Tampereen ammattikorkeakoulu

Konenäön liittäminen tukinkäsittelyjärjestelmään

Janne Leppinen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2022

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

LEPPINEN, JANNE:
Konenäön liittäminen tukinkäsittelyjärjestelmään

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2022

Tukinkäsittely on tärkeä osa puunjalostusteollisuutta. Tukkien siirtelyt, kääntelyt ja muut liikutustavat täytyy tehdä mahdollisimman tarkasti ja tehokkaasti, jotta puunjalostusteollisuuden prosessit toimivat täydellä kapasiteetillaan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tukinkäsittelylinjastossa aiheutuvia tuotannolle haitallisia tilanteita ja selvittää, kuinka niitä pystyisi vähentämään konenäköjärjestelmän avulla. Ajatuksena on liittää konenäköjärjestelmä osaksi linjastoa kommunikoimaan linjastoa ohjaavan ohjelmoitavan logiikan kanssa. Tukinkäsittelylinjastoissa linjastojen kasvanut nopeus vaikuttaa linjastojen tuottavuuteen, koska suurilla nopeuksilla pienikin ajoitusvirhe tukin käsittelyssä voi aiheuttaa virhetilanteen tuotannossa. Konenäköjärjestelmän liittäminen tukinkäsittelyjärjestelmään helpottaisi myös linjastoa ohjaavan ja valvovan operaattorin toimintaa. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Nordautomation Oy.

Työssä käytiin läpi konenäköjärjestelmän suunnitteluun ja sen laitteistoon liittyviä asioita ensin teoriapainotteisesti. Tämän jälkeen esiteltiin tukinkäsittelylinjastoa ja sen laitteita, joihin konenäköjärjestelmän sijoittaminen olisi kannattavaa. Tuotannon kannalta eniten virhetilanteita syntyi revolverikääntäjässä, johon konenäköjärjestelmää lähdettiin ensin toteuttamaan. Työn loppupuolella esitetään käytännön esimerkein, kuinka konenäköjärjestelmä suunniteltiin rakennettavaksi revolverikääntäjään ja mitä kaikkea sen suunnittelussa täytyi ottaa huomioon.

Suunnittelu konenäköjärjestelmälle toteutettiin yhteistyössä Cinia-nimisen yrityksen kanssa, ja järjestelmän toiminta tullaan testaamaan Rauman sahalla sahaansyöttölinjastossa sijaitsevassa revolverikääntäjässä. Tavoitteena on, että tulevaisuuden laitoksissa järjestelmää voitaisiin hyödyntää samalla periaatteella muihinkin revolverikääntäjiin sekä mahdollisesti laajentaa valvontaa muihin linjaston laitteisiin.

Asiasanat: konenäkö, tukinkäsittely, tukinkäsittelyjärjestelmä, ohjelmoitava logiikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

LEPPINEN, JANNE:
Connecting a Machine Vision System to a Log Handling Process

Bachelor's thesis 55 pages
April 2022

Log handling is an important part of the wood processing industry. Every move and turn that is done to the log must be as effective and precise as possible. Without that, wood processing industry will not work at full capacity.

The purpose of this thesis was to study situations that were detrimental to the log handling systems and how it would be possible to reduce those situations with the use of a machine vision system. The machine vision system would be a part of the whole process and it would communicate with a programmable logic controller, which controls the whole system. Connecting machine vision system to the log handling process also helps the operator, who is supervising and controlling the whole process. The thesis was commissioned by Nordautomation Oy.

The theoretical parts of the thesis focused more generally on how machine vision system works, what components the system includes and how it would be smart to start designing the system. After that, the thesis introduced log handling system, how it works and what devices in the system would need additional supervision with the help of a machine vision system. The main result was that log turner was the most critical device in the system. The thesis considered factors that affected the planning and future installation of the machine vision system in the log turner.

The planning of the machine vision system was carried out in collaboration with a company called Cinia. The system will be tested in the new sawmill built in Rauma. The final goal is that the machine vision system would work as planned and it could be installed with the same principle to future log handling systems and possibly extend to other devices of the log handling system.

Key words: machine vision, log handling, log handling system, programmable logic controller

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 NORDAUTOMATION OY 7
3 TEORIA 9
3.1 Konenäkö 9
3.2 Konenäköjärjestelmän suunnittelu 10
3.3 Laitteisto 12
3.3.1 CCD ja CMOS kennot 13
3.3.2 Kameratyypit 15
3.3.3 Optiikka 17
3.4 Värit 21
3.4.1 RBG-malli 21
3.4.2 CMYK-malli 23
3.5 Valaistus 24
3.5.1 Valonlähteet 24
3.5.2 Valaistustekniikat 25
3.6 Ohjelmoitava logiikka (PLC) 28
4 TUKINKÄSITTELYLINJASTON ONGELMAKOHDAT 31
4.1 Konenäön käyttökohteet 33
4.1.1 Revolverikäännin 33
4.1.2 Porrasannostin ja kaksoisannostelu 37
4.2 Konenäkösovelluksen suunnittelu 39
5 TOTEUTUS 41
5.1 Katselmuskäynti sahalaitoksella 41
5.2 Kameroiden ja valaistuksen sijoittelu 43
5.3 Opetusdatan kerääminen 46
5.4 Sähköistys ja tiedonsiirto 47
5.5 Laitteisto 48
6 POHDINTA 51
6.1 Työn sisältöön vaikuttavat asiat 51
6.2 Jatkosuunnitelmat 52
6.3 Tulevaisuuden käyttökohteet 53
LÄHTEET 54

LYHENTEET JA TERMIT

CCD	Charged-Couple device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CPU	Ohjelmoitavan logiikan prosessori, joka suorittaa tietokoneohjelman käskyjä
laaduttaa	Operaattori päättää tukin laadun
lähtö	Ohjelmoitavan logiikan ulostulo, jonka avulla se lähettää tarvittavia tietoja kentälle oleviin laitteisiin
polttoväli	Kuvaa kameran objektiivin linssin ja polttopisteen välistä etäisyyttä
ratanopeus	Tukinkäsittelylinjaston kaikkien laitteiden pyörimisnopeus eli koko linjaston nopeus
tulo	Ohjelmoitavan logiikan sisääntulo, jonka avulla se vastaanottaa sille tulevaa tietoa

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on konenäön liittäminen tukinkäsittelyjärjestelmään. Konenäkö on kasvava tekniikan muoto, jota hyödynnetään teollisuudessa yhä enemmän ja enemmän. Siksi on tärkeää, että sitä saadaan hyödynnettyä myös tukinkäsittelyssä.

Tämä opinnäytetyö tehdään Nordautomation Oy nimiselle yritykselle. Yrityksen valmistamissa tukinkäsittelylinjastoissa suurin ongelma tällä hetkellä aiheutuu linjaston suuresta nopeudesta. Viime vuosien aikana nopeus on kasvanut yli 50 metriä minuutissa ja uusimmat linjastot pyörivät jo yli 200 metriä minuutissa. Tukkien siirtojen, potkaisujen ja kääntämisen täytyy olla entistä tarkempaa, koska pienetkin ajoitusvirheet saattavat suurilla nopeuksilla pysäyttää koko linjaston. Kasvaneet nopeudet vaikeuttavat myös linjastoa ohjaavan operaattorin toimintaa. Jos operaattorin keskittyminen vähänkin herpaantuu, saattaa linjastossa syntyä muutamassa sekunnissa tuotannolle haitallinen tilanne, jonka selvittämiseen kuluu aikaa.

Työn tarkoituksena on analysoida linjastolle kriittisimpiä kohtia, joissa tuotannolle haitallisia tilanteita syntyy ja kuinka niitä olisi mahdollista vähentää hyödyntämällä konenäköä. Ongelmatilanteet on kuvattu linjastoissa kriittisimpien laitteiden kohdalla, joissa tuotannolle haitallisia tilanteita tapahtuu eniten. Ongelmatilanteet on kuvattu laitteista, jotka sijaitsevat Metsä Fibren Rauman sahalla, mutta ne koskevat myös muita laitoksia, jos niiden linjastoissa kyseisiä laitteita on. Teoria-osuudessa on keskitytty konenäön teoriaan laitteistojen osalta ja mitä kaikkea pitää ottaa huomioon konenäkösovellusta suunniteltaessa.

Työn loppupuolella on vielä esitelty ideoita ja ajatuksia, kuinka konenäköjärjestelmä otettaisiin käyttöön tukinkäsittelylinjastossa. Siellä käydään läpi järjestelmän suunnittelua kameroiden ja valaistuksen sijoituksista ja kuinka sähköistys ja tiedonsiirto konenäköjärjestelmän ja linjastoa ohjaavan logiikan välillä suoritetaan. Tämä vaihe on tehty yhteistyössä Cinia-nimisen yrityksen kanssa, joka suorittaa uutta aluevaltausta puunjalostusteollisuudessa ja yhteistyössä heidän kanssaan luodaan yhä tehokkaampi ja parempi kokonaisuus tukinkäsittelyyn.

2 NORDAUTOMATION OY

Nordautomation Oy on yritys, joka on erikoistunut puunjalostusteollisuuden projektiluontoisiin toimituksiin ja se on tällä hetkellä markkinoiden johtava tukinkäsittelytekniikan valmistaja. Yritys on valmistanut lukuisia tukkilajittelu- ja sahaansyöttölinjastoja Suomessa ja Ruotsissa. (Nordautomation Oy, 2022).

Yritys on perustettu vuonna 1991 Pauli Ojalan toimesta. Yrityksen hallinto, projektinjohto, suunnittelu, tuotekehitys, markkinointi ja myynti toimivat Pohjanmaalla Kristiinankaupungissa ja tuotantotilat Alajärvellä Etelä-Pohjanmaalla. Nykyisin yritys on osa ruotsalaista Addtech-konsernia. (Nordautomation Oy,2022).

Yrityksen päätuotteita ovat erilaiset kuljetinjärjestelmät tukinkäsittelylinjastossa. Päätuotteet ovat asiakkaan toiveiden mukaiset linjastot tukinlajitteluun ja sahaansyöttöön. Tukkilajittelussa laadukas tukkien lajittelu parantaa tehokkuutta, linjaston nopeuden voi pitää korkeana turvallisuudesta tinkimättä. Yritys toimittaa kaikki ratkaisut prosessiin: tukkipöydät, lajittelulokerot, kuljettimet, nostimet, kääntimet ja näihin liittyvät sähkö- ja automaatioratkaisut. Yritys on toimittanut Keitele Groupille maailman pisimmän lajitteluradan (KUVA 1), joka on 500 metriä pitkä sisältäen 126 lokeroa. (Nordautomation Oy, 2022).

KUVA 1. Keitele Groupin Keiteleen tukkilajittelija (Kuvaaja: Holvikallio. M. 2019)

KUVA 2. Sahaansyöttölinjasto (Nordautomation Oy, 2022)

Sahaansyöttölinjastossa (KUVA 2) on tärkeää, että tukki kulkeutuu kuorimakoneelle ”pää päässä” ja sahaukseen halutulla tukkivälillä häiriöttömästi parhaimman tuottavuuden takaamiseksi. Sahaansyötössä on myös lukusia erilaisia kuljetinjärjestelmiä, jotka yritys toimittaa sähkö- ja automaatioratkaisut mukaan lukien. (Nordautomation Oy, 2022).

