilaisissa sovelluksissa, muun muassa valmistavassa teollisuudessa käyttökohteita löytyy useita.

Konenäön avulla kappale voidaan tunnistaa esimerkiksi värin tai muodon perusteella. Tunnistuksessa voidaan hyödyntää myös QR- tai viivakoodeja, erä- tai sarjanumeroita (Steger ym., 2018. 1.). Edellä mainittujen tunnisteiden avulla kappaleesta voidaan myös etsiä ja tallentaa tietoa. Tällaista tietoa voi olla esimerkiksi tieto varastosaldosta, kappaleen kulusta ja työvaiheista tuotantoprosessissa.

Asennon tarkastelua voidaan hyödyntää esimerkiksi robotin kanssa kokoonpanossa. Kameran avulla robotti pystyy määrittämään itselleen poimittavan kappaleen sijainnin koordinaatit, sekä minne poimittu kappale asetetaan. (Steger ym., 2018. 1.)

Työvaiheen tarkastelussa voidaan konenäkökameran avulla kertoa, mikä osa on vuorossa seuraavana kuvassa näkyvien komponenttien perusteella. Kameralla voi myös kuvata mistä laatikoista kappaleita on otettu, ja sen perusteella kertoa mikä työvaihe on meneillään. (Steger ym., 2018. 1.)

Laadunvalvonnassa konenäön avulla voidaan havaita virheellisiä komponenttiasentoja, vioittuneita osia, puuttuvia reikiä, tai mitata kappaleen ominaisuuksia, kuten halkaisijaa, pituutta tai syvyyttä. (Steger ym., 2018. 1.)

## **2.5 Konenäön haasteita**

Konenäön haasteet johtavat tyypillisesti tarkasteltavan kappaleen hylkäämiseen väärin perustein tai konenäköjärjestelmän vikatilailmoituksiin. Tyypilliset haasteet

johtuvat puolestaan valaistusolosuhteiden muutoksista, kappaleen monimuotoisesta pintatekstuurista tai kappaleen muodon sallitusta vaihtelevuudesta. (Cognex n.d.)

Siinä missä ihminen kykenee vaivattomasti erottamaan pienen kosmeettisen haitan toimintaa häiritsevästä haitasta, konenäölle tämän kaltaisten vikojen erottaminen toisistaan on hankalaa. Pienetkin muutokset valaistuksessa saattavat luoda kappaleelle varjoja, jotka häiritsevät konenäölle opetettua tarkasteluprosessia. Perinteisen konenäkösovelluksen algoritmit tarjoavat hyvin vähän joustoa sille, kuinka paljon ja minkälainen vaihtelu sallitaan tarkasteltavien kappaleiden välillä. (Cognex n.d.)

## **2.6 Kuvankäsittelyprosessi**

Konenäköjärjestelmät koostuvat tyypillisesti kuvan ottavasta kamerasta tai anturista, valonlähteestä, sekä kameraa ohjaavasta tietokoneesta tai PLC:stä. Konenäkökameroilla on myös oma kuvankäsittelyohjelmansa, joka analysoi otettuja kuvia algoritmien avulla (Aalto, 2023). Algoritmit ovat sarja matemaattisia funktioita tai ohjeita, joiden avulla kamera pystyy havaitsemaan ja jaottelemaan dataa otetusta kuvasta. (Steger ym.)

Kuvankäsittelyprosessissa voidaan ajatella olevan neljä vaihetta. Ensimmäinen vaihe on kuvan ottaminen halutusta kohteesta oikeanlaisissa kuvausolosuhteissa. Tämän jälkeen kuva esikäsitellään, eli sen laatua voidaan parannella kuvan kontrastia tai kirkkautta muuntamalla, sekä poistamalla kuvadatasta häiriötä ja kohinaa. Esikäsitely helpottaa kuvan analysointia algoritmien avulla. (Garshi, 2023)

Kuvan ottamisen ja esikäsitelyn jälkeen konenäkökameran ohjelma tunnistaa ja eristää kuvasta muotoja ja ominaisuuksia. Tämän jälkeen algoritmit analysoivat esiin nostettuja piirteitä, luokittelevat ne ja tekevät päätöksiä tuloksista saamansa visuaalisen datan pohjalta. Tuloksiin voi lukeutua esimerkiksi kappaleen läsnäolo, koordinaatit alustalla tai kappaleen koko. (Garshi, 2023)

### 3 KÄYTETYT LAITTEET JA OHJELMISTOT

#### 3.1 Kamerana IFM O2D500

Projektissa on käytössä IFM O2D500 hahmontunnistusanturi (kuva 10), joka antaa mustavalkoista 2D kuvaa. Kameran ottamien kuvien resoluutio on  $1820 \times 960$  pikseliä. Kuvataajuudeksi on kerrottu 40 Hz. Kamera on varustettu CMOS-kennoilla, ja siinä on RGBW-valot, sekä sisäänrakennettu polarisaatio-suodin. Kameralla ei ole ulkoista objektiivia, ja sen linssimalliksi on kerrottu standardilinssi. (IFM Datalehti n.d.)

Kameran toimintaetäisyydeksi on ilmoitettu  $>85$  [mm], ja kuva-alue kasvaa kuvausetäisyyden mukaan. 85 mm minimietäisyydellä alueeksi on kerrottu  $28 \times 21$  [mm], ja 2500 mm maksimietäisyydellä kuva-alue on  $753 \times 564$  [mm]. (IFM Datalehti n.d.)



Kuva 10. Tuotokuva IFM O2D500 hahmontunnistusanturista (IFM).

Hahmontunnistusanturissa on kolme binääristä tuloa ja viisi binääristä lähtöä. Tiedonsiirtoliitännän tyyppi on Ethernet, ja protokollina toimii TCP/IP sekä Ethernet/IP. Kameran ohjelmointi ja parametrien säätö tapahtuu IFM Vision Assistant -ohjelmalla, josta kerrotaan lisää kappaleessa 3.2. Lisätietoa kamerasta löytyy kameran datalehdestä liitteessä 1-4.

Hahmontunnistusanturin soveltuvina käyttökohteina on mainittu kappaleen tunnistus, sijainnin tarkastaminen ja mittaaminen. Erinäisiä viiva- tai QR-koodin lukuun soveltuvia ohjelmia kameralla ei ole, kuten ei myöskään kirjainten tai numeroiden lukuun liittyviä algoritmeja. (IFM Datalehti n.d)

### 3.2 IFM Vision Assistant

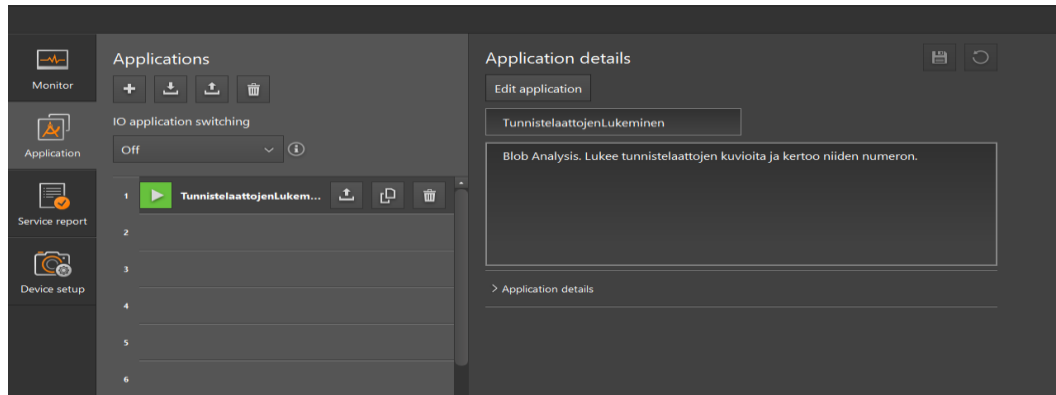
IFM Vision Assistant on kameravalmistajan oma ohjelma, jonka avulla kameraa voidaan ohjelmoida tunnistamaan halutut kohteet. Ohjelmisto on saatavilla ilmaiseksi IFM:n verkkosivuilta.

Monitor-välilehdeltä (kuva 11) nähdään live-kuvaa, tai viimeksi otettu kuva kameralta. Näiden lisäksi nähdään myös käynnissä oleva sovellus, sekä ohjelman että lähtöjen tila. (IFM Software Manual, 10 n.d.)

Model	Image	ROI	Object	Circularity	Inner width	Object area	Roundness
M1	I1	R0	#0	65		8142 px	88
M1	I1	R0	#1	61		7808 px	86
M1	I1	R0	#2	57		7275 px	84
M1	I1	R0	#3	31		61 px	55
M3	I1	R0	#0		92 px	10647 px	
M3	I1	R0	#1		89 px	10573 px	

Kuva 11. Kuvakaappaus Monitor-välilehdeltä, päävalikko näkyvässä vasemmalla reunalla.

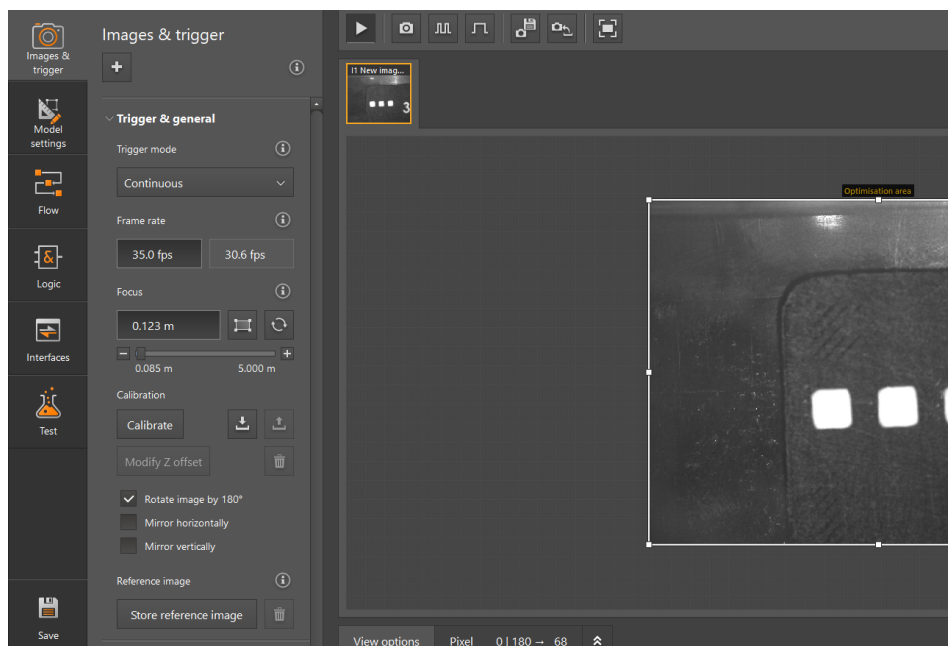
Application-välilehdeltä (kuva 12) valitaan ajettava kuvausohjelma tai aloitetaan uusi ohjelma. Kameraan pystyy luomaan 10 eri kuvan analysointiohjelmaa, jotka kukin voi sisältää 32 erilaista mallia. (IFM Software Manual, 11 n.d.)



Kuva 12. Ohjelmistovalikko.