Yritys huolehtii myös puunjalostusteollisuudessa syntyvien sivutuotteiden käsittelystä. Sahalinjojen alle voidaan asentaa kuljettimia, jotka keräävät tukin kuorimisesta ja sahauksesta syntyvät sivutuotteet ja siirtävät ne asiakkaan toiveiden mukaisesti esimerkiksi varastoon ja kuivaukseen, jotta ne voidaan uudelleen käyttää järkevästi. (Nordautomation Oy, 2022).

Tällä hetkellä Nordautomation on mukana Metsä Fibren Raumalle rakennettavaan maailman moderneimpaan sahaan toimittaen sinne tukkilajittelijan sekä sahan syöttö- ja kuorenkäsittelylaitteet. Yrityksen ollessa osana näin suuressa projektissa kertoo myös sen ammattitaitoisesta ja rautaisesta osaamisesta alalla, joissa huippuluokan suorituskyky yhdistyy toimintavarmuuteen ja kestävyyteen. (Nordautomation Oy, 2022).

3 TEORIA

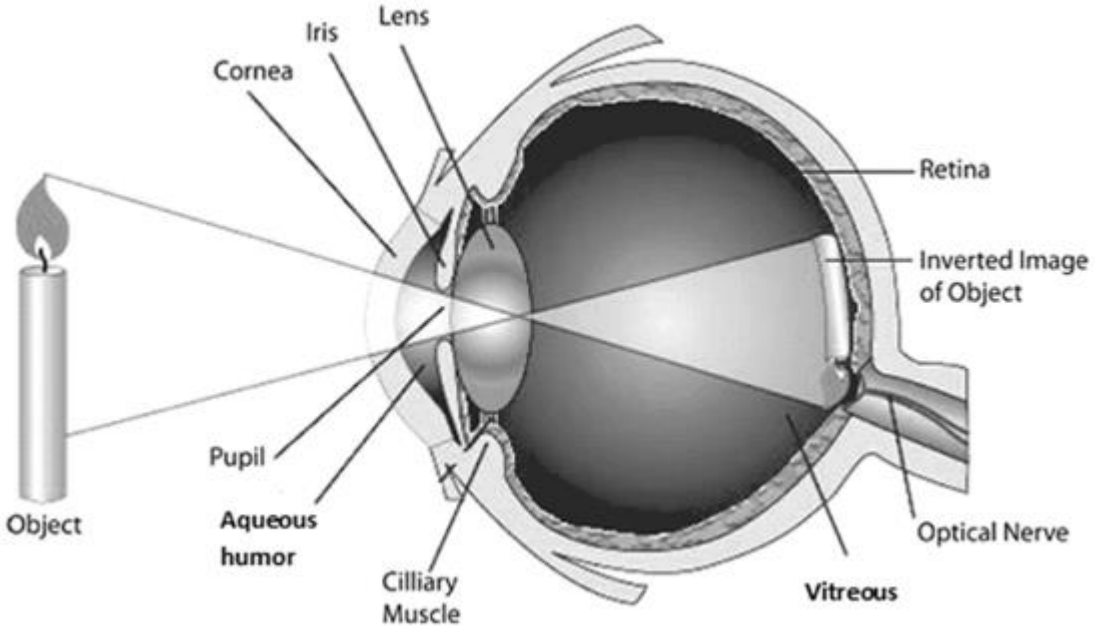
Tässä kappaleessa käydään läpi teoria-asioita liittyen konenäön suunnitteluun sekä laitteistoon, mitä siinä käytetään. Lisäksi käydään läpi ohjelmoitavan logiikan toimintaa liittyen tukkilinjastojen toimintaan.

3.1 Konenäkö

”If the eye can do it, so can the machine.” (Davies, 2012,12)

Konenäkö on yksi merkittävä modernin teollisuuden mullistanut teknologian osa-alue ja sitä hyödynnetään todella monella alalla. Konenäkö on osa koneoppimista ja se voidaan jakaa kahteen luokkaan: tietokonenäköön (computer vision) ja konenäköön (machine vision). Tietokonenäkö keskittyy enemmän teoreettiseen ohjelmointimenetelmien tutkimiseen ja mahdolliseen suunnitteluun. Konenäön tavoitteena on syventyä enemmän käytäntöön ja rakennella käytännön laitteita tehtaiden tuotantolinjoille käyttämällä kameroita, tietokoneita ja tietokonenäön tutkimustuloksia. Nykyisin tekniikka on jo niin kehittynyttä, että molemmilla termeillä tarkoitetaan usein sekä tietokonenäön että konenäön yhteistä laajaa kokonaisuutta. (Davies, 2012, 13).

Konenäköä kutsutaan koneelliseksi aistiksi, joka pyrkii matkimaan ihmisen näköaistia hyödyntämällä laitetta, joka havaitsee asiat silmän lailla ja analysoi ne aivojen lailla. Jotta konenäköä voidaan hyödyntää, täytyy ensin ymmärtää, kuinka ihmisen näköaisti toimii. Ihmisen silmä sisältää yhden linssin, jonka avulla silmän näkemät kuvat fokusoidaan valoherkälle kalvolle, jota kutsutaan verkkokalvoksi. Verkkokalvolta tieto siirretään aivoihin verkkokalvon pinnalla olevien valoreseptorien välityksellä näköhermon avulla. Kun tieto on käsitelty, niin aivot ilmoittavat käsitellyn tiedon lopputuloksen. Silmällä, aivan kuten kamerallakin on sitä suojaavat osat, jotka estävät lian, pölyn ja muiden toimintaa häiritsevien asioiden pääsyn herkkiin alueisiin niin silmässä kuin sitä matkivassa laitteessa. Silmän osat on käyty läpi kuvassa kolme. (Anand & Priya 2020, 2–3)

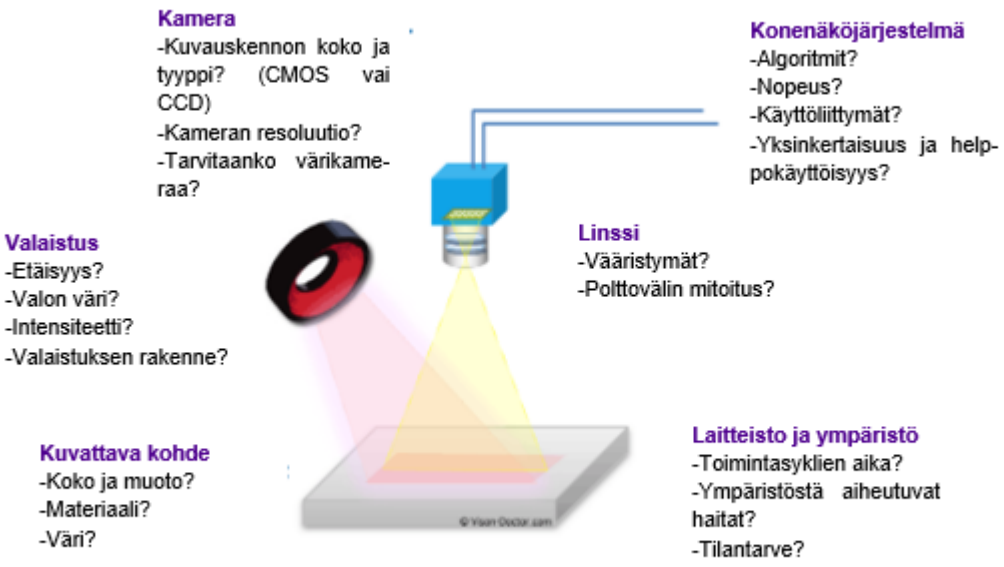


KUVA 3. Kuvan muodostuminen verkkokalvolle (Anand & Priya 2020, 2–3)

Konenäköä hyödynnetään todella paljon käytännössä automaation rinnalla siitä saadun suuren hyödyn takia. Sitä hyödynnetään laajasti terveysalalla, laadunvalvonnassa, elintarviketeollisuudessa, sotilaallisissa sovelluksissa ja monessa muussa paikassa. (Anand & Priya 2020, 15). Keskeisiä sovelluksia on muun muassa laadunvarmistus, erilaisten muotojen ja asioiden tunnistus, erilaiset mittaukset ja ohjaussovellukset. Konenäkö lähti nousuun kunnolla 1900-luvun loppupuoliskolla ja sen nousua on auttanut kamerateknikoiden ja tietokoneiden huomattava kehitys sekä tiedonsiirron parantuminen laitteiden ja järjestelmien välillä. (Leskelä. 2018. 10–11).

3.2 Konenäköjärjestelmän suunnittelu

Konenäköjärjestelmää suunniteltaessa on paljon eri asioita, jotka täytyy huomioida järjestelmän onnistumisen kannalta. Lähtökohtaisesti toiminta kannattaa aloittaa järjestelmää koskevasta ympäristöstä ja kohteesta, johon järjestelmä halutaan asentaa. Tärkeää on saada myös yksityiskohtaista tietoa kohteesta, koska tarkkojen tietojen avulla saadaan konenäköjärjestelmästä toimiva ja luotettava sekä taloudellisesti kannattava. Kuvassa neljä on tiivistetysti huomioitavia asioita, jotka liittyvät konenäköjärjestelmän suunnitteluun. (Vision Doctor n.d)



KUVA 4. Konenäköjärjestelmää suunniteltaessa huomioitavat asiat (Vision Doctor n.d.)

Vision Doctorin nettisivuilla on hyvin määritelty tarkempia kysymyksiä konenäkösovelluksen suunnitteluun liittyen kuvattavaan kohteeseen ja kohteen ympäristöön:

Kysymyksiä kuvattavaan kohteeseen liittyen:

- Kuinka suuri kuvattava kohde on?
- Tarvitaanko värikameraa?
- Kuinka tarkkoja mahdolliset mittaustulokset pitää olla?
- Kuinka suuret kuvattavan kohteen tunnistettavat osat ovat?
- Etäisyys kuvattavan kohteen ja kameran välillä?
- Vaikuttaako kohteen tarkasteluun muut järjestelmän osat?
- Kuvattavan kohteen muodot ja sen valmistusmateriaali?
- Onko kohteessa värejä?
- Minkälaisia piirteitä kuvattavassa kohteessa halutaan kuvata ja onko niillä kontrastivaikutuksia muuhun taustaan liittyen?

Kysymyksiä liittyen prosessiin ja sen ympäristöön:

- Kuinka monta kohdetta pitää tarkastaa sekunnin aikana?
- Kuinka nopea prosessi on?
- Kuinka suuret toleranssit mittauksissa saa olla?
- Kuinka paljon tilaa konenäköjärjestelmällä on?
- Käyttöympäristön häiriötekijät? (Pöly, lika, tärinä, yms.)
- Tiedonsiirtotavan valinta ja etäisyys kuva-analyysilaitteeseen kamerasta?
- Täytyykö kuvattava tieto saada tallennettua?
- Tarvitaanko konenäköjärjestelmästä erillistä käyttöliittymää työntekijöitä varten?

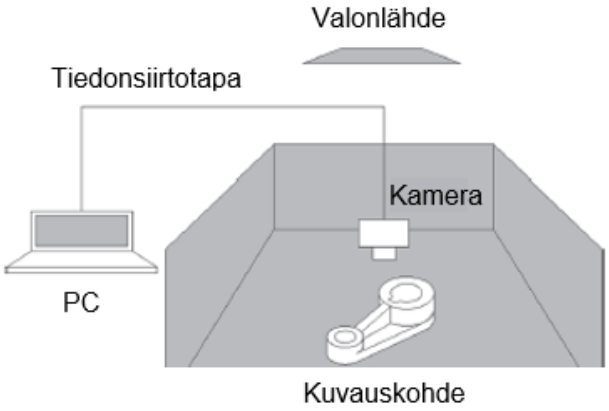
Kysymyksiä järjestelmän kustannuksiin ja käyttöön liittyen?

- Budjetin suuruus?
- Kuka liittää konenäköjärjestelmän toimivaan järjestelmään?
- Järjestelmän yksinkertaisuus jokapäiväisessä käytössä?
- Järjestelmän huoltaminen ja ylläpitäminen sekä päivittäminen?

Kaikkien näiden kysymysten huolellinen läpikäynti helpottaa huomattavasti konenäkösovelluksen rakentamista ja suunnittelemista. Konenäköjärjestelmää ei voi ikinä käsitellä itsenäisenä järjestelmänä, vaan sen rakentamisessa täytyy kiinnittää huomiota myös taustalla olevien olosuhteisiin ja niiden vaikutuksiin. (Vision Doctor n.d.)

3.3 Laitteisto

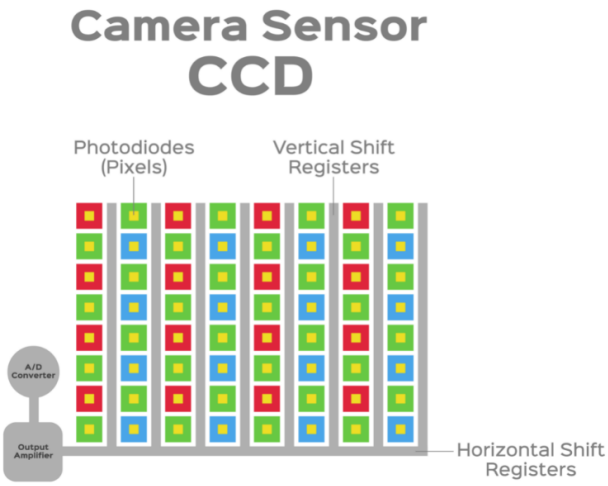
Tyypillinen konenäköjärjestelmä koostuu ainakin seuraavista komponenteista: Kamera, valonlähde, kuvankäsittelylaite ja kameran ja kuvankäsittelylaitteen välisestä tiedonsiirtotavasta sekä alueesta tai objektista (KUVA 5). Yleensä se liittyy myös isompaan kokonaisuuteen, kuten tuotantolinjan ohjaukseen antamalla linjaston pääohjausyksikölle tarvittavia tietoja esimerkiksi linjastolla liikkuvien tuotteiden laadusta. Tämä vaatii tehokkaan prosessointinopeuden konenäköjärjestelmässä ja nopean tiedonsiirron kaikkien järjestelmän osapuolten välillä. (Davies 2012, 45).



KUVA 5. Konenäköjärjestelmä (Davies, 2012, 46)

3.3.1 CCD ja CMOS kennot

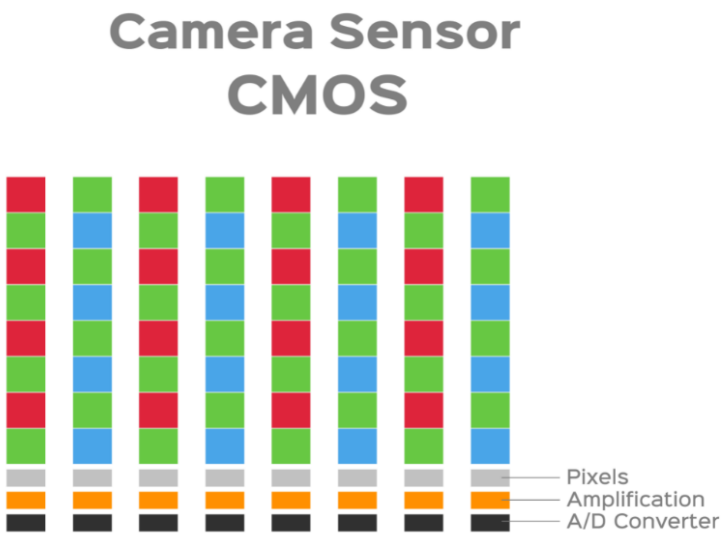
Kameroissa on sisällä laite, jonka avulla kameran näkemästä kohteesta voidaan muodostaa kuva. Tätä laitetta kutsutaan kuvantunnistimeksi eli kuvaussensoriksi. Digitaalisissa kameroissa sensori on yleensä kennotyypiltään joko Charged-Couple Device (CCD) tai Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS). (Anand & Priya 2020, 47). Kennojen rakenne (KUVA 6 ja 7) koostuu lukuisista pikseleistä, jotka sijaitsevat kennostolla vaaka- ja pystyrivillä muodostaen suorakulmanmuotoisen kennon. Kennojen toiminta perustuu siihen, että sen pinnalla olevat valoherkät alueet eli pikselit mittaavat valon määrää ja se tallennetaan varaukseksi. (Williams M. 2021)



KUVA 6. CCD-kennon rakenne. (Williams. M. 2021)

CCD-kennossa kennoston pikselit luetaan siten, että pikseleiden varaustieto siirretään sarakkeittain pikseli kerrallaan ensin muuntimelle, jossa varaus muutetaan jännitteeksi. Sen jälkeen muutettu jännite vahvistetaan ja lopuksi se siirtyy A/D-muuntimelle, jossa signaali muutetaan digitaaliseen muotoon. Koska CCD-kennossa ei ole kennossa itsessään A/D-muunninta, niin se vaatii erillisen muuntimen, jolloin kennojärjestelmän koko ja virrankulutus kasvaa. (Image Sensors Explained, YouTube 2017).

CMOS-kennon toiminta eroaa CCD:n toiminnasta siten, että CMOS-kennossa pikseleiden varaustieto muutetaankin jännitteeksi jo pikselissä. CMOS-kennon rakenteen ansiosta, jokaisella pikselisarakkeella on oma A/D-muunnin. Tämä nopeuttaa kennon toimintaa ja pitää sen koon kompaktina ja virrankulutuksen pienenä. CMOS-kennoa on kuitenkin pidetty huonompana kuin CCD-kennoa, koska valmis kuva oli sumeampi ja pikselit eivät reagoi valoon yhtä hyvin vaikkakin niiden hinta ja virrankulutus on pienempi. Kuitenkin nykyteknologian avulla CMOS-kennot pystyvät kilpailemaan CCD-kennojen kanssa ja niiden yleisyys kameroissa kasvaa koko ajan. (Leskelä 2018, 11–12).

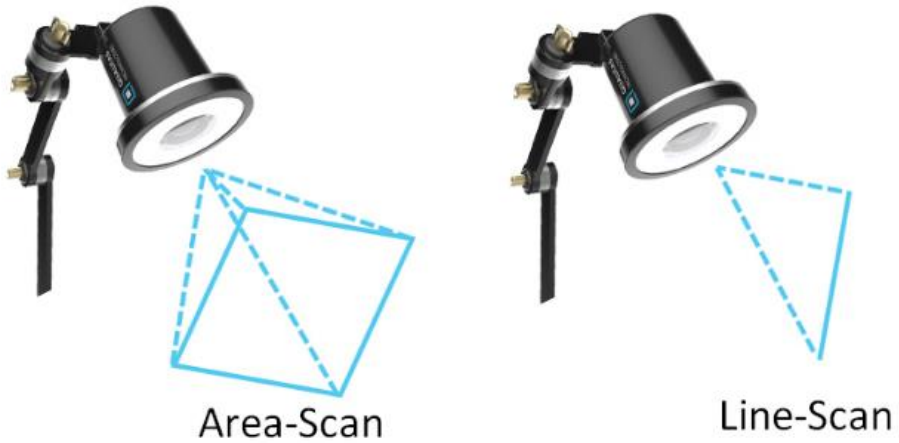


KUVA 7. CMOS-kennon rakenne. (Williams. M. 2021)

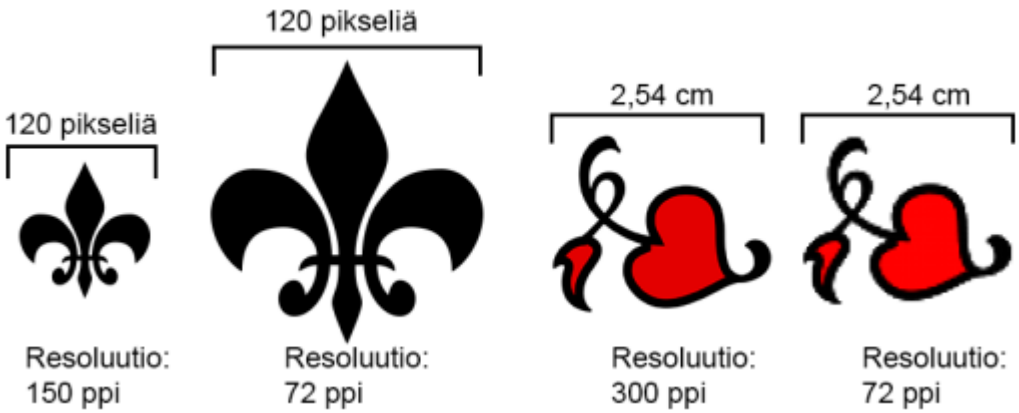
3.3.2 Kameratyypit

Yleensä konenäköjärjestelmät käyttävät digitaalisia 2D-kameroita, mutta myös analogiset kamerat ovat mahdollisia. Järjestelmissä käytettäviä kameroita on paljon ja moni konenäkösovellus voi hyödyntää montaa kameraa samanaikaisesti yhden sijasta. Kamerat ovat yleisesti kuitenkin tarkkuudeltaan vain muutamia megapikseleitä, jotta niiden ottamia kuvia pystytään analysoimaan tehokkaasti. Pääasiassa kameratyyppejä on kahdenlaisia: Viivakamera (line scan camera) ja matriisikamera (area scan camera). (KUVA 8) (Anand & Priya 2020, 47–49).

Pääasiallinen ero viivakamerassa ja matriisikamerassa on se, millä tavalla ne tallentavat näkemänsä asiat. Viivakamera tallentaa näkemänsä asiat pikselirivi kerralla yhdistäen rivit kokonaiseksi kuvaksi. Viivakameran kuvauskenno on muodoltaan pitkä ja kapea, jolloin kuvan tallentaminen pikselirivi kerrallaan on mahdollista. Viivakameran kuvausleveys vaihtelee aina 512 pikselistä yli 10000 pikseliin. Matriisikamerassa taas kamera kuvaa yhden neliön mallisen kuvan kerralla, joka on tietyn kokoinen. Matriisikamerassa kuvan koko riippuu pikseleiden määrästä kameran kuvauskennossa. (Qualitas Technologies. 2021; Cognex. n.d. ; Anand & Priya 2020, 54).



KUVA 8. Kameroiden kuvantallentamistapa. (Qualitas Technologies. 2021)



KUVA 9. Resoluution vaikutukset kuvan kokoon ja tarkkuuteen. (Vento S. 2019).