Application-välilehdeltä aukeaa uusi valikko vasempaan reunaan (kuva 13), missä luodaan sekä ohjelma, että malleihin, kerättävään dataan ja laitekommunikointiin liittyvät asetukset. (IFM Software Manual, 11.2 n.d.)

Images & Trigger -välilehdellä määritellään kuvauksen käynnistämiseen, valaistukseen ja kohdistukseen liittyvät asetukset. (IFM Software Manual, 11.2 n.d.)



Kuva 13. Kuvan ottoon liittyvät asetukset ja ohjelmointivalikko vasemmalla.

Kuvista etsittävien mallien määrittely tapahtuu Model settings-välilehdellä. Kameran malli vaikuttaa käytettävissä oleviin työkaluihin. Tässä projektissa käytössä olleella O2D500 hahmontunnistusanturilla oli saatavilla seuraavat työkalut:

- BLOB Analysis -työkalu, jolla voidaan tarkastella kuvassa olevan kappaleen pikseleiden muodostaman alueen muotoa, kirkkautta, ja pikseleiden määrää. Työkalu sopii sovelluksiin, joissa tarkasteltavan kappaleen muoto, koko tai väri vaihtelee.
- Ääriviivojen havaitsemistyökalu (Contour detection), joka tutkii kuvattavan kappaleen ääriviivoja tai varjostuksia. Työkalu sopii sovelluksiin, joissa kappaleen muoto toistuu.
- Countour anchor tracking -työkalu, joka jäljittää toisen mallin ROI:ta (region of interest), eli aluetta jolta toinen malli etsii omia ennalta määritettyjä kuvioitaan. Näin kappaleen ei tarvitse olla aina samassa asennossa suhteessa kameraan, jotta ohjelma toimisi. (IFM Software manual, 11.3. n.d.)

Flow-välilehdellä voi tarkastella aktiivisena olevia kuvia ja malleja. Tulokset on esitetty vuokaaviona, josta näkee ohjelman mallien käsittelyjärjestyksen, vaiheen, prosessin keston ja lopputuloksen. (IFM Software manual, 11.4 n.d.)

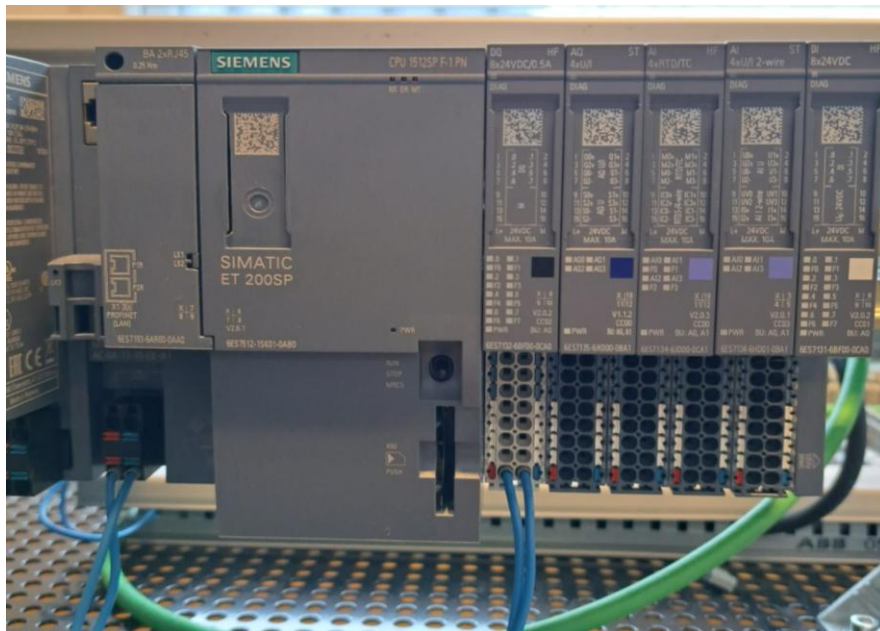
Logic-välilehdellä tarkastellaan ja valikoidaan kameralta PLC:lle lähtevää dataa, jota voi käsitellä logiikkatoimintoja hyödyntäen. Binäärisignaalien lisäksi lähtevä data voi olla myös numero- (int) ja string-muodossa. Mallista saatu data ohjataan halutulle lähdölle. (IFM Software manual, 11.5 n.d.)

Inteface-välilehdellä valitaan tiedonsiirtorajapinta suoritettavalle ohjelmalle, sekä kerrotaan mitä tietoa kameralta välitetään eteenpäin. Jokaisella ohjelmatyypillä on omat datapakettityypit, joiden sisältöä voi valikoida, ja joiden avulla saa lähetettyä haluttua tietoa PLC:lle. Dataa voi lähettää esimerkiksi kuvien laadusta ja ohjelman mallien keräämästä tiedosta. (IFM Software manual, 11.6 n.d.)

Test-välilehdellä nauhoitetaan tilastollista dataa aktiivisesta kuvausohjelmasta. Testaamisen aikana laitteen ja ohjelman reaaliaikainen tila on näkyvässä. (IFM Software manual, 11.7 n.d.)

### 3.3 Siemensin logiikka PLC S1500 ja TIA Portal

Projektissa käytössä oleva PLC on Siemenin Simatic S7 -sarjaan kuuluva CPU 1512SP F-1 PN (kuva 14). Siinä on 300 kB ohjelmamuisti ja 1 MB datamuisti. Käytössä olevan logiikan tiedonsiirtoprotokollana on Profinet ja Siemensin S7, lisäksi kommunikointi onnistuu myös TCP/IP-protokollan välityksellä (Siemens Datasheet n.d.). Lisätietoa projektissa käytössä olevasta PLC:stä löytyy liitteistä 6–13.



Kuva 14. Projektissa käytettävä Siemensin S7 1500-sarjan PLC ja siihen liitetyt moduulit.

TIA Portal on Siemensin oma ohjelmointiympäristö Siemensin PLC-ohjaimille. Ohjelmisto on tarkoitettu teollisuusautomaation suunnitteluun ja hallintaan. Ohjelmisto mahdollistaa muun muassa HMI-paneelien, PLC:n ja taajuusmuuntajien ohjauksen. TIA Portalin tuettuja ohjelmointikieliä ovat FBD (Function Block Diagram), LAD (Ladder Diagram), STL (Statement List) sekä SCL (Structured Control Language). (Lins n.d.)

### 3.4 TCP/IP-tiedonsiirtoprotokolla

TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) on 1970-luvulla luotu tiedonsiirtoprotokolla, joka on internetin ja monien muiden verkkojen perusta.

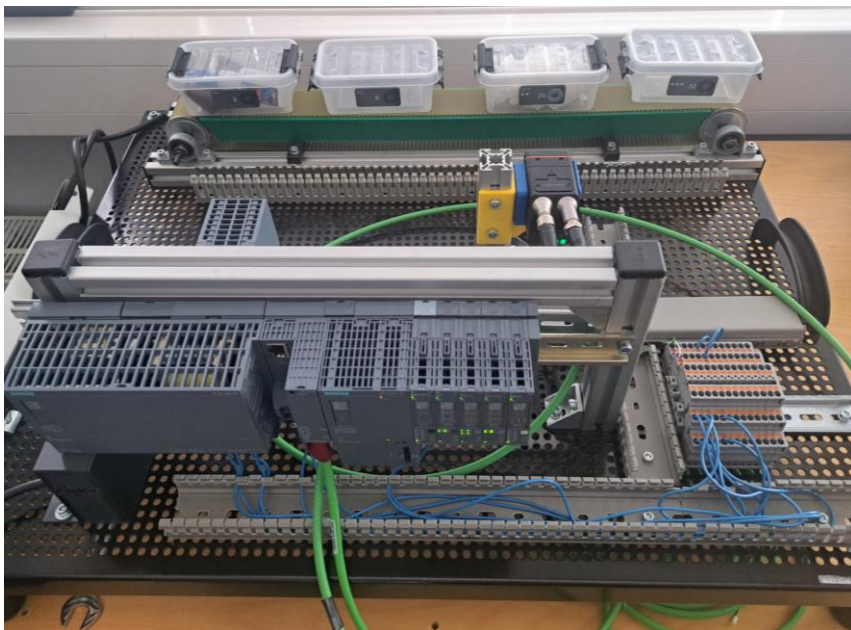
TCP/IP sallii standardisoidun datan siirron tietokoneen ja muiden erilaisten verkossa olevien laitteiden kesken. (A1Digital, n.d.)

TCP/IP koostuu neljästä eri kerroksesta, jotka ovat sovelluskerros, kuljetuskerros, verkkokerros ja linkkikerros. Tieto siirtyy näiden kerrosten läpi lähettäjältä vastaanottajalle, jolle tieto tulee kerrosten läpi käänteisessä järjestyksessä, kooten datan uudelleen. (A1Digital, n.d.)

TCP/IP-protokollaa käytettäessä kommunikoitavista laitteista toinen toimii TCP/IP-clienttinä ja toinen serverinä. Client aloittaa yhteyden, sekä antaa sovelluksesta riippuen muita komentoja. Serverinä toimiva laite vastaanottaa ja käsittelee pyynnöt sekä vastaa niihin. (Taltech, n.d.)

### 3.5 Koejärjestelyn asettelu

Koejärjestely (kuva 15) rakennettiin alustan päälle, johon tarvittavat toimilaitteet kiinnitettiin. Järjestely koostuu kuvausalustana toimivasta liukuhihnasta, kamerasta ja sen telineestä, PLC-ohjaimesta moduuleineen sekä 24 VDC jännitelähteestä. Kamera on noin 12 cm etäisyydellä liukuhihnasta, näin kuvausalueesta saatiin rajattua pois turhaa taustaa.



Kuva 15. Koejärjestelyn asettelu ja laitteisto.

## 4 TUNNISTEKILPIEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

### 4.1 Suunnittelua ohjaavat vaatimukset

Projektia varten piti suunnitella ja toteuttaa tunnistekilvet, joiden avulla kappaleita tunnustetaan. Kilpien haluttiin kestävän käyttöä, joka poissulki esimerkiksi paperille printattujen tunnisteiden käytön. Tunnistekilville oli asetettu seuraavat vaatimukset kestävyuden lisäksi:

- Tunnistekilpien tulee olla konenäkökameralla luettavia.
- Tunnistekilpien on oltava helposti ihmisen luettavissa, esimerkiksi binääri- tai desimaalilukuna.
- Tunnistekilpien tulee mahtua kappaleen kylkeen siten, että kappaleita voidaan pinota sisäkkäin kilpien asennuksen jälkeen.
- Tunnistekilpiin on oltava mahdollista asentaa priikka, tai joku muu metallinen kappale, joka mahdollistaa induktiivisen anturin hyödyntämisen tulevaisuudessa.
- Tunnisteita tulee olla 30 erilaista.

Kappaleet joihin tunnistekilvet tulevat kiinni ovat Smart Store™ classic 0,5 merkisiä muovilaatikoita (kuva 16), joiden mitoiksi on ilmoitettu 15×9×6 cm.



Kuva 16. Projektissa käytössä oleva kappale.