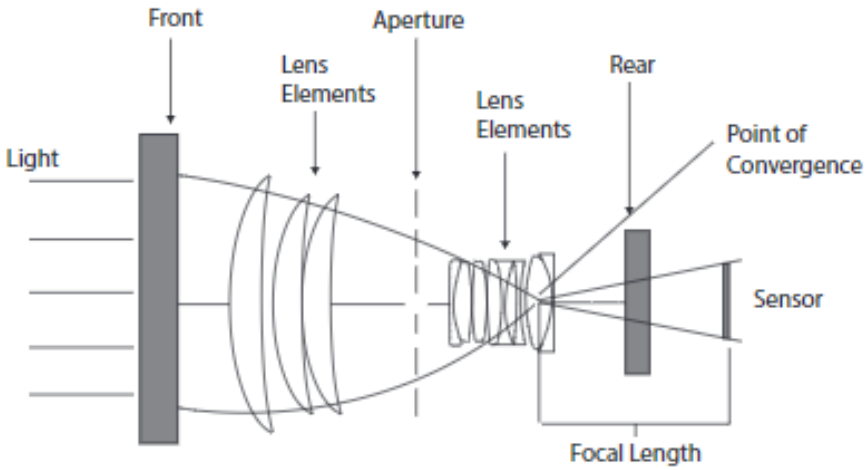
Kuvan koosta puhuttaessa, puhutaan yleensä myös resoluutiosta. Resoluutio ei kuitenkaan tarkoita suoraan kuvan kokoa, vaan se tarkoittaa kuvassa olevien pikseleiden tiheyttä eli niiden määrää tietyllä matkalla. Resoluutio ilmoitetaan usein ppi (*pixels per inch)* -arvon avulla, jolla tarkoitetaan pikseleiden määrää yhden tuuman (2,54 cm) pituisella matkalla. Eli ppi lukeman ollessa 150, niin se tarkoittaa sitä, että yhden tuuman mittaisella matkalla on 150 pikseliä käytössä. Resoluution muuttaminen ei kuitenkaan vaikuta kuvan kokonaispikselimäärään vaan suurentaa tai pienentää kuvan todellista kokoa tai vastaavasti parantaa tai heikentää kuvan tarkkuutta. (KUVA 9) (Kuvakenno n.d.)

Tietojenkäsittelytieteen tohtorin Sheila Anandin ja tohtorintutkinnon suorittaneen professori L.Priyan (2020, 52) mukaan mainittujen kameroiden lisäksi konenäössä voidaan käyttää myös älykameraa (Smart Camera). Älykamera eroaa muista kameroista siten, että älykamera osaa sekä tallentaa että analysoida kuvia samalla laitteella. Muilla kameroilla tallennettu kuva täytyy lähettää erilliselle laitteelle analysoitavaksi, mutta älykamera osaa tehdä sen itsenäisesti ja siitä voidaan lähettää suoraan valmiiksi analysoitu tieto eteenpäin halutulla tavalla.

Älykameroihin on valmiiksi asennettu haluttuun tarkoitukseen räätälöity sovellus, joka osaa toimia itsenäisesti ilman ylimääräisiä välineitä. Esimerkiksi rekisterikilpien tunnistus voidaan suorittaa älykameran avulla. Kameraan asennetaan valmis sovellus, joka osaa kuvasta tunnistaa rekisterikilven ja lähettää sen eteenpäin. Älykamerat yleistyvät konenäkösovelluksissa, koska niissä käytettyjä valmiita sovelluksia valmistetaan yhä enemmän ja enemmän erilaisiin käytännön käyttökohteisiin. (Anand & Priya 2020, 53).

3.3.3 Optiikka

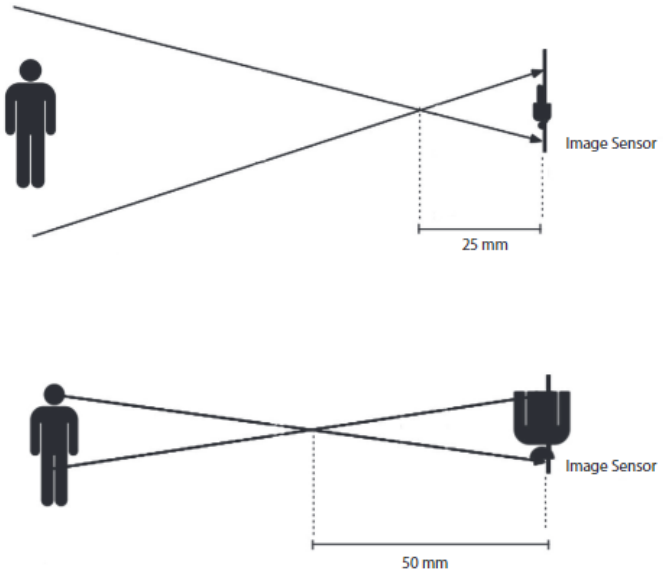
Kamerassa on myös linssi, aivan kuten ihmissilmässä. Linssin tehtävä on taittaa siihen tuleva kohteesta heijastuva valo kameran kennolle, joka muodostaa asiasta kuvan. Kameroihin on olemassa lukuisia määriä erilaisia linssirakenteita eli objektiiveja, mitkä vaikuttavat siihen, minkälaisia kuvia kamera pystyy ottamaan. Kuvassa 10 on havainnollistettu, kuinka valo taittuu kameran kennolle objektiivin läpi. Objektiivi koostuu linssielementeistä (lens elements), jotka taittavat valoa halutulla tavalla ja aukosta (aperture), jonka avulla säädetään valon määrää, joka pääsee kameran sensorille. Kuvassa näkyy myös objektiivin etu- ja takaosa (front ja rear), piste, johon linssin taittama valo keskittyy (point of convergence) ja objektiivin polttoväli (focal length). (Anand & Priya 2020, 53, 56).



KUVA 10. Valon taittuminen kameran sensorille (Anand & Priya 2020, 56)

Anandin ja Priyan (2020, 55) mukaan objektiivia valittaessa, täytyy ennalta miettiä, mihin tarkoitukseen kamera on menossa. Ainakin seuraavia asioita on hyvä miettiä ennen objektiivin valintaa:

- Kameran resoluutio
- Kuvattavan alueen valoisuus
- Kameran ja kuvattavan asian etäisyys.



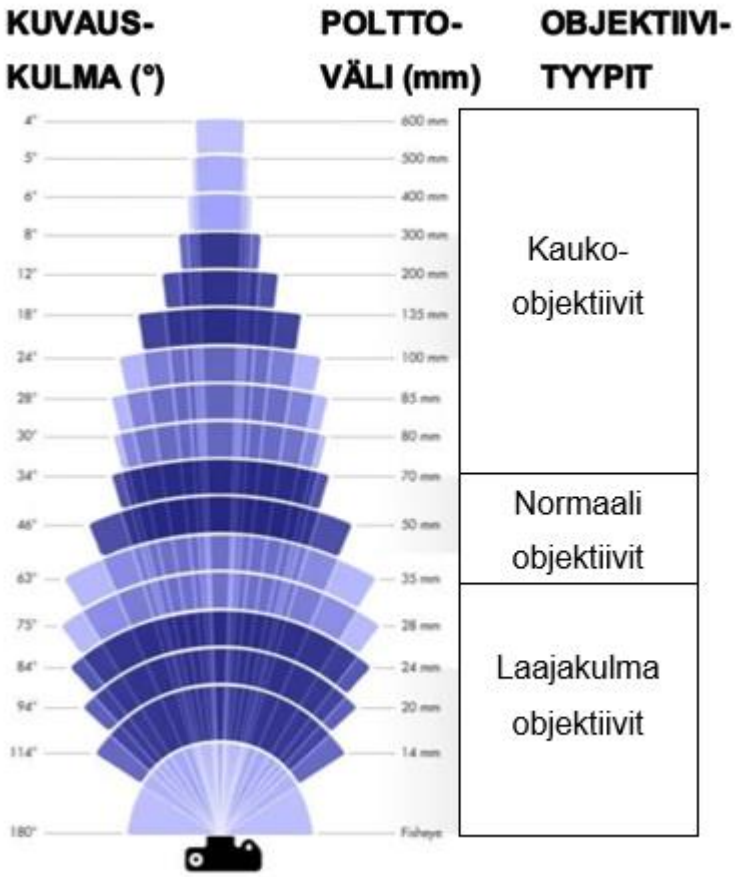
KUVA 11. Polttovälin merkitys kuvan kokoon (Anand & Priya 2020, 57)

Objektiiveja on olemassa monenlaisia ja niitä käytetään eri tarkoituksiin. Yleisin konenäössä käytetty objektiivi on vakio-objektiivit. Näissä objektiiveissa on kiinteä polttoväli ja suuri aukko. Polttovälillä tarkoitetaan etäisyyttä linssin ja polttopisteen välistä etäisyyttä. Polttovälillä säädetään kameran tallentaman kuvan kokoa. (Kuva 11.) Mitä pidempi polttoväli on, sitä kapeamman kuvan kamera tallentaa ja suurentaa kuvaa. Polttoväliä kannattaa säätää silloin, kun kameran resoluutio on pieni. Sen avulla saadaan matalaresoluutiollisella kameralla tarkka kuva halutusta kohteesta, koska polttovälin kasvattamisella saadaan rajattua kuvattavan alueen kokoa ja suurennettua sitä, ilman, että tarkkuus kärsii. (Anand & Priya 2020, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 62).

Linssin aukolla (Eng. aperture) tarkoitetaan objektiivin sisällä olevaa säädettävää aukkoa, jolla määritetään, paljonko valoa pääsee objektiivin läpi kameran sensoriin. Mitä suurempi aukko, niin sitä enemmän valoa pääsee kuvauskennoon. Suurta aukkoa suositaan eniten pimeissä olosuhteissa, joissa valon määrä on rajallinen. Aukon koko ilmoitetaan usein f-luvun avulla. F-luvulla ilmoitetaan objektiivin suurin aukon arvo, joka objektiivilla on mahdollista saavuttaa. Se saadaan objektiivin polttovälin ja aukon halkaisijan välisen suhteen avulla. F-luvun kanssa täytyy olla tarkkana, koska suuri f-luku tarkoittaa pientä aukkoa ja pieni f-luku suurta aukkoa. (Saari. 2012).

Objektiivin aukko kulkee käsikädessä valotusajan kanssa. Valotusajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin kameran kuvassensori vastaanottaa valoa. Esimerkiksi valotusajan kasvattamisella saadaan pieniaukkoinen objekti toimimaan paremmin, koska valotusaikaa kasvattamalla, kameran kuvassensori on kauemmin altistuneena valolle, jolloin kameran muodostuma kuva on parempi. Valotusajan kanssa pitää olla tarkkana, koska pitkällä valotusajalla kuvat tärähtävät helpommin ja ne saattavat ylivalottua. Vakio-objektiivien avulla muodostettu kuva on eniten verrattavissa ihmissilmällä muodostettuun kuvaan, koska ne muistuttavat eniten toisiaan. (Anand & Priya 2020, 59, 62).

Muita objektiivimalleja on muun muassa kauko-objektiivit, laajakulmaobjektiivit ja telesentriset objektiivit. (KUVA 12) Kauko-objektiiveissa tärkein ominaisuus on säädettävä polttoväli. Niitä käytetään silloin, kun vakio-objektiivien polttoväli ei ole riittävä tai vaadittavaa polttoväliä ei vielä tiedetä. Nämä objektiivit ovat yleensä kooltaan suuria ja hinnaltaan kalliita, joten näitä ei suosita konenäössä läheskään yhtä paljon. Väärin käytettynä niistä saattaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä, koska ne saattavat aiheuttaa vääristymiä. Laajakulmaobjektiiveja käytetään silloin, kun kuvattava alue on suuri. Niissä on yleensä lyhyt polttoväli, jolloin kuvattava alue on suurempi kuin muissa objektiiveissa. Tämä kuitenkin saattaa aiheuttaa vääristymiä kuvattavan alueen reunoihin, joten sitä on osattava käyttää. Telesentristä objektiivia käytetään silloin, kun tarvitaan hyvää mittaustarkkuutta. Hyvä mittaustarkkuus johtuu siitä, että telesentrisellä objektiivilla kuvattava alue pysyy mittasuhteiltaan samana, riippumatta siitä, kuinka kaukana kuvattava kohde on. Näin ollen kuvasta voidaan mitata tarkkoja mittoja, koska kuva näyttää samankokoiselta, kuin se oikeasti myös on. (Anand & Priya 2020, 63; Opto Engineering n.d.).



KUVA 12. Objektiivityypit suhteessa polttoväliin ja kuvauskulmaan. (muokattu)

Objektiivit kiinnitetään kameroihin omilla kiinnikkeillä. Objektiivien kiinnikkeitä on olemassa neljää eri päätyyppiä: C-kiinnike (Eng. C-Mount), CS-kiinnike (Eng. CS-Mount), S-kiinnike (Eng. S-Mount) ja F-kiinnike (Eng. F-Mount). (Kuva 13.) Kiinnikkeet määrittävät pienimmän polttovälin, eli etäisyyden objektiivin ja kameran kuvauskennon välillä. Kameratyypistä riippuen pitää myös tarkistaa kiinnityksen sopivuus kameraan, koska kiinnikkeet ovat mallista riippuvia eivätkä ole universaaleja. (Anand & Priya 2020, 66)

KUVA 13. Erilaisia kiinnikkeitä. (Anand & Priya 2020, 65)

3.4 Värit

Suurin osa vanhoista konenäköjärjestelmistä kuvaa edelleen mustavalkoisia kuvia. Nykyään monessa konenäköjärjestelmässä on vaatimuksena värilliset kuvat ja nykytekniikan avulla värikuvista saa suuremman hyödyn kuin mustavalkokuvista. (Jai 2022)

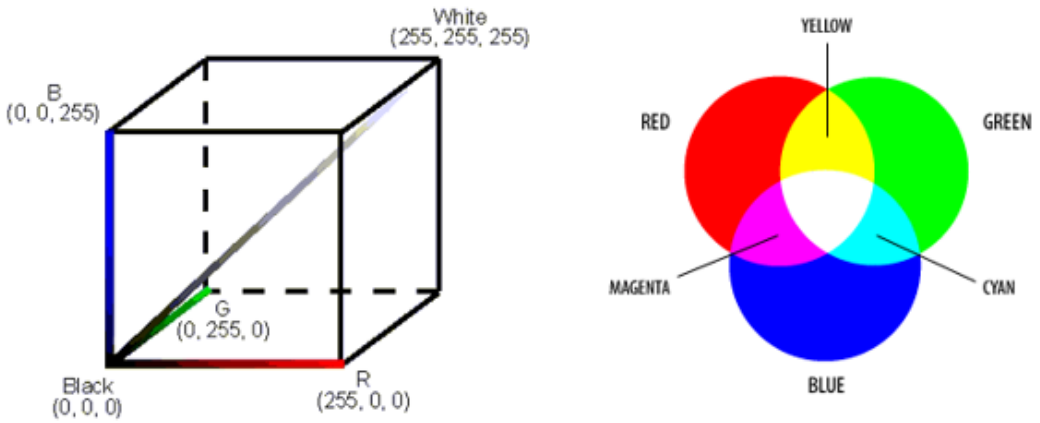
Värien syntyminen liittyy ihmisen kykyyn havainnoida näkyvän valon spektrin. Aallonpituuksia 380–780 nanometriä kutsutaan näkyvän valon aallonpituudeksi. Näkyvässä valossa on seitsemän perusväriä, joita kutsutaan sateenkaaren väreiksi. (KUVA 14) (PCC Group 2019)

Colour	Wavelenght [nm]
Red	~ 635-770
Orange	~ 590-635
Yellow	~ 565-590
Green	~ 520-565
Cyan	~ 500-520
Blue	~ 450-500
Purple	~ 380-450

KUVA 14. Näkyvän valon aallonpituudet. (PCC Group 2019)

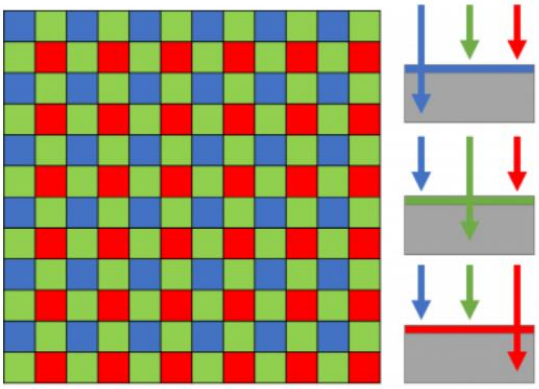
3.4.1 RBG-malli

Tietokoneiden maailmassa värimaailma luodaan erilaisilla matemaattisilla malleilla, joista yleisimpiä ovat RGB-malli. (KUVA 15) RGB-mallin värimaailma luodaan kolmen päävärin avulla, jotka ovat punainen, sininen ja vihreä. Tietokoneissa RGB-mallia käytettäessä käytetään 24-bitin bittisyvyyttä ja päävärejä ollessa kolme, niin jokaiselle värille on käytössä kahdeksan bittiä. Näin ollen mallin jokainen pääväri sisältää 256 erilaista värisävyn vaihtoehtoa, luoden yhteensä 16 777 216 erilaista värivaihtoehtoa, mitä RGB-mallilla voidaan luoda. Värit ilmoitetaan mallissa koordinaatistolukemana. Mitä pienempi jokaisen päävärin lukema on, sitä pienempi niiden tuottama intensiteetti on. Kaikkien päävärien intensiteetin ollessa suurin mahdollinen, syntyy valkoinen väri ja kaikkien intensiteetin ollessa pienin mahdollinen, syntyy musta väri. Nämä voidaan ilmaista myös mallin mukaisena koordinaatistolukemana [255,255,255] (valkoinen) ja [0,0,0] (musta). (Education-Wiki 2022).



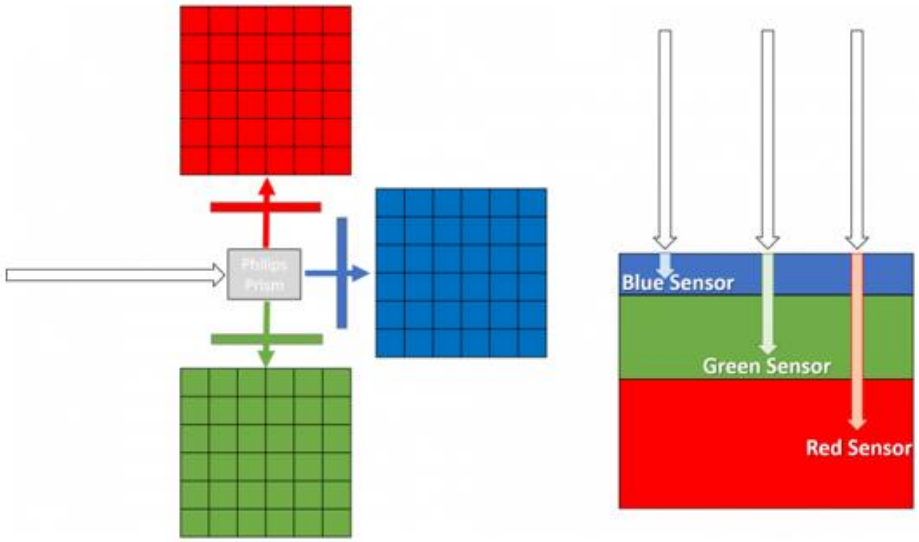
KUVA 15. RGB-mallin esitystapoja (Karstens. F. 2022 & Education-Wiki. 2022)

Kameroissa hyödynnetään myös RGB-mallia. Tätä mallia käytettäessä, kameraan tuleva valkoinen näkyvä valo on erotettava sen komponenttiväreihinsä, joista jokaista mitataan itsenäisesti. Yleisin tapa on käyttää suodatinta, jonka elementit rekisteröivät vain yhtä väriä. Bayer-suodatin on yksi vaihtoehto. (KUVA 16) Bayer suodatin on jaettu siten, että 50 % sen pinnan elementeistä havaitsee vihreää valoa, 25 % punaista valoa ja 25 % sinistä valoa. Tämä johtuu siitä, että ihmisen silmä on herkempi vihreälle valolle, joten kuvasta saadaan tarkempi ja hienompi, jos vihreää valoa suositaan enemmän. (Teledyne Photometrics 2022)



KUVA 16. Bayer-suodattimen rakenne (Teledyne Photometrics 2022). Jokaisella pikselillä on oman värinen suodatin, joka havaitsee vain sen väristä valoa.

Toinen vaihtoehto on käyttää kameraa, jossa on jokaiselle päävärille oma kenno. Kameraan tuleva valo jaetaan kolmeksi eri säteeksi, joista jokainen kenno tunnistaa tietyn värisen säteen. Tällä tavalla saadaan mahdollisimman väritarkkoja kuvia, mutta kustannukset kolminkertaistuvat, koska kennojen määrä kamerassa kolminkertaistuvat. (KUVA 17.) (Teledyne Photometrics 2022)



KUVA 17. Värien havainnointi kolmella kennolla (Teledyne Photometrics 2022)

3.4.2 CMYK-malli

Toinen yleinen värimalli, jota käytetään, on CMYK-malli. (KUVA 18) CMYK-malli muodostaa värit päinvastaisesti RGB-malliin verrattuna. RGB-malli on additiivinen eli väriä pyritään lisäämään mustan päälle, kun taas CMYK-mallissa väriä pyritään lisäämään valkoisen värin päälle niin, että valkoinen väri heikkenee. Jos CMYK-mallissa kaikkia kolmea pääväriä on käytössä 100 prosenttia, syntyvä väri on silloin musta. CMYK-mallin päävärit ovat syaani (Eng. cyan), magenta ja keltainen (Eng. yellow), joista rakentuu mallin kolme ensimmäistä kirjainta. Viimeinen kirjain K kuvaa värien sekoitusta eli mustaa väriä. CMYK-mallia käytetään värikuvien tulostamisessa ja painatuksissa. (Boingo Graphics. 2019)

KUVA 18. CMYK-värimalli (Singh. T. 2021)

RGB-mallin mukaan muodostettuja värikuvia ei suoraan voi tulostaa CMYK-mallilla, vaan RGB-malli täytyy ensin muuttaa CMYK-malliin käyttämällä kuvankäsittelyohjelmaa. Tämä johtuu siitä, että CMYK-mallin värimaailma on suppeampi kuin RGB-mallin värimaailma. (Boingo Graphics 2019)

3.5 Valaistus

Yksi tärkeä elementti konenäössä onnistuneen kuvan saamiseksi on valaistus. Ilman kunnollista valaistusta, kameran ottamat kuvat jäävät epäselviksi, jolloin niitä ei voida hyödyntää. Anand ja Priya (2020) kertovat kirjassaan, että sopiva valaistus riippuu kuvattavan kohteen koosta, muodosta, väristä ja materiaalista. Valaistuksessa itsessään on kaksi vaikuttavaa asiaa: Valonlähde ja valaistustekniikka. Kohteen valaisu pitää suorittaa niin, että kuvattava kohde on aina mahdollisimman hyvin valaistu. Pulssimaisella valaistuksella saadaan pidennettyä valonlähteen elinikää, mutta se täytyy osata ajoittaa oikein, jotta kuvanotto onnistuu. Pulssimainen valaistus sopii myös nopeiden kohteiden kuvaamiseen, koska sen avulla saadaan kohteen liike pysäytettyä, jolloin kuvasta saadaan tarkka. (Anand & Priya 2020, 68).