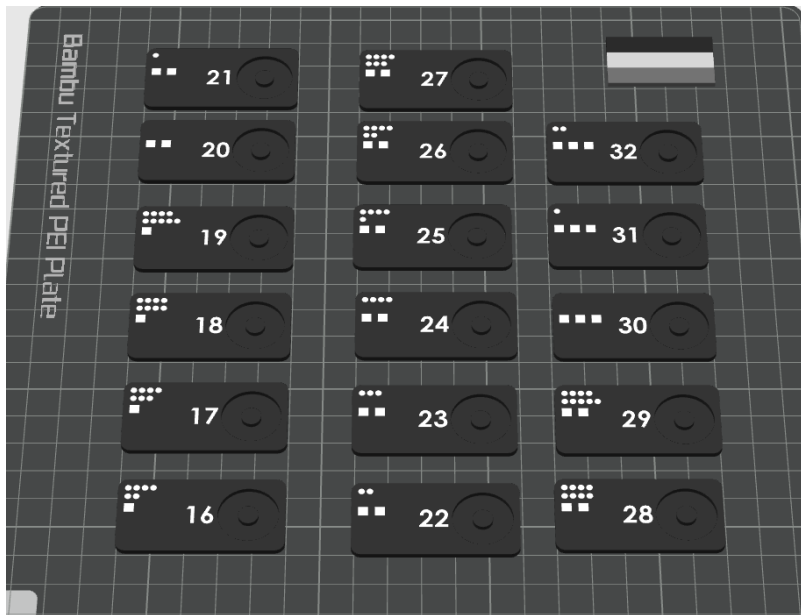
## 4.2 Tunnistekilpien suunnitteluprosessi

Tarkempi tutustuminen kameran ohjelmaan osoitti, että kamera ei suoraan kyennyt lukemaan numeroita tai kirjaimia, ja niiden muotojen opettaminen ohjelmistolle osoittautui monimutkaisemmaksi, kun aluksi ajateltiin. Päädyttiin ratkaisuun, jossa tunnistenumeroiden sijaan luotiin numeroita edustavia tunnistekuvioita, jotka voitiin opettaa konenäkökameran ohjelmistolle. Ihmissilmää varten tunniste kuvioiden rinnalle printattiin myös tunnistekuvioita vastaavat desimaalinumerot, joka helpotti tunnistekilpien tunnistamista silmämääräisesti, ja käyttäjän oli helppo varmistua siitä, että kamera on lukenut kuvion oikein.

Tunnistekuviot pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaiseksi, joten päädyttiin ratkaisuun, jossa kaksi erimuotoista symbolia ilmaisi määrällään desimaalilukujen ykkösten ja kymppien määriä. Ykkösiä kuvattiin ympyröillä ja kymmenlukuja neliöillä. Esimerkiksi luku 12 kuvattiin yhdellä neliöllä ja kahdella ympyrällä.

Tunnistekilvet mallinnettiin SolidWorks-ohjelmistoa käyttäen. Kilpien sisään halettiin saada noin 1,8 mm halkaisijaltaan oleva priikka, joka on noin 1,5 mm paksu. Tunnistekilven koossa päädyttiin mittoihin 25×55×1,8 mm, näin priikka mahtui kilven sisään tehtyyn pesään vaivattomasti. Koko mahdollisti myös sen, että kapaleet olivat pinottavissa päällekkäin, ja tunnistekuviolle sekä -numeroille jäi riittävästi tilaa, jotta ne pysyivät selkeinä.

Kilvet valmistettiin printtaamalla, käyttäen Bambu X1 Carbon 3D-printteriä. Käytössä oleva konenäkökamera kuvaa vain mustavalkoisena, joten kilpien värien välillä oli oltava selkeä kontrastiero. Kuvassa 17 on esillä mallit kilvistä 16–32 Bambu Studion slicer-ohjelmassa. Printatut kilvet tuli vielä hioa hiomapaperilla, jotta pinta ei heijastaisi valoa niin paljon.



Kuva 17. Tunnistekilpien mallit Bambu Studion slicerissa.

### 4.3 Tunnisteiden kiinnitys

Kamera on sijoitettu kiinteästi alustaansa ja kuvaa vain rajattua aluetta. Tämän takia tunnisteiden kiinnitys kappaleeseen piti toteuttaa niin, että kilvet tulevat aina samaan kohtaan kappaleiden kyljessä. Kilpien kiinnityksen tueksi oli tehtävä sapluuna, jotta toistettava paikoitus onnistuisi. Sapluunan mallinnukseen käytettiin SolidWorks-ohjelmaa.

Lähtökohtana oli tehdä yksinkertainen sapluunan malli, joka ei vaatisi kokoamista tai useita osia. Sapluunan kanssa päädyttiin yksinkertaiseen kuvan 18 mukaiseen ratkaisuun. Sapluuna valmistettiin 3D-printtaamalla.



Kuva 18. Sapluuna tunnistekilpien kiinnitykseen.

Kilven kiinnitysprosessi eteni seuraavasti: kappale asetettiin sapluunaan, jonka jälkeen kappaleen kylkeen merkattiin tunnistekilven paikka sapluunan kohdistusaukon kohdalle. Kappaleen kylkeä hiottiin merkatun alueen kohdalta, kuten myös tunnistekilven takapintaa, jolla pyrittiin parantamaan liimauksen tarttuvuutta. Liimausta varten kappale laitettiin takaisin sapluunaan, jotta tunnistekilpi voitiin kohdistaa oikein. Liimauksessa käytettiin Loctiten 401 -pikaliimaa.

## **5 KOEJÄRJESTELY SEKÄ KAMERAN JA PLC:N OHJELMOINTI**

### **5.1 Toiminnan kuvaus**

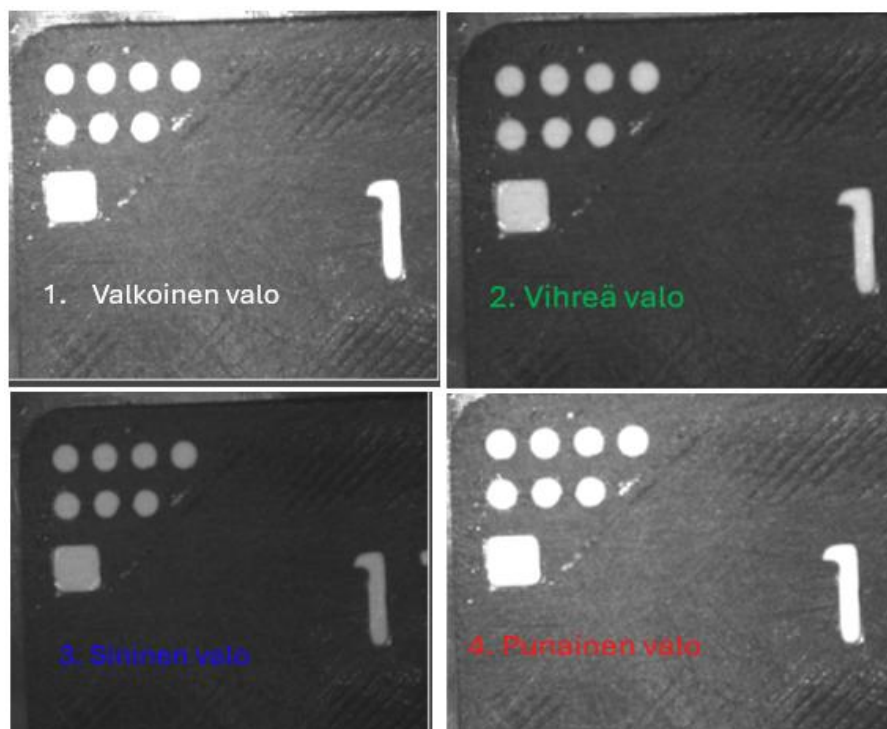
Konenäköjärjestelmän ohjelman toiminnan kuvaus on yksinkertaistettuna seuraava: PLC muodostaa yhteyden kameraan, jonka jälkeen se lähettää pulssin kameralle. Kamera ottaa kuvan edessään olevasta kappaleesta, ja analysoi kuvassa näkyvän tunnistekilven numeron. Kamera lukee ja kertoo tunnisteen numeron takaisin PLC:lle.

### **5.2 Kameran käyttöönotto ja ohjelmointi IFM Vision Assistantilla**

IFM hahmontunnistusanturin käyttöönotto oli yksinkertaista. Kameran täytyi olla kiinni jännitelähteessä, jonka jälkeen sen pystyi yhdistämään Ethernet-piuhalla tietokoneeseen. Tämän jälkeen avattiin Vision Assistant-ohjelma, jonka alkuvalikosta valittiin ”find device”. Kameran sai yhdistettyä ohjelmointia varten väliaikaisen IP-osoitteen avulla.

IFM Vision Assistantilla tehtiin ohjelma, joka tarkastelee kahta eri mallia. Kummallekin tunnistekuviolle tehtiin oma mallinsa, toinen tarkastelee ykkösiä (ympyröitä) ja toinen kympejä (neliöitä). Mallin etsintä toteutettiin valmista BLOB Analysis -työkalua käyttäen, jolla tutkittiin tarkasteltavan alueen ja muodon pikseleiden määrää, muodostelmia ja kirkkautta.

Ohjelman teko aloitettiin kameran asetuksien säädöstä, kamera tarkensi kuvan ensin itse, jonka jälkeen oli mahdollista tehdä itse tarvittavia säätöjä. Seuraavaksi säädettiin valaistusta. Valolähteenä oli kameran oma kohtisuora LED-valaistus, jossa vaihtoehtoina oli valkoinen, vihreä, sininen ja punainen valaistus tai ei valoa ollenkaan. Kameraan pystyi aktivoimaan polarisaation suodatuksen yhdestä tai kahdesta suunnasta, tai kytkeä sen pois päältä. Kameran käyttämien LED-valojen määrä oli myös säädettävissä. Kuvassa 19 näkyy, kuinka eri valaistusvaihtoehdot vaikuttavat saatuun kuvaan ja kilven heijastuksiin.



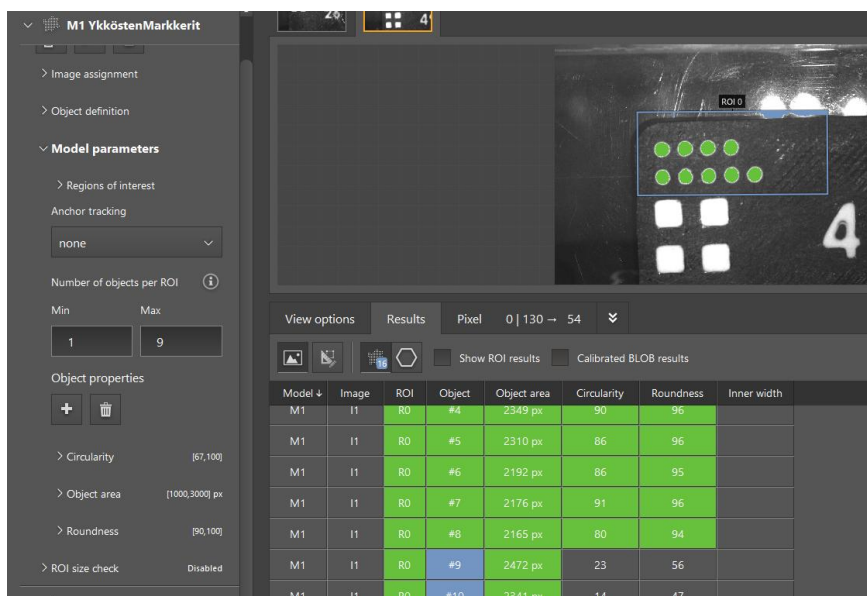
Kuva 19. Valaistusvaihtoehtojen vaikutus otettavaan kuvaan.