3.5.1 Valonlähteet

Yleisin valonlähde konenäössä on LED-valot. Ledejä on hyödynnetty konenäössä jo pitkään niiden monien hyvien ominaisuuksien takia. Ne ovat pitkäikäisiä niiden vähäisen virrantarpeen ansiosta. Niiden määrää pystyy muokkaamaan niin, että valaistuksesta saadaan sopiva kohteesta riippuen ja pienen koon ansiosta niitä voidaan sijoittaa ahtaisiinkin paikkoihin. Niitä on saatavana myös eri väreinä mahdollistaen niiden käytön myös väritarkoissa sovelluksissa. LED-valot toimivat parhaiten, kun niitä käytetään halutun kohteen suoraan valaisuun. (Anand & Priya 2020, 68)

Loistelamput ovat myös yleisesti käytettyjä valonlähteitä konenäkösovelluksissa. Ne sopivat erityisesti isojen alueiden valaisemiseen kerralla, koska niiden putkimaisen rakenteen takia valoa on vaikea kohdistaa tiettyyn paikkaan. Niistä syn-

tyvä valo on pääasiassa UV-valoa, joka muutetaan näkyvään ja värilliseen muotoon putken sisäpuolella olevan fluoresoivan aineen avulla. Loistevalojen elinkaari on pitkä, mutta valon intensiteetti heikkenee, ellei valossa olevia loisteputkia vaihdella säännöllisin väliajoin. Konenäkösovelluksissa loistelamppuja käytettäessä on erittäin suositeltavaa varustaa lamput magneettisella kuristimella, joka rajoittaa virran määrää ja näin ollen vähentää välkkymistä huomattavasti. (Vision-Doctor n.d.)

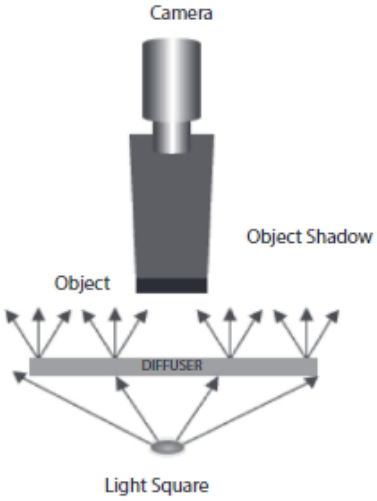
Halogeenivalo sopii hyvin kohteisiin, joissa valaistuksen pitää olla kirkas. Se sopii myös isojen alueiden valaisuun, kuten loistevalot, mutta halogeenivalon etuna on sen riippumattomuus valonlähteen tiettyyn muotoiluun. Halogeenivalot tuottavat paljon lämpöä, mikä johtaa suureen tehonkulutukseen. Halogeenivalot ovat myös herkkiä ulkoisille häiriöille, kuten esimerkiksi tärinälle. Halogeenivalot eivät sovellu myöskään kohteisiin, jotka vaativat väritarkkuutta, koska niillä ei voi luoda värillistä valoa. (Vision-Doctor n.d.).

Muita valonlähteitä, joita konenäössä on käytetty ovat muun muassa laser-valot. Laservalo sopii erinomaisesti tarkkuutta vaativiin valaistuskohteisiin. Laservalo on todella korkeaintensiteettistä. Valonlähteeksi laservalo on kallis ratkaisu sekä sen kanssa pitää olla varovainen, koska väärin käytettynä se on terveydelle haitallista. (Vision-Doctor n.d.)

3.5.2 Valaistustekniikat

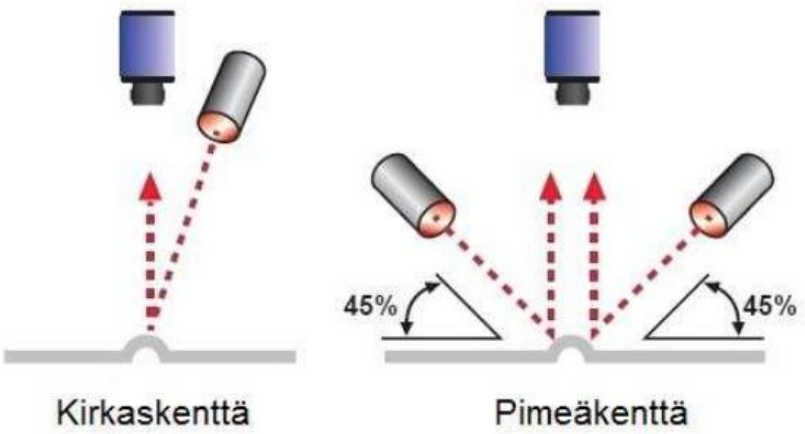
Konenäössä on monia erilaisia tapoja valaista kuvattava kohde. Valaistustekniikasta riippuu, kuinka kohde valaistaan, ja kuinka valon lähteestä lähtevä valo heijastuu eri pinnoilta vaikuttaen kameran ottamaan kuvaan.

Kohde voidaan valaista siten, että valonlähde on joko kuvattavan kappaleen yläpuolella, alapuolella tai sivulla. Taustavalaisu (KUVA 19) on tekniikka, jossa valonlähde on kuvattavan kappaleen alapuolella ja kamera kohteen yläpuolella. Taustavalaisussa saadaan kuvattavasta kohteesta muodostettua siluetti, josta pystytään tarkastelemaan kohteen muotoja ja suorittamaan mittauksia. Taustavalaisussa vaatimuksena on, että valonlähde on kuvattavaa kohdetta isompi, jotta siluetin muodostus onnistuu. (Anand & Priya 2020, 69)



KUVA 19. Taustavalaistuksen rakenne. (Anand & Priya, 70)

Kuten mainittu, valonlähde voi olla myös kuvattavan kohteen etupuolella. Tällöin valo voidaan kohdistaa kohteeseen joko suoraan tai heijastaa se jonkin toisen kappaleen kautta. Kirkaskenttävalaistuksessa (Eng. Bright field lighting) ja pimeäkenttävalaistuksessa (Eng. Dark field lighting) valonlähde kohdistetaan suoraan kuvattavaan kappaleeseen. Ero näiden välillä on kulma, jossa valo kohdistetaan kohteeseen. (KUVA 20) Kirkaskenttävalaistuksessa valo kohdistetaan 45–90 asteen kulmassa, kun taas pimeäkenttävalaistuksessa valo kohdistetaan alle 45 asteen kulmassa kohteeseen. (Advanced Illumination. 2019).

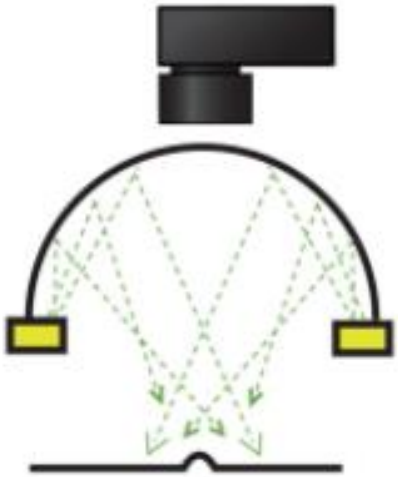


KUVA 20. Kirkaskenttä- ja pimeäkenttävalaistuksen rakenne (Suutari 2014, 14)

Kirkaskenttävalaistuksen esimerkkejä ovat esimerkiksi rengasvalot ja kohdevalot eli spottivalot, jotka kohdistetaan suoraan kuvattavaan kappaleeseen. Kirkaskenttävalaistus on yleisin tapa valaista kohteita konenäössä, mutta se sopii paremmin kohteille, jotka eivät heijasta valoa. Pimeäkenttävalaistus sopii kohteisiin, jossa valaistuksen avulla korostuu kohteen pinnalla olevat pienet yksityiskohdat, kuten halkeamat tai muut virheet. (Advanced Illumination 2019; Suutari 2014, 13).

Valonlähde voi myös heijastua jonkun muun kappaleen kautta kuvattavaan kohteeseen. Yleisin tällainen esimerkki on valaistustekniikka, joka hyödyntää kupolimaista heijastuspintaa.

Kupolimaisessa valaistuksessa (KUVA 21) valonlähteet heijastavat valon kohteeseen kupolin kautta. Kupolin avulla valo saadaan tasaisesti kohteeseen eri kuvakulmista, mikä vähentää varjojen muodostumista. Tämä sopii myös kohteille, joiden pintamateriaali heijastaa helposti valoa, koska tasaisesti kohteeseen tuleva valo estää valon heijastumisen takaisin. (Advanced Illumination 2019)



KUVA 21. Kupolivalaistuksen rakenne (Advanced Illumination 2019)

3.6 Ohjelmoitava logiikka (PLC)

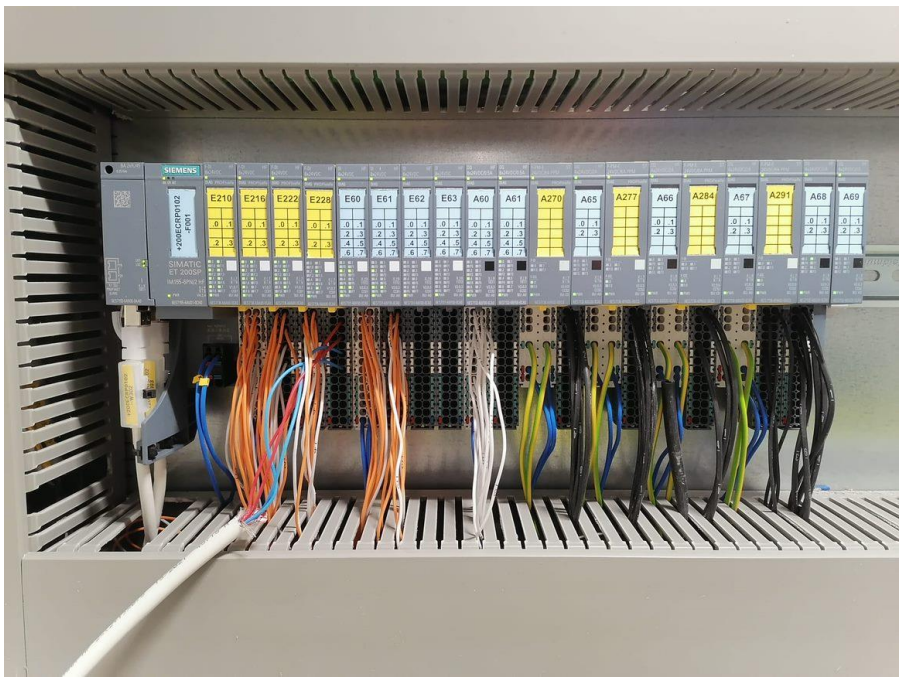
Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Eng. Programmable Logic Controller) on teollisuudessa releohjauksien tilalle kehitetty tietokone. Ohjelmoitavan logiikan avulla on pyritty vähentämään ihmisen tarvetta ohjaamaan erilaisia prosesseja. Ohjelmoitava logiikka pystyy vastaanottamaan tietoa siinä olevien tulojen avulla ja lähettämään esimerkiksi prosessia ohjaavia käskyjä lähtöjen avulla. Ohjelmoitava logiikka sisältää CPU:n. CPU:lla tarkoitetaan logiikan tehoyksikköä, johon ohjelmoidaan haluttu määrä ohjelmaa, jonka avulla logiikka pystyy ohjaamaan tarvittavaa prosessia. Ohjelmoitavan logiikan etuja muihin ohjausjärjestelmiin verrattuna on esimerkiksi:

- Yksinkertainen ohjelmointikieli
- Monipuoliset käyttökohteet
- Edullinen ja energiatehokas ratkaisu
- Laadukas vikadiagnostiikka
- Varmatoimisia, koska ne on rakennettu liikkumattomilla osilla (Polycase 2021)

Tukinkäsittelylinjastoja ohjataan Siemensin ohjelmoitavalla logiikalla. Nykyisin käytetään CPU:ta, jotka ovat S7-1500 sarjaa (KUVA 22). Ohjelmoitavan logiikan avulla ohjataan käytännössä kaikki: Laitosten turvallistaminen yhdessä kentällä toimivien antureiden ja kytkinten avulla, linjaston laitteiden ohjaaminen kentällä olevien antureiden ja taajuusmuuttajaohjattujen moottorilähtöjen avulla, käyttöliittymästä valitut ohjaustoimenpiteet linjaston toimintaan liittyen ja tiedonsiirto muiden laitetoimittajien välillä. Logiikka ohjelmoidaan Siemensin Tia Portal-ohjelmistolla ja käyttöliittymä rakennetaan WinCC-ohjelmiston avulla.

KUVA 22. Tukinkäsittelylinjastoa ohjaava logiikka.

Logiikkaan liitetään tarvittava määrä digitaalisia tulo- ja lähtökortteja, turvapuolen tulo- ja lähtökortteja sekä analogia ja laskurikortteja, jotta kaikki tarvittava tieto saadaan käsiteltyä. Uusimmissa laitoksissa nämä kortit liitetään logiikkaan hajautusyksikön avulla (KUVA 23) ja tieto liikkuu haluttua kenttäväylää pitkin. Hajautusyksikkö kuuluu Siemensin Simatic ET 200SP tuoteperheeseen. Hajautusyksiköiden etu on se, että niiden ei tarvitse olla fyysisesti CPU:n vieressä, vaan niitä voidaan keskittää I/O-ryppäiden viereen, joka helpottaa suurissa laitoksissa kaapelointia. ET200SP sarjan hajautusyksikkö ja siihen kuuluvat I/O-kortit ovat kooltaan pieniä ja kompakteja, joten ne mahtuvat pieneenkin tilaan. Käytetyissä I/O-korteissa on myös oma diagnostiikka, jolloin vianetsintä on paljon helpompaa. (Siemens 2022)



KUVA 23. Simatic ET 200 SP-sarjan hajautusyksikkö ja siihen liitetyt I/O:t.

4 TUKINKÄSITTELYLINJASTON ONGELMAKOHDAT

Tukinkäsittelylinjastoissa pääosa linjaston toiminnasta hoidetaan ohjelmoitavan logiikan avulla. Tämä toimii yhteistyössä kentällä olevien antureiden, Profinet-väylään liitettyjen taajuusmuuttajien sekä valvomossa sijaitsevan valvomonäytön kanssa. Vaikka logiikan avulla pystyy ajamaan linjastoja, tarvitsee prosessi myös toimiakseen ihmistä.

Ihminen eli operaattori, joka hallitsee ja valvoo linjaston toimintaa, vastaa siitä, että linjasto toimii niin kuin se on suunniteltu. Operaattorin tehtäviin kuuluu lukuisia tehtäviä. Usein tehtävät riippuvat siitä, työskenteleekö hän tukinlajittelija linjastolla vai sahaansyöttölinjastolla. Pääasiassa operaattori vastaa siitä, että linjasto toimii halutulla tavalla. Operaattorin pitää myös reagoida linjastolla syntyviin ongelmatilanteisiin, jotka vaikuttavat linjaston toimintaan. Yleensä viat liittyvät linjastolla liikkuviin tukkeihin ja niiden putoamiseen tai kääntymiseen vaikeisiin paikkoihin tai asentoihin. Nämä tilanteet hidastavat tai pysäyttävät tuotannon aiheuttaen tappioita. Jos tukki kääntyy poikittain esimerkiksi porrasannostimelle (KUVA 24) tai putoaa portaan liikkuvien osien väliin, niin se estää laitteen toiminnan tai pahimmassa tapauksessa rikkoo laitteen niin, että sitä täytyy korjata.

KUVA 24. Porrasannostin, jossa puut siirtyvät portaalta seuraavalle. (Kuvaaja: Rentola 2022)

KUVA 25. Operaattorin ohjauspiste valvomossa. (Kuvaaja: Tarkka 2017)

Operaattorilla on käytössä tukkinostin tukkien siirtämiseen vääristä paikoista pois sekä näyttöpääte, josta voidaan tarkastella linjaston antureiden kuntoa ja toimintaa sekä ohjata linjaston kuljettimia yksilöllisesti tarpeen vaatiessa. Lisäksi operaattoria varten asennetaan linjaston ympärille kameroita, joista voidaan tarkastella linjaston osia, joita ei valvomosta suoraan näe. Näitä kameroita saattaa olla paljon, joten niitä täytyy sijoittaa useampi näkymään kerralla yhdellä näytöllä, jotta valvomotila pysyy järkevänä operaattorin toiminnan kannalta.

Kuvassa 25 näkyy yksi esimerkki valvomotilasta, josta tukinkäsittelylinjastoa ohjataan. Tästä saa hyvän esimerkin siitä, kuinka pienenä osa valvontakameroiden kuvaamista paikoista näkyy operaattorin näytöillä. Tukinlajittelulinjastoissa valvomosta on suora näköyhteys osaan linjaston laitteista, mutta sahaansyöttölinjastoissa valvomotila sijaitsee yleensä saharakennuksen sisällä. Sieltä linjaston valvonta tapahtuu pelkästään valvontakameroiden avulla. Operaattori ohjaa yleensä myös monen laitetoimittajan laitteita samanaikaisesti, joten näytöllä näkyvät valvontakamerakuvat eivät liity pelkästään yhden laitetoimittajan laitteisiin. Tämä vaikeuttaa laitteiden toimivuuden valvontaa entisestään.

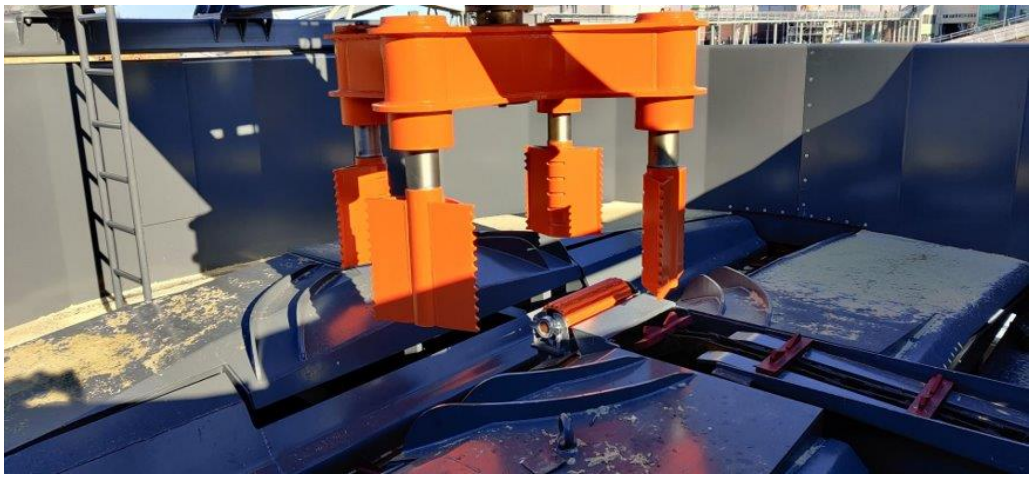
Koska kameroiden määrä on suuri ja tila rajallinen, on operaattorin lähes mahdotonta katsoa kaikkia kameroita samaan aikaan kun hän esimerkiksi laaduttaa tukkeja tai kirjaa tukkilajittelijalle tuotuja tukkikuormia kirjanpitojärjestelmään. Näihin tilanteisiin konenäkö olisi yksi ratkaisu.

4.1 Konenäön käyttökohteet

Linjastossa olevien anturien ongelma on se, että ne eivät näe kuin yhteen paikkaan ja valvoo vain kyseistä kohtaa. Konenäön avulla saataisiin tarkasteltua isompaa kokonaisuutta kerralla ja sen avulla saataisiin reaaliaikainen valvonta, joka tarvittaessa esimerkiksi pysäyttää linjaston, jos konenäkösovellus havaitsee virhetilanteen linjastolla. Silti suurin vaikuttava tekijä vikatilanteiden syntymiseen on linjaston ratanopeus. Koska linjaston ratanopeus on jopa 200 metriä minuutissa ja tukkien tukkiväli on mahdollisimman pieni niin tukit liikkuvat sen verran nopeasti linjastolla, ettei operaattori ehdi seurata kaikkea. Linjaston nopeuden kasvamisen myötä täytyy myös laitteiden toiminnan olla entistä tarkempia, koska virhemarginaalit kasvavat nopeuden kasvaessa. Nämä kriittiset laitteet linjastoissa, joissa tuotannolle haitallisia virheitä tapahtuu eniten ja joihin konenäköä voitaisiin soveltaa ovat revolverikäännin ja porrasannostin.

4.1.1 Revolverikäännin

Revolverikääntimen (KUVA 26) tarkoituksena on kääntää tukki myötä- tai vastapäivään, jotta käännön jälkeen kaikki tukit olisivat linjastolla niin, että ne etenisivät jatkojalostukseen latvapää edellä. Tukit tulevat kääntäjälle kohtisuorassa kääntäjään nähden, jolloin tukkia tarvitsee kääntää vain 90 astetta haluttuun suuntaan. Tukin kääntösuunnasta vastaa tukkimittari, joka mittaa tukin. Nykyteknologian tukkimittarit pystyvät muodostamaan tarkan 3D-mallin tukista, kun se on mennyt tukkimittarin läpi, josta voidaan tarkastella muun muassa tukin dimensioita, lenkoutta, tiheyttä ja lahoisuutta. Kun tukkimittari on mitannut tukin ja määritellyt, kumpaan suuntaan tukki pitää kääntää, lähettää se viestin linjastoa ohjaavalle logiikalle joko väylän ylitse suoraan logiikkaan tai releen kautta reletietona.



KUVA 26. Revolverikäännin ja sen kääntökehä

Kuvissa 27, 28 ja 29 on havainnoitu revolverikääntäjän toimintaa. Kuvassa 27 tukki saapuu kääntäjälle, ja sen ollessa keskellä kääntäjää, aloitetaan tukin kääntäminen. Kuvassa 28 tukkia käännetään kuvan mukaisesti vastapäivään ja kuvassa 29 onnistuneen käännön jälkeen tukki tippuu revolverikääntäjän pohjalla olevalle kuljettimelle ja näin jatkaa matkaansa linjastolla. Koko kääntöprosessi tapahtuu n. kolmen sekunnin aikana, kun linjaston ratanopeus on n. 200 metriä minuutissa.

KUVA 27. Revolverikääntimessä oleva tukki ennen kääntöä

KUVA 28. Revolverikääntimessä oleva tukki käännön aikana

KUVA 29. Revolverikääntimessä oleva tukki tippuneena pohjakuljettimelle onnistuneen käännön jälkeen.