Valaistusratkaisuksi valikoitui kuvan 19 kuvasarjasta neljännen kuvan mukainen punainen valo. Käytössä oli kameran molemmat LED-valot ja vain toinen polariisaatiosuotimista oli käytössä, sillä hionnasta huolimatta tunnistekilpien pinta heijasti muiden valaistusvaihtoehtojen kanssa liikaa, kontrasti värien välillä oli liian pieni tai kuva jäi liian pimeäksi. Näillä valinoilla tunnistekuviot korostuivat hyvin ja kappaleen sekä tunnistekilven heijastukset jäivät vähäisiksi.

Seuraavaksi säädettiin etsittävien pikseleiden vaaleusastetta. Kameran ottama kuva ja sen ympäristö oli tunnistekuviota lukuun ottamatta tumma, tarkasteltavien pikseleiden vaaleusasteen vaihtelu voitiin rajata melko pieneksi. Pelkästään jo tämän avulla ohjelma löysi tunnistekuviot kuvasta, vaikka ei osannutkaan erottaa niitä toisistaan. Seuraavana määriteltiin ROI (Region of Interest), eli miltä alueelta muotoja etsittiin. Ykkösten tunnisteita etsittäessä ROI rajattiin kuva-alueen vasempaan yläreunaan.

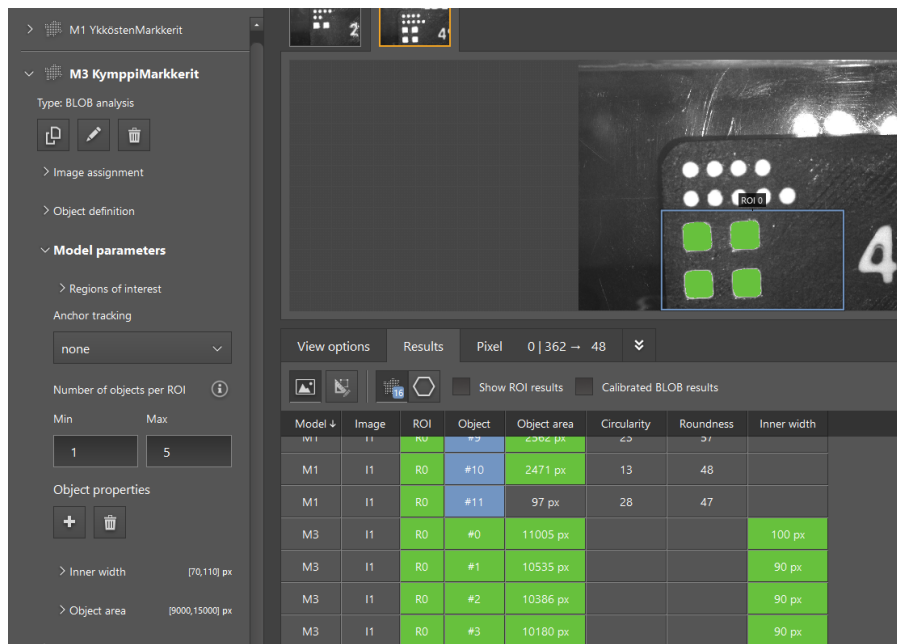
Ykkösten tunnisteiden etsinnässä käytettiin etsittävien pikselialueiden koon rajausta, sekä ympyräisen muodon etsiviä työkaluja. Korostuneet pikselialueet tulivat olla kokoluokaltaan 1000–3000 pikseliä. Kuvassa 20 näkyy kuvausohjelman

ensimmäisen mallin etsintäohjeet vasemmassa reunassa. Haettavat kriteerit valkoisen sävyalueen lisäksi olivat pikselimuodostelman pyöreys, sekä pikselialueen koko. Kuvan 17 alareunassa olevassa taulukossa näkyy M1 alueella olevat hyväksytyt muodot vihreällä ja sinisellä ne muodot, jotka eivät täyttäneet kaikkia vaatimuksia.



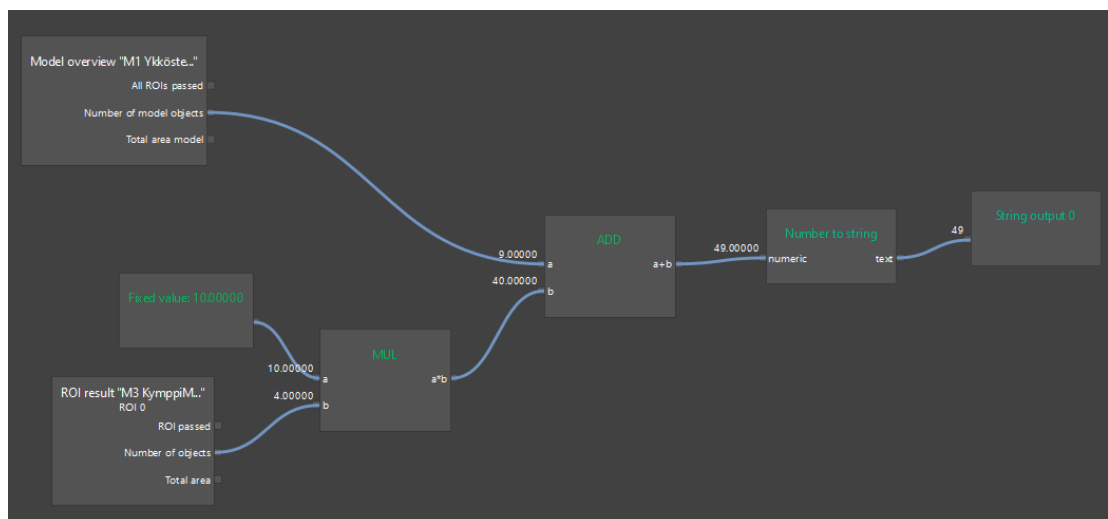
Kuva 20. Ohjelman malli ykkösten tunnisteiden etsintää varten.

Kymmenlukujen tunnisteita edustavien neliöiden tunnistukseen käytettiin samaa BLOB Analysis -työkalua. Neliöiden tunnistukseen riitti löydettyjen pikselialueiden koon määrittäminen, ja muodon tunnistuksen varmistamiseksi kuvion leveyden mittaus pikselimäärän perusteella. Neliön tunnistustyökalukin olisi ollut käytettävissä, mutta sen perusteella tunnistettavat neliöt olivat liian pyöreitä, jotta neliömuodon tunnistuksesta olisi ollut hyötyä. Kuvassa 21 on esitetty KymppiMarkkerit mallintunnistusohjelman osa-alueet.



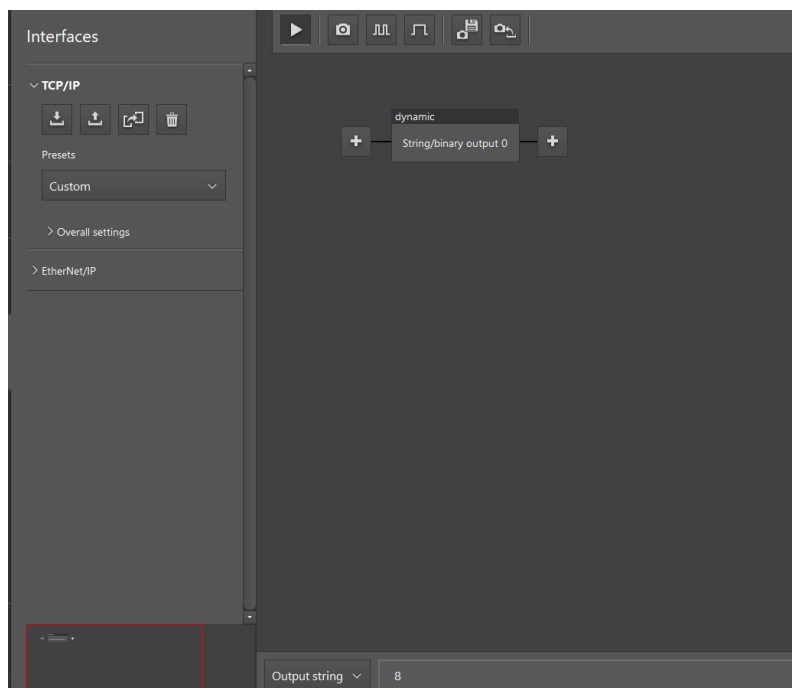
Kuva 21. Ohjelman malli kymmenlukujen tunnisteiden etsintää varten.

Ohjelman logiikkaosiossa ainoa kokonaisuuden kannalta tarpeellinen tulos oli molempien tunnistusmallien yhteenlaskettu summa. KymppiMarkkeri-ohjelma laskee tunnistettujen mallien määrän, joten tunnistettu kuviomäärä kerrottiin kymmenellä, jotta saatiin neljoiden edustama arvo ulos. Tunnistekilpien arvo ilmoitettiin osoitteeseen String output 0. Kuvassa 22 on näkyvillä logiikkaosion ohjelma-kaavio.



Kuva 22. Kamera-ohjelman logiikkakaavio.

Interfaces-välilehdellä (kuva 23) määriteltiin PLC:lle välitettävä tieto, sekä tiedonsiirtoprotokollaksi TCP/IP. PLC:lle ainoa tarvittava tieto oli tunnistettujen kohteiden yhteenlaskettu määrä, joten siirrettävän tiedon lähdöksi valittiin String/binary output 0, johon tieto ilmoitettiin.



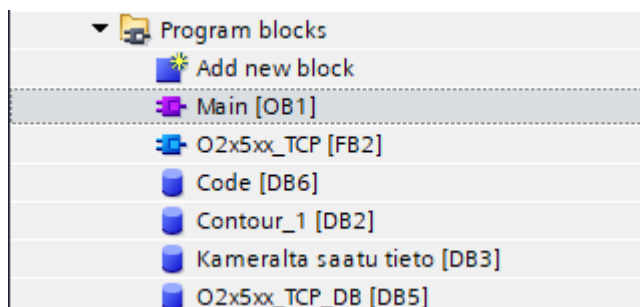
Kuva 23. Interface-välilehti.

Ohjelman toimivuus varmistettiin testaamalla antaako kamera kuvaamansa kappaleen tunnistekuviota vastaavan numeron. Kameran edessä käytettiin useita eri tunnistekilven omaavia kappaleita, palaten välillä jo kuvattuihin kappaleisiin. Kappaleiden etäisyyttä kameraan myös vaihdeltiin, sen verran mitä se kuvausalueena toimivalla liukuhihnalla oli syvyyssuunnassa mahdollista.

Kuvausohjelman sisäisten mallien tunnistuksessa sekä kymmenlukuja, että yksöisiä ilmaisevien tunnistekuvioiden koossa sallittiin pieni vaihtelevuus. Tämän ansiosta pienet vaihtelevuudet laatikon sijainnissa hihnalla ei haitannut. Ohjelman toimivuuden varmistamiseksi käyttäjän on kuitenkin tarpeellista asettaa kuvattavat kappaleet liukuhihnan keskelle, eikä merkittävästi toisen reunan yli.

### 5.3 PLC-ohjelma TIA Portalia käyttäen

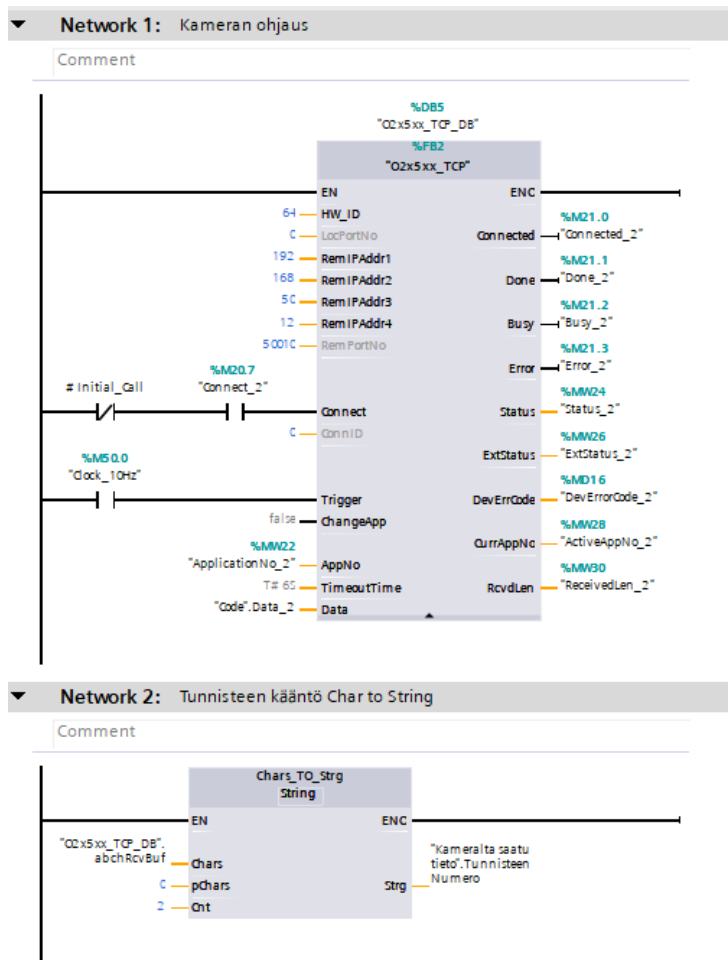
IFM:n nettisivuilta löytyi valmis ohjelmapohja, joka helpotti kommunikointiyhteyden muodostamista kameran ja TIA Portalin välillä TCP/IP-protokollaa käyttäessä. Kuvassa 24 on nähtävillä ohjelman rakenne. Ohjelma koostui pääohjelmasta (Main OB1), funktioblokista (O2x5xx\_TCP FB2) sekä neljästä datablokkista.



Kuva 24. PLC-ohjelman rakennepuu.

Funktioblokissa oli STL-koodilla ohjattu PLC:n TCP/IP yhteyden muodostaminen kameraan, sekä komennot kuvan ottamiseen, että kuvaustulosten saamiseen. Datablokeissa Code [DB6], Contour\_1 [DB2], O2x5xx\_TCP\_DB [D5] on kameramallikohtaista ohjelmistoon ja tiedonsiirtoon liittyvää dataa.

Pääohjelma koostuu O2x5xx\_TCP funktioblokista sekä kääntötoiminnosta, jolla kameran data saatiin helpommin luettavaan muotoon. Pääohjelman toteutus on näkyvillä kuvassa 25.



Kuva 25. Pääohjelma Main [OB1].

HW\_ID tuloon syötettiin PLC:n Ethernet-porttien osoite ja RemIPAddr-lähtöihin syötettiin kameran IP-osoite, joiden avulla muodostettiin yhteys PLC:n ja kameran välillä. Connect-lähtöä käytettiin kameraan yhdistämispyyntön lähettämiseen. Trigger-toiminto toteutettiin PLC:n omalla sisäisellä pulssigeneraattorilla, joka 10 sekunnin välein kääntää Trigger-lähdön positiiviseksi ja kamera saa käskyn kuvata. Kameralla oli vain yksi ohjelma, joten ohjelman valintatoimintoa ei tarvittu.

Tuloihin vastaanotettiin kameran kertomaa dataa, Connected -niminen tulo kertoo, onko yhteys muodostettu. Se, sekä Done-, Busy- ja Error-tulot toimivat boolean-muuttujilla, jotka kertovat annettujen kommentojen tilan, eli onko tila tosi vai epätoisi. Status-tulot kertovat, jos kameralla on vikatila yhteyden muodostamiseen tai kameran ohjelmistoon liittyen. Ne kertovat virhekoodin, jonka voi tulkita valmistajan tarjoaman esimerkkiohjelman kansioista löytyvästä ohjelmaoppaasta.

Kamera lähetti ohjelmadatan Array of Char -muodossa, eli kirjain- tai merkkijonona. Tämän vuoksi ”Tunnisteen kääntö Char to String” -osiossa, ohjelman antama tulosjono käännetään muotoon, joka on helpompi tulkita. Tuloon Chars kerrottiin mistä käännettävä tieto löytyy. PChars-tuloon taas kerrottiin, monennes-tako merkistä aloitetaan kääntäminen String-muotoon. Cnt-tuloon kerrotaan, kuinka monta kirjainta tai lukua halutaan kääntää aloituskohdasta alkaen.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin konenäköön, tutustuttiin IFM:n kameraan ja sen ohjelmistoon IFM Vision Assistentiin. Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Tampereen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon koejärjestely, jossa Siemensin PLC ohjaa IFM:n O2D500 kameraa. Kameralla oli tarkoitus kuvata ja tunnistaa kappaleiden kylkiin kiinnitettäviä tunnistekilpiä, jotka suunniteltiin ja toteutettiin osana opinnäytetyötä. Tunnistettuaan kilvet, kameran tuli välittää tunnistamansa kilven numero PLC:lle.

Konenäköön perehtyessä lähteinä toimivat aiheeseen liittyvä kirjallisuus. Kuvausprosessiin ja kameran komponentteihin liittyen hyödynnettiin valokuvaukseen liittyviä lähteitä, sillä konenäkökameran ja valokuvaukseen tarkoitettujen kameroiden toimintaperiaatteet ovat hyvin pitkälle samat.

Kuten kappaleessa 3.1 mainittiin, projektissa käytössä olevalla IFM hahmontunnistusratkaisulla ei ole numeroiden tai kirjainten lukuun sopivia työkaluja. Numerot olisi pitänyt opettaa kameralle alusta asti muodon perusteella, käyttäen kontrastitai BLOB Analysis -työkaluja. Näidenkin avulla muotojen opettaminen olisi ollut hankalaa, sillä valo-olosuhteet, kappaleen asento sekä etäisyys kamerasta vaikuttavat oleellisesti tunnistettavien pikselialueiden kokoon.

Muodon tunnistukseen käytettävät työkalut toimivat vain ennalta määritettyjen muotojen, kuten ympyröiden tai neliöiden, etsimiseen. Etsittäviä muotoja ei voinut itse piirtää. Lisäksi jokainen numero 1-30 välillä olisi oletettavasti jouduttu opettamaan erikseen, jolloin opetettavien mallien lukumäärä olisi kasvanut. Näistä haasteista johtuen tunnistekilpien alkuperäistä ideaa vaihdettiin numeroista kuviotunnisteisiin.

Kameran ja PLC:n välinen kommunikointi toi mukanaan myös haasteita. TCP/IP kommunikointi ei ollut entuudestaan tuttua, joten aihe vaati perehtymistä. Valmistajan sivuilta saamien esimerkkien ja ladattavien ohjelehtisten avulla kommunikointi laitteiden välillä saatiin toimimaan.

Projektin lopputuloksena oli toimiva kokonaisuus. Kamera luki tunnistekilvet ongelmitta, ja kertoi tunnisteen numeron PLC:lle. Tuotosta voi jatkossa hyödyntää opiskelijaprojekteissa ja PLC-ohjelmoinnin opetuksessa. Kameralta PLC:lle siirrettävää dataa voi lisätä, tai dataa voi PLC:ltä välittää eteenpäin toiselle laitteelle tai esimerkiksi ERP-järjestelmään. Projektissa suunnitellut ja printatut tunnistekilvetkin soveltuvat myös muihin konenäkösovelluksiin, jos toisen valmistajan kameralla halutaan lukea desimaalilukuisia tunnisteita.

Projektista toimitettiin koululle tiedostokansio, josta löytyy TIA Portal -ohjelma, tunnistekilpien ja sapluunan muokattavat SLDPRT-tiedostot sekä printattavia 3mf-tiedostoja. Myös tunnistekilpien mallin muokkaamiseen ja kilpien kiinnitykseen liittyvät kirjoitetut ohjeet ovat tiedostokansiossa PDF-muodossa.

## LÄHTEET

Cognex, n.d. Machine Vision. Verkkosivu. Viitattu 15.4.2025  
<https://www.cognex.com/products/machine-vision>

Batchelor, Bruce G. *Machine Vision Handbook*. Springer, 2012.

Kamerakoulu.fi. n.d. Objektiivit ja polttovälin merkitys valokuvauksessa. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2025 <https://kamerakoulu.fi/valokuvauksen-perusteet-objektiivit>

Jakubec. 2024. Machine vision: 5 simple steps to choose the right camera. Verkkosivu. Viitattu 3.6.2025 <https://www.balluff.com/en-us/blog/machine-vision-5-simple-steps-to-choose-the-right-camera>

Kamerakoulu.fi. n.d. Valokuvauksen perusteet: aukko. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2025 <https://kamerakoulu.fi/valokuvauksen-perusteet-aukko>

Hawkins, Wolinsky. N.d. Valokuvauksen perusteet, Valotusajan Hallinta. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2025 <https://www.canon.fi/get-inspired/tips-and-techniques/how-to-use-shutter-speed/>

Digikuva. 2022. Mitä "rolling shutter" tarkoittaa? Verkkosivu. Viitattu 2.6.2025 <https://digi-kuva.fi/kamerat/jarjestelmakamerat/mita-rolling-shutter-tarκοittaa>

Csensor. N.d. CCD vs CMOS: A Review of Sensor Technology. Verkkosivu. Viitattu 5.5.2025 <https://www.csensor.com/ccd-vs-cmos>

Teledyne. N.d. Imaging In Color. Verkkosivu. Viitattu 3.6.2025 <https://www.teledynevisionsolutions.com/learn/learning-center/scientific-imaging/imaging-in-color/>

Scandinavian Photo. 2023. Suodinopas – valitse sopiva suodin objektiivillesi. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2025. <https://www.scandinavianphoto.fi/tietopankki/suodinopas>

Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann. *Machine Vision Algorithms and Applications*, Wiley, 2018.