Koska linjaston nopeus on suuri, niin kääntimen täytyy kääntää tukki haluttuun suuntaan mahdollisimman tehokkaasti, etteivät tukit törmäisi toisiinsa. Tukin kääntöhetken määrä valokennopari, joka sijaitsee revolveria ennen olevan tukkikuljettimen loppupäässä.

Kun valokennopari ei näe toisiansa, linjastoa ohjaava logiikka tietää, että kyseisen kennoparin kohdalla on nyt tukki. Kun tukki on liikkunut kennon ohi, tietää logiikka laskea linjaston nopeuden ja kääntäjän sekä valokennojen välisen etäisyyden avulla ajan, koska tukki on revolverikääntäjän kääntötelojen välissä, jolloin se on mahdollista kääntää haluttuun suuntaan.

Suurimmat syyt, miksi kääntämisen aikana muodostuu tuotannolle haitallinen tilanne, johtuu tukkien muodosta ja siitä, kuinka tukit tulevat revolverikääntäjälle.

Jos tukki tulee pomppien kääntäjälle, niin se saattaa jäädä pystysuuntaisesti vinoon kääntäjän telojen väliin. Käännön jälkeen tukki putoaa kääntäjän pohjalla olevalle pohjakuljettimelle, niin pystysuuntaisesti vino tukki saattaa jäädä pomppimaan myös pohjakuljettimen päälle. Tämä voi aiheuttaa sen, että pomppimisesta johtuen pohjakuljetin ei ehdi viemään käännettyä tukkia pois kääntäjän kehän sisältä tarpeeksi nopeasti, jolloin kääntäjä saattaa ehtiä kääntämään seuraavan tukin pohjakuljettimella olevan tukin päälle. Limittäin tai päällekkäin olevat tukit ovat myrkkyä etenkin tukkilajittelijassa, koska järjestelmä on suunniteltu niin, että kaikki tukit linjastolla ovat erillään toisistaan. Jos kaksi tukkia ovat päällekkäin tai limittäin, niin järjestelmä luulee ne yhdeksi pitkäksi tukiksi sekoittaen mittarilta tulevat tukkikohtaiset tiedot, jolloin linjasto mittarin jälkeen täytyy ajaa tyhjäksi. Näin saadaan virhetilanne järjestelmästä poistettua ja tuotantoa voidaan jatkaa.

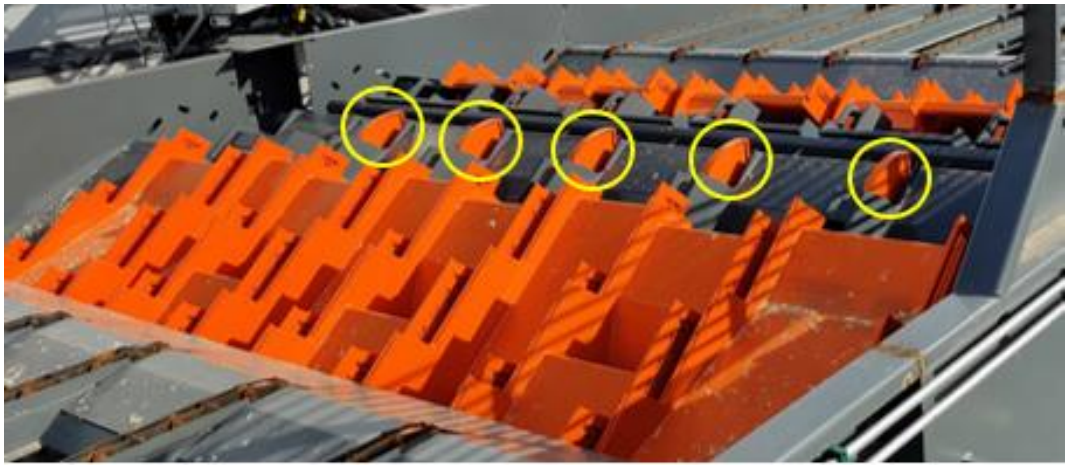
Päällekkäin olevat tukit saattavat myös tukkia revolverin kääntökehän aiheuttaen ruuhkaa ja estäen onnistuneen käännön kokonaan. Tämä tilanne kehittyy todella nopeasti pahaksi, jos siihen ei puutu mahdollisimman nopeasti. Muutamassa sekunnissa saattaa kääntökehässä olla puolen tusinaa tukkeja kasassa, jonka selvittämiseen menee aikaa. Pahimmassa tapauksessa ruuhkautuneet tukit hajottavat laitteistoa. Tukit saattavat myös poiketa kääntötilanteessa niiden lahoisuudesta johtuen aiheuttaen myös ruuhkaa kääntökehän sisällä.

Näihin kaikkiin tilanteisiin voitaisiin soveltaa konenäkösovellusta. Asettamalla kamera sopivaan paikkaan ja kulmaan katsomaan kääntäjää ja kääntökehän sisältöä, josta sovellus pystyy tunnistamaan kääntäjälle tulevat ja sieltä lähtevät tukit. Samalla sovellukseen voisi määrittää esimerkiksi alueet, joissa tukki saa ja ei saa olla. Kun sovellus tunnistaa syntyneen virhetilanteen, se lähettäisi viestin logiikalle, että se on havainnut virheellisen tilanteen linjastolla. Tämän viestin avulla voitaisiin luoda logiikkaan ohjelma, joka suorittaa tarvittavat toimenpiteet virheellisen tilanteen hoitamiseksi antaen tiedon operaattorille hälytyksen muodossa tai jopa mahdollisesti pysäyttää kriittiset laitteet välittömästi.

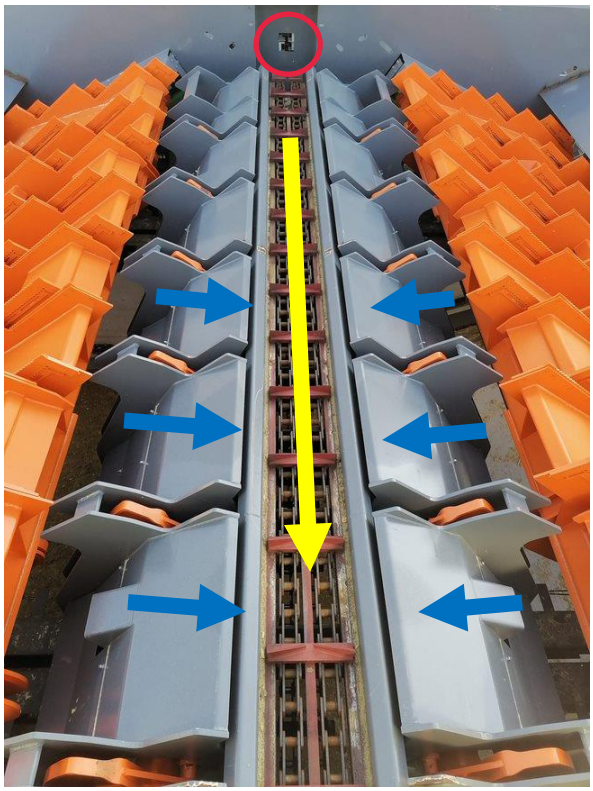
4.1.2 Porrasannostin ja kaksoisannostelu

Tukinkäsittelylinjastossa porrasannostimia voidaan käyttää monessa paikkaa, mutta pääasia sen toiminnan avulla erotellaan kasassa olevat tukit siten, että annostin annostelee tukit yksi kerrallaan seuraavalle kuljettimelle. Porrasannostimen toiminta perustuu siihen, että sen rakenne koostuu portaista, jotka liikkuvat edestakaisin laitteen moottorin pyöriessä, jolloin tukit siirtyvät portaalta seuraavalle. (KUVA 24)

Kuvassa 30 näkyy keskellä oranssilla värillä porrasannostin. Porras erottelee sille tulevat tukit niin, että ne annostellaan yksitellen kuvassa olevalle tukkiannostimelle, joka näkyy kuvassa yläasennossa (KUVA 30 keltaiset ympyrät). Linjaston käydessä tukkiannostin olisi juuri pudottanut tukin seuraavana olevalle tukkikuljettimelle, joka vie tukit kohti saharakennusta (KUVA 31 keltainen nuoli).



KUVA 30. Porrasannostin



KUVA 31. Kaksoisannostelu ja sahalle vievä kuljetin (Kuvaaja: Nurmi 2022)

Konenäköä voitaisiin soveltaa sekä porrasannostimen valvontaan, että kaksoisannostelun valvontaan. Tässä esimerkissä, jossa portaat ovat aivan kaksoisannostelun vierestä, saataisiin koko kokonaisuutta valvottua samanaikaisesti. Yleisesti porrasannostimessa suurimmat tuotannolle haitalliset tilanteet aiheutuu siitä, että tukit ovat niin pieniä, että se ei onnistu erottelemaan tukkeja tarpeeksi hyvin, vaan samalla portaalla liikkuu kaksi tukkia, jotka annostellaan tukkiannostimelle. Konenäköjärjestelmä tällöin ilmoittaisi, että kaikki ei ole OK, jolloin operaattori voisi tarkastaa tilanteen ja suorittaa tarvittavat toimenpiteet, jotta ongelmatilanne poistuisi.

Porrasannostimessa tukit voivat pyörähtää myös niin, että ne liukuvat pystysuuntaisesti portaiden liikkuvien osien väliin. Pahimmassa tapauksessa tukki putoaa rakenteiden välistä portaan alle ja samalla hajottaa pudotessaan laitteen. Tukki voi jäädä myös liikkuvien osien väliin jumiin, jolloin porrasannostin ei pääse liikkumaan ääriasentoihinsa, jolloin tukit eivät nouse portaalta seuraavalle.

Kaksoisannostelussa (KUVA 31) sahalle vievälle tukkikuljettimelle annostellaan tukkeja kuljettimen molemmilta puolita (KUVA 31 siniset nuolet). Annostelu tapahtuu linjastoa ohjaavan logiikan ja tukkiannostimia sekä sahalle vievän tukkikuljettimen taajuusmuuttajien yhteistyön tuloksena. Tukkiannostimet seuraavat tukkikuljettimen nopeutta taajuusmuuttajista tulevien pulssien avulla. Tukkikuljettimen taittopäässä (KUVA 31 punainen rengas) sijaitsee lasereita, jotka aktivoituvat, kun tukin pää on tietyllä etäisyydellä niistä. Tämän paikkatiedon ja tukin nopeuden avulla sekä halutun tukkivälin avulla saadaan laskettua logiikassa annosteluhetket annostimille, eli hetket, jolloin tukki tiputetaan sahalle vievälle kuljettimelle.

Konenäön päätehtävä kaksoisannostelun valvonnassa olisi se, että tukit eivät ole missään määrin limittäin sahalle vievällä kuljettimella. Limittäin olevat tukit sekoittavat tukkien seurantajonon, jolloin järjestelmä luulee, että sahalle on menossa vain yksi tukki, vaikka todellisuudessa tukkeja on kaksi, mutta normaali järjestelmä ei vain erota niitä. Jonon sekoittuminen vaikuttaa sahalaitteiden asetteisiin eli arvoihin, jotka sahalaitteille annetaan, että jokainen tukki voidaan sahata mahdollisimman optimaalisesti sen muotojen ja koon mukaan.

4.2 Konenäkösovelluksen suunnittelu

Itse konenäkösovellus valmistetaan yhteistyössä Cinia Oy nimisen yrityksen kanssa. Yhteistyö suoritetaan