Daryl Martin. 2013. A Practical Guide to Machine Vision Lighting. Pdf-dokumentti. Viitattu 15.4.2025  
<https://www.advancedillumination.com/wp-content/uploads/2018/10/A-Practical-Guide-to-Machine-Vision-Lighting-v.-4-Generic.pdf>

Vision Doctor. N.d. Direct incident light. Verkkosivu. Viitattu 14.5.2025  
<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/direct-incident-light.html>

Vision Doctor. N.d. Lateral illumination. Verkkosivu. Viitattu 12.05.2025.  
<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/lateral-illumination.html>

Vision Doctor. Nd. Dark field illumination. Verkkosivu. Viitattu 14.05.2025.  
<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/dark-field-illumination.html>

Advanced Illumination. 2019. Bright Field vs. Dark Field Lighting Techniques. Verkkosivu. Viitattu 14.5.2025.

<https://advancedillumination.com/lighting-education/bright-field-dark-field-lighting/>

Riikka Aalto, 2023. Konenäkötutkimuksen apuna. Blogi-teksti. Viitattu 2.6.2025

<https://blog.hamk.fi/hamk-beat/konenako-tutkimuksen-apuna/>

Arian Garshi. 2023. Introduction to Machine Vision: Key Processes and Challenges. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2025

<https://ariangarshi.medium.com/understanding-machine-vision-and-its-workings-5366360406de>

IFM Datalehti. n.d. Datalehti O2D500 Hahmontunnistusanturi. Pdf-dokumentti. Viitattu 26.4.2025.

<https://www.ifm.com/restservices/fi/fi/assets/c3VwcGxpZXJzL2lmbS9kb2N1bWVudHMvcHJvZHVjdC9PMkQ1MDAtMDEvZGF0ZW5ibGFldHRlci9PMkQ1MDAtMDFfRkktRkkucGRm?v=38>

IFM Software manual. n.d. Software manual Object recognition sensor O2D5xx Version 2.5.26. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.5.2025.

[https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/assets/2aadd689bbc3874d8e18bd36c5133668/11496447\\_00\\_GB.pdf?contentdisposition=inline](https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/assets/2aadd689bbc3874d8e18bd36c5133668/11496447_00_GB.pdf?contentdisposition=inline)

Siemens. N.d. Datasheet 6ES7512-1SK01-0AB0. Pdf-dokumentti. Viitattu 23.5.2025.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatasheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6ES7512-1SK01-0AB0%26language%3Den>

Letácio Lins, n.d. The Complete Practical Guide to Siemens Tia Portal Programming. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2025

<https://www.solisplc.com/tutorials/a-practical-guide-to-siemens-tia-portal-programming#understanding-organization-blocks-in-tia-portal>

A1Digital. N.d. What is TCP/IP? Verkkosivu. Viitattu 23.5.2025.

<https://www.a1.digital/knowledge-hub/tcp-ip-explained/>

Taltech. N.d. A brief overview of TCP/IP communications. Verkkosivu. Viitattu 23.5.2025.

<https://www.taltech.com/support/a-brief-overview-of-tcp-ip-communications/>

## KUVALÄHTEET

### Kuva 1

Cambridge in colour, n.d. Understanding camera lenses. Verkkosivu. Viitattu 12.5.2025

[https://cdn.cambridgeincolour.com/images/tutorials/lensflare\\_elements9.png](https://cdn.cambridgeincolour.com/images/tutorials/lensflare_elements9.png)

### Kuva 2

Newsemi.com. 2024. CCD vs CMOS: Difference Between CCD and CMOS Image Sensor. Verkkosivu. Viitattu 5.5.2025 [https://lh7-us.googleusercontent.com/L7Cmlz8CylgPpG7V0ftKZg3uo8ewLcQ0K4\\_ofmj0bXUsck-fogQQQjgmN-uUEm9kqVq0ojfP0E9jSEX4ojun-IXObupi2efJE1lyzC2M2Fh7IBdu9d5J\\_9XfbhUusl554tsqZxiGzaRzgQsU2JkiWdco](https://lh7-us.googleusercontent.com/L7Cmlz8CylgPpG7V0ftKZg3uo8ewLcQ0K4_ofmj0bXUsck-fogQQQjgmN-uUEm9kqVq0ojfP0E9jSEX4ojun-IXObupi2efJE1lyzC2M2Fh7IBdu9d5J_9XfbhUusl554tsqZxiGzaRzgQsU2JkiWdco)

### Kuva 3

BokehRentals. 2021. Bayer Sensor Technology. Verkkosivu. Viitattu 3.6.2025

<https://bokehrentals.com/bayer-sensor-technology/>

### Kuva 4

Vision Doctor. N.d. Backlight Illumination. Verkkosivu. Viitattu 12.05.2025.

<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/backlight-illumination.html>

### Kuva 5

Vision Doctor. N.d. Lateral illumination. Verkkosivu. Viitattu 12.05.2025.

<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/lateral-illumination.html>

### Kuva 6

Keyence. N.d. Coaxial Lights (On-Axis). Verkkosivu. Viitattu 13.5.2025

[https://www.keyence.com/ss/products/vision/peripheral/ca-d/ca\\_dx.jsp](https://www.keyence.com/ss/products/vision/peripheral/ca-d/ca_dx.jsp)

### Kuva 7

Advanced illumination. 2020. Lighting Technique: Diffuse Illumination. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2025 <https://advancedillumination.com/lighting-education/lighting-technique-diffuse-illumination/>

### Kuva 8

Advanced Illumination. 2019. Bright Field vs. Dark Field Lighting Techniques.

Verkkosivu. Viitattu 14.5.2025. <https://advancedillumination.com/lighting-education/bright-field-dark-field-lighting/>

### Kuva 9

Vision Doctor. N.d. Dark field illumination. Verkkosivu. Viitattu 14.05.2025.

<https://www.vision-doctor.com/en/lighting/ien-t2/dark-field-illumination.html>

### Kuva 10

IFM. N.d. Tuotokuva O2D500 hahmontunnistusanturista. Verkkosivu. Viitattu 26.4.2025

<https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/rendition/4edf62e5f6e71046943804fed5d0251d/-B1500-FJPG/O2D500>

## LIITTEET

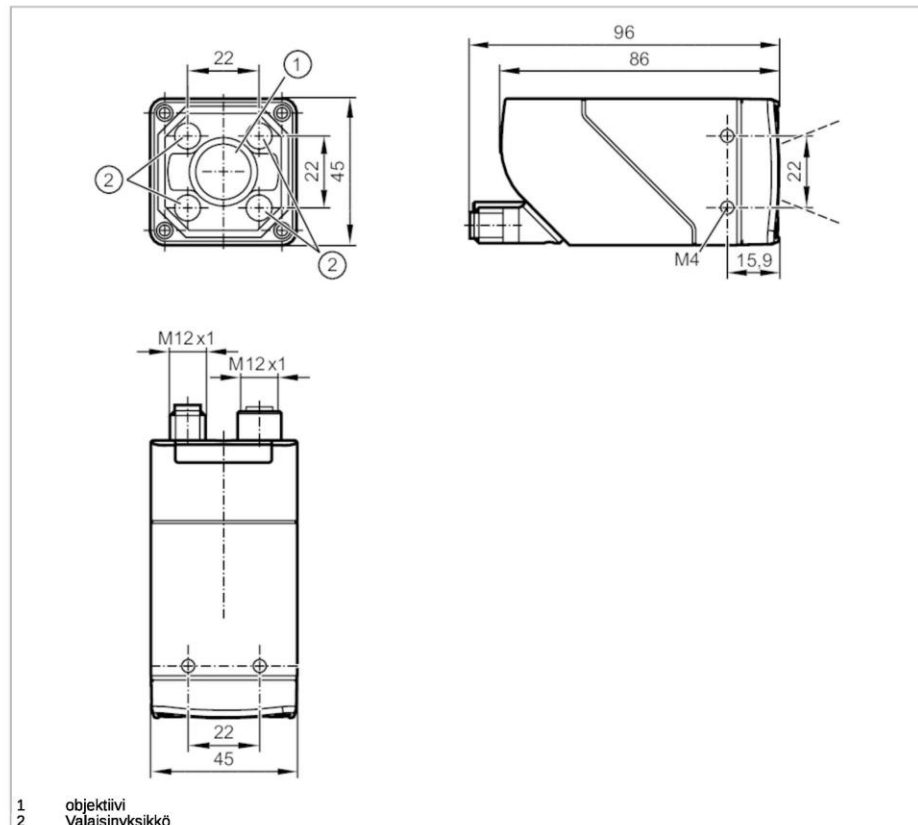
## Liite 1. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti

1(4)

## O2D500

## Hahmontunnistusanturi

O2DCRDKGJE1/E2/EF/GM/TB/S/16



1 objektiivi  
2 Valaisinyksikkö



Tuotteen ominaisuudet	
Valolaji	RGBW
Kuvan resoluutio [px]	1280 x 960
Maks. lukunopeus [Hz]	40
Sovellutus	
Erytyspiirre	polarisaatio-suodatin
Sähköiset tiedot	
Käyttöjännite [V]	18...30 DC
Virrankulutus [mA]	< 300; (24V DC tyypp.)
Maks. virrankulutus [mA]	1100; (18V DC, binaarilähdöllä, muistitikku aktiivinen)
Suojausluokka	III

## Liite 2. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti

2(4)

**O2D500****Hahmontunnistusanturi**

O2DCRDKG/E1/E2/EF/GM/TB/S/1.6

Napaisuussuojaus	kyllä		
Valolaji	RGBW		
Aallonpituus [nm]	625; 525; 453		
Hahmontunnistin	CMOS-kuvakenno, mustavalkoinen		
<b>Tulot / lähdöt</b>			
Tulojen ja lähtöjen lukumäärä	Tulojen lukumäärä, binääri: 3; Binäärilähtöjen lukumäärä: 5		
<b>Tulot</b>			
Triggaus	ulkoinen; 24 V PNP/NPN (IEC 61131-2 Typ 3); TCP/IP; EtherNet/IP; sisäinen		
Tulojen lukumäärä, binääri	3		
Binääritulojen tulopiiri	24 V PNP/NPN; (tyyppi 3 (IEC 61131-2))		
<b>Lähdöt</b>			
Sähköinen rakenne	PNP/NPN; (parametroitavissa)		
Binäärilähtöjen lukumäärä	5; (konfiguroitava)		
Lähtötoiminto	konfiguroitava		
Maks. jännitehäviö, binäärilähtö DC [V]	1		
Kuormitettavuus / lähtö [mA]	100		
Oikosulkusuojaus	kyllä		
Oikosulkusuojaustyyppi	tahdistettu		
Ylikuormitusuojaus	kyllä		
<b>Tunnistusalue</b>			
Kuva-alueen koko [mm]	Toimintaetäisyys	Kuva-alue	
	85	28 x 21	
	300	92 x 69	
	500	152 x 114	
	1000	302 x 227	
	1500	453 x 340	
	2000	603 x 452	
	2500	753 x 564	
Toimintaetäisyys [mm]	> 85		
Kuvan resoluutio [px]	1280 x 960		
Linssityyppi	standardi		
Polarisaatio-suodin saatavana	kyllä		
Maks. lukunopeus [Hz]	40		
<b>Ohjelmisto / ohjelmointi</b>			
Parametroidimahdollisuudet	PC ja ifm Vision Assistant -ohjelmisto		
<b>Liitännät</b>			
Tiedonsiirtoliitäntä	Ethernet		
<b>Ethernet</b>			
Ethernet-liitäntöjen lukumäärä	1		
Tiedonsiirtostandardi	10Base-T; 100Base-TX		
Tiedonsiirtonopeus	10 MBit/s; 100 MBit/s		
Protokolla	TCP/IP; EtherNet/IP		

## Liite 3. IFM O2500 Hahmontunnistusanturi - Datalehti

3(4)

**O2D500****Hahmontunnistusanturi**

O2DCRDKG/E1/E2/EF/GM/TB/S/16



Tehdasasetukset	IP-osoite: 192.168.0.69	
	Aliverkon peite: 255.255.255.0 (Class C)	
	Gateway IP-osoite: 192.168.0.201	
	MAC-osoite: katso tyyppikilpi	
Käyttötyyppi	parametrien asetus ; Tiedonsiirto	
<b>Käyttöolosuhteet</b>		
Ympäristölämpötila	[°C]	-10...50
Varastointilämpötila	[°C]	-40...70
Sallittu suht. ilmankosteus	[%]	90; (ei-kondensoituvia)
Maksimikorkeus merenpinnasta	[m]	4000
Suojausluokka		IP 65
Likaantumistasite		3
<b>Hyväksynnät / testit</b>		
EMC	EN IEC 61000-6-4 häiriösuojitus	teollisuusympäristö
	EN IEC 61000-6-2 häiriönsieto	teollisuusympäristö
Iskunkestävyys	EN 60068-2-27	50 g 11 ms / ei toistuva
	EN 60068-2-27	40 g 6 ms / toistuva
Tärinänkestävyys	EN 60068-2-6	2 g (10 ... 150 Hz)
Fotobiologinen turvallisuus	riskiryhmä 1; (EN 62471)	
Sähköinen turvallisuus	EN IEC 61010-2-201	jännitesyöttö ainoastaan PELV-piirien kautta
MTTF	[vuotta]	57
<b>Mekaaniset tiedot</b>		
Paino	[g]	620,1
Asennustapa		ruuviasennus; (porausreikä M4 x 7mm)
Mitat	[mm]	45 x 45 x 86
Materiaalit		kotelo: sinkkipainevalu pulveripinnoitettu; suojalasi: gorillalasi; LED-ikkuna: PC; painike: POM
Tiivistämateriaali		FKM
Kiristysmomentti	[Nm]	2,1
<b>Näytöt / käyttöelementit</b>		
Näyttö	Toiminta	2 x LED, vihreä
	Toiminta	2 x LED, keltainen
	Monitoimipainike	2 x LED, vihreä/keltainen
Käyttöelementit	1	Monitoimipainike
<b>Tarvikkeet</b>		
Tarvikkeet (lisävaruste)		asennustarvikkeet Suojalasis
<b>Huomautuksia</b>		
Pakkausyksikkö		1 kpl

**O2D500****Hahmontunnistusanturi**

O2DCRDKG/E1/E2/EF/GMTB/S/16

**Sähköinen liitäntä - Ethernet**

Pistokeliitäntä: 1 x M12; koodaus: D; Valettu runko: ruostumaton teräs; tiiviste: FKM



1	TxD+
2	RxD+
3	TxD-
4	RxD-
	vaippa kytketty

**Sähköinen liitäntä - jännitesyöttö**

Pistokeliitäntä: 1 x M12; koodaus: A; Valettu runko: ruostumaton teräs



1	24 V DC
2	triggaustulo
3	GND
4	Binäärilähtö OUT5
5	Binäärilähtö OUT3 Ready
6	Binäärilähtö OUT4
7	Binäärilähtö OUT1 / IN1
8	Binäärilähtö OUT2 / IN2

# SIEMENS

## Data sheet

## 6ES7512-1SK01-0AB0



\*\*\* spare part \*\*\* SIMATIC DP, CPU 1512SP F-1 PN for ET 200SP, central processing unit with work memory 300 KB for program and 1 MB for data, 1st interface: PROFINET IRT with 3-port switch, 48 ns bit performance, SIMATIC Memory Card required, BusAdapter required for port 1 and 2

General information	
Product type designation	CPU 1512SP F-1 PN
HW functional status	FS05
Firmware version	V2.9
Product function	
<ul style="list-style-type: none"> <li>I&amp;M data</li> <li>Module swapping during operation (hot swapping)</li> <li>Isochronous mode</li> </ul>	Yes; I&M0 to I&M3 Yes; Multi-hot swapping Yes; Only with PROFINET; with minimum OB 6x cycle of 625 µs
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> <li>STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version</li> </ul>	V17 (FW V2.9) / V13 SP1 Update 4 (FW V1.8) or higher
Configuration control	
via dataset	Yes
Control elements	
Mode selector switch	1
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Mains buffering	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mains/voltage failure stored energy time</li> </ul>	5 ms
Input current	
Current consumption (rated value)	0.6 A
Current consumption, max.	0.9 A
Inrush current, max.	4.7 A; Rated value
$I^2t$	0.14 A <sup>2</sup> ·s
Power	
Infeed power to the backplane bus	8.75 W
Power loss	
Power loss, typ.	5.6 W
Memory	
Number of slots for SIMATIC memory card	1
SIMATIC memory card required	Yes
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated (for program)</li> <li>integrated (for data)</li> </ul>	300 kbyte 1 Mbyte
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.</li> </ul>	32 Gbyte
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> <li>maintenance-free</li> </ul>	Yes

## Liite 6. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0

2(9)

CPU processing times	
for bit operations, typ.	48 ns
for word operations, typ.	58 ns
for fixed point arithmetic, typ.	77 ns
for floating point arithmetic, typ.	307 ns
CPU-blocks	
Number of elements (total)	4 000; Blocks (OB, FB, FC, DB) and UDTs
<b>DB</b>	
• Number range	1 ... 60 999; subdivided into: number range that can be used by the user: 1 ... 59 999, and number range of DBs created via SFC 88: 60 000 ... 60 999
• Size, max.	1 Mbyte; For DBs with absolute addressing, the max. size is 64 KB
<b>FB</b>	
• Number range	0 ... 65 535
• Size, max.	200 kbyte
<b>FC</b>	
• Number range	0 ... 65 535
• Size, max.	200 kbyte
<b>OB</b>	
• Size, max.	200 kbyte
• Number of free cycle OBs	100
• Number of time alarm OBs	20
• Number of delay alarm OBs	20
• Number of cyclic interrupt OBs	20; With minimum OB 3x cycle of 500 µs
• Number of process alarm OBs	50
• Number of DPV1 alarm OBs	3
• Number of isochronous mode OBs	1
• Number of technology synchronous alarm OBs	2
• Number of startup OBs	100
• Number of asynchronous error OBs	4
• Number of synchronous error OBs	2
• Number of diagnostic alarm OBs	1
<b>Nesting depth</b>	
• per priority class	24; Up to 8 possible for F-blocks
Counters, timers and their retentivity	
<b>S7 counter</b>	
• Number	2 048
Retentivity	
— adjustable	Yes
<b>IEC counter</b>	
• Number	Any (only limited by the main memory)
Retentivity	
— adjustable	Yes
<b>S7 timer</b>	
• Number	2 048
Retentivity	
— adjustable	Yes
<b>IEC timer</b>	
• Number	Any (only limited by the main memory)
Retentivity	
— adjustable	Yes
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	128 kbyte; Available retentive memory for bit memories, timers, counters, DBs, and technology data (axes): 88 KB
<b>Flag</b>	
• Size, max.	16 kbyte
• Number of clock memories	8; 8 clock memory bit, grouped into one clock memory byte
<b>Data blocks</b>	
• Retentivity adjustable	Yes
• Retentivity preset	No
<b>Local data</b>	
• per priority class, max.	64 kbyte; max. 16 KB per block

## Liite 7. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0

3(9)

Address area	
Number of IO modules	2 048; max. number of modules / submodules
I/O address area	
• Inputs	32 kbyte; All inputs are in the process image
• Outputs	32 kbyte; All outputs are in the process image
per integrated IO subsystem	
— Inputs (volume)	8 kbyte
— Outputs (volume)	8 kbyte
per CM/CP	
— Inputs (volume)	8 kbyte
— Outputs (volume)	8 kbyte
Subprocess images	
• Number of subprocess images, max.	32
Address space per module	
• Address space per module, max.	288 byte; For input and output data respectively
Address space per station	
• Address space per station, max.	2 560 byte; for central inputs and outputs; depending on configuration; 2 048 bytes for ET 200SP modules + 512 bytes for ET 200AL modules
Hardware configuration	
Number of distributed IO systems	32; A distributed I/O system is characterized not only by the integration of distributed I/O via PROFINET or PROFIBUS communication modules, but also by the connection of I/O via AS-i master modules or links (e.g. IE/PB-Link)
Number of DP masters	
• Via CM	1
Number of IO Controllers	
• integrated	1
• Via CM	0
Rack	
• Modules per rack, max.	80; CPU + 64 modules + server module (mounting width max. 1 m) + 16 ET 200AL modules
• Quantity of operable ET 200SP modules, max.	64
• Quantity of operable ET 200AL modules, max.	16
• Number of lines, max.	1
PTP CM	
• Number of PTP CMs	the number of connectable PTP CMs is only limited by the number of available slots
Time of day	
Clock	
• Type	Hardware clock
• Backup time	6 wk; At 40 °C ambient temperature, typically
• Deviation per day, max.	10 s; Typ.: 2 s
Operating hours counter	
• Number	16
Clock synchronization	
• supported	Yes
• to DP, master	Yes; Via CM DP module
• on DP, device	Yes; Via CM DP module
• in AS, master	Yes
• in AS, device	Yes
• on Ethernet via NTP	Yes
Interfaces	
Number of PROFINET interfaces	1
Number of PROFIBUS interfaces	1; Via CM DP module
Optical interface	Yes; via BusAdapter
1. Interface	
Interface types	
• RJ 45 (Ethernet)	Yes; X1 P3; opt. X1 P1 and X1 P2 via BusAdapter BA 2x RJ45
• Number of ports	3; 1. integr. + 2. via BusAdapter
• integrated switch	Yes
• BusAdapter (PROFINET)	Yes; compatible BusAdapters: BA 2x RJ45, BA 2x FC, BA 2x M12
Protocols	
• IP protocol	Yes; IPv4

Liite 8. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0

4(9)

• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes
• SIMATIC communication	Yes
• Open IE communication	Yes; Optionally also encrypted
• Web server	Yes
• Media redundancy	Yes; MRP Automanager according to IEC 62439-2 Edition 2.0
<b>PROFINET IO Controller</b>	
<b>Services</b>	
— PG/OP communication	Yes
— Isochronous mode	Yes
— Direct data exchange	Yes; Requirement: IRT and isochronous mode (MRPD optional)
— IRT	Yes
— PROFINergy	Yes; per user program
— Prioritized startup	Yes; Max. 32 PROFINET devices
— Number of connectable IO Devices, max.	128; In total, up to 512 distributed I/O devices can be connected via AS-i, PROFIBUS or PROFINET
— Of which IO devices with IRT, max.	64
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	128
— of which in line, max.	128
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8; in total across all interfaces
— Number of IO Devices per tool, max.	8
— Updating times	The minimum value of the update time also depends on communication share set for PROFINET IO, on the number of IO devices, and on the quantity of configured user data
<b>Update time for IRT</b>	
— for send cycle of 250 µs	250 µs to 4 ms; Note: In the case of IRT with isochronous mode, the minimum update time of 500 µs of the isochronous OB is decisive
— for send cycle of 500 µs	500 µs to 8 ms
— for send cycle of 1 ms	1 ms to 16 ms
— for send cycle of 2 ms	2 ms to 32 ms
— for send cycle of 4 ms	4 ms to 64 ms
— With IRT and parameterization of "odd" send cycles	Update time = set "odd" send clock (any multiple of 125 µs: 375 µs, 625 µs ... 3 875 µs)
<b>Update time for RT</b>	
— for send cycle of 250 µs	250 µs to 128 ms
— for send cycle of 500 µs	500 µs to 256 ms
— for send cycle of 1 ms	1 ms to 512 ms
— for send cycle of 2 ms	2 ms to 512 ms
— for send cycle of 4 ms	4 ms to 512 ms
<b>PROFINET IO Device</b>	
<b>Services</b>	
— PG/OP communication	Yes
— Isochronous mode	No
— IRT	Yes
— PROFINergy	Yes; per user program
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	4
— activation/deactivation of I-devices	Yes; per user program
— Asset management record	Yes; per user program
<b>2. Interface</b>	
<b>Interface types</b>	
• RS 485	Yes; Via CM DP module
• Number of ports	1
<b>Protocols</b>	
• PROFIBUS DP master	Yes
• PROFIBUS DP device	Yes
• SIMATIC communication	Yes
<b>PROFIBUS DP master</b>	
• Number of connections, max.	48; Of which 4 each reserved for ES and HMI
• max. number of DP devices	125; In total, up to 512 distributed I/O devices can be connected via AS-i, PROFIBUS or PROFINET
<b>Services</b>	

## Liite 9. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0

5(9)

— PG/OP communication	Yes
— Equidistance	No
— Isochronous mode	No
— activation/deactivation of DP devices	Yes
<b>Interface types</b>	
<b>RJ 45 (Ethernet)</b>	
• 100 Mbps	Yes
• Autonegotiation	Yes
• Autocrossing	Yes
• Industrial Ethernet status LED	Yes
<b>RS 485</b>	
• Transmission rate, max.	12 Mbit/s
<b>Protocols</b>	
PROFisafe	Yes; V2.4 / V2.6
<b>Number of connections</b>	
• Number of connections, max.	128; via integrated interfaces of the CPU and connected CPs / CMs
• Number of connections reserved for ES/HMI/web	10
• Number of connections via integrated interfaces	88
• Number of connections per CP/CM	32
• Number of S7 routing paths	16
<b>Redundancy mode</b>	
• H-Sync forwarding	Yes
<b>Media redundancy</b>	
— Media redundancy	Yes; only via BusAdapter
— MRP	Yes; MRP Automanager according to IEC 62439-2 Edition 2.0, MRP Manager, MRP Client
— MRP interconnection, supported	Yes; as MRP ring node according to IEC 62439-2 Edition 3.0
— MRPD	Yes; Requirement: IRT
— Switchover time on line break, typ.	200 ms; For MRP, bumpless for MRPD
— Number of stations in the ring, max.	50
<b>SIMATIC communication</b>	
• PG/OP communication	Yes; encryption with TLS V1.3 pre-selected
• S7 routing	Yes
• Data record routing	Yes
• S7 communication, as server	Yes
• S7 communication, as client	Yes
• User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
<b>Open IE communication</b>	
• TCP/IP	Yes
— Data length, max.	64 kbyte
— several passive connections per port, supported	Yes
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	64 kbyte
• UDP	Yes
— Data length, max.	2 kbyte; 1 472 bytes for UDP broadcast
— UDP multicast	Yes; Max. 5 multicast circuits
• DHCP	Yes
• DNS	Yes
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
• Encryption	Yes; Optional
<b>Web server</b>	
• HTTP	Yes; Standard and user pages
• HTTPS	Yes; Standard and user pages
<b>OPC UA</b>	
• Runtime license required	Yes
• OPC UA Client	Yes
— Application authentication	Yes
— Security policies	Available security policies: None, Basic128Rsa15, Basic256Rsa15, Basic256Sha256

## Liite 10. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0












6(9)

— User authentication	"anonymous" or by user name & password
— Number of connections, max.	4
— Number of nodes of the client interfaces, recommended max.	1 000
— Number of elements for one call of OPC-UA_NodeGetHandleList/OPC-UA_ReadList/OPC-UA_WriteList, max.	300
— Number of elements for one call of OPC-UA_NameSpaceGetIndexList, max.	20
— Number of elements for one call of OPC-UA_MethodGetHandleList, max.	100
— Number of simultaneous calls of the client instructions for session management, per connection, max.	1
— Number of simultaneous calls of the client instructions for data access, per connection, max.	5
— Number of registerable nodes, max.	5 000
— Number of registerable method calls of OPC-UA_MethodCall, max.	100
— Number of inputs/outputs when calling OPC-UA_MethodCall, max.	20
• OPC UA Server	Yes; Data access (read, write, subscribe), method call, custom address space
— Application authentication	Yes
— Security policies	Available security policies: None, Basic128Rsa15, Basic256Rsa15, Basic256Sha256
— User authentication	"anonymous" or by user name & password
— Number of sessions, max.	32
— Number of accessible variables, max.	50 000
— Number of registerable nodes, max.	10 000
— Number of subscriptions per session, max.	20
— Sampling interval, min.	100 ms
— Publishing interval, min.	500 ms
— Number of server methods, max.	20
— Number of inputs/outputs per server method, max.	20
— Number of monitored items, recommended max.	1 000; for 1 s sampling interval and 1 s send interval
— Number of server interfaces, max.	10 of each "Server interfaces" / "Companion specification" type and 20 of the type "Reference namespace"
— Number of nodes for user-defined server interfaces, max.	1 000
<b>Further protocols</b>	
• MODBUS	Yes; MODBUS TCP
<b>S7 message functions</b>	
Number of login stations for message functions, max.	32
Program alarms	Yes
Number of configurable program messages, max.	5 000; Program messages are generated by the "Program_Alarm" block, ProDiag or GRAPH
Number of loadable program messages in RUN, max.	2 500
Number of simultaneously active program alarms	
• Number of program alarms	600
• Number of alarms for system diagnostics	100
• Number of alarms for motion technology objects	80
<b>Test commissioning functions</b>	
Joint commission (Team Engineering)	Yes; Parallel online access possible for up to 5 engineering systems
Status block	Yes; Up to 8 simultaneously (in total across all ES clients)
Single step	No
Number of breakpoints	8
<b>Status/control</b>	
• Status/control variable	Yes; without fail-safe
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
• Number of variables, max.	
— of which status variables, max.	200; per job
— of which control variables, max.	200; per job
<b>Forcing</b>	
• Forcing	Yes; without fail-safe
• Forcing, variables	Peripheral inputs/outputs

## Liite 11. Siemens Data sheet 6ES7512-1SK01-0AB0

7(9)

• Number of variables, max.	200
<b>Diagnostic buffer</b>	
• present	Yes
• Number of entries, max.	1 000
— of which powerfail-proof	500
<b>Traces</b>	
• Number of configurable Traces	4; Up to 512 KB of data per trace are possible
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostics indication LED</b>	
• RUN/STOP LED	Yes
• ERROR LED	Yes
• MAINT LED	Yes
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes
• Connection display LINK TX/RX	Yes
<b>Supported technology objects</b>	
Motion Control	Yes; Note: The number of technology objects affects the cycle time of the PLC program; selection guide via the TIA Selection Tool
• Number of available Motion Control resources for technology objects	800
• Required Motion Control resources	
— per speed-controlled axis	40
— per positioning axis	80
— per synchronous axis	160
— per external encoder	80
— per output cam	20
— per cam track	160
— per probe	40
• Positioning axis	
— Number of positioning axes at motion control cycle of 4 ms (typical value)	5
— Number of positioning axes at motion control cycle of 8 ms (typical value)	10
Controller	
• PID_Compact	Yes; Universal PID controller with integrated optimization
• PID_3Step	Yes; PID controller with integrated optimization for valves
• PID-Temp	Yes; PID controller with integrated optimization for temperature
Counting and measuring	
• High-speed counter	Yes
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
<b>Highest safety class achievable in safety mode</b>	
• Performance level according to ISO 13849-1	PLe
• SIL acc. to IEC 61508	SIL 3
<b>Probability of failure (for service life of 20 years and repair time of 100 hours)</b>	
— Low demand mode: PFDavg in accordance with SIL3	< 2.00E-05
— High demand/continuous mode: PFH in accordance with SIL3	< 1.00E-09
<b>Ambient conditions</b>	
<b>Ambient temperature during operation</b>	
• horizontal installation, min.	-25 °C; No condensation
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-25 °C; No condensation
• vertical installation, max.	50 °C
<b>Altitude during operation relating to sea level</b>	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
<b>configuration / header</b>	
<b>configuration / programming / header</b>	
<b>Programming language</b>	
— LAD	Yes; incl. failsafe
— FBD	Yes; incl. failsafe
— STL	Yes
— SCL	Yes

— GRAPH	Yes	
<b>Know-how protection</b>		
• User program protection/password protection	Yes	
• Copy protection	Yes	
• Block protection	Yes	
<b>Access protection</b>		
• protection of confidential configuration data	Yes	
• Protection level: Write protection	Yes	
• Protection level: Read/write protection	Yes	
• Protection level: Write protection for Failsafe	Yes	
• Protection level: Complete protection	Yes	
<b>programming / cycle time monitoring / header</b>		
• lower limit	adjustable minimum cycle time	
• upper limit	adjustable maximum cycle time	
<b>Dimensions</b>		
Width	100 mm	
Height	117 mm	
Depth	75 mm	
<b>Weights</b>		
Weight, approx.	310 g	
<b>Classifications</b>		
	Version	Classification
eClass	14	27-24-26-07
eClass	12	27-24-26-07
eClass	9.1	27-24-26-07
eClass	9	27-24-26-07
eClass	8	27-24-26-07
eClass	7.1	27-24-26-07
eClass	6	27-24-26-07
ETIM	9	EC001603
ETIM	8	EC001603
ETIM	7	EC001603
IDEA	4	3665
UNSPSC	15	32-16-17-05
<b>Approvals / Certificates</b>		
General Product Approval		
<a href="#">Manufacturer Declaration</a>		
<a href="#">Miscellaneous</a>		<a href="#">Miscellaneous</a>
General Product Approval	For use in hazardous locations	
		
	<a href="#">CCC-Ex</a>	<a href="#">FM</a>
		
For use in hazardous locations	Functional Safety	Marine / Shipping
<a href="#">Miscellaneous</a>		
	<a href="#">Type Examination Certificate</a>	
		

Marine / Shipping

	<a href="#">NK / Nippon Kaiji Kyokai</a>			<a href="#">CCS (China Classification Society)</a>	
---	--	---	---	--	---

other Industrial Communication

	<a href="#">PROFINET</a>		<a href="#">PROFINET</a>
---	--------------------------	---	--------------------------

last modified: 12/8/2024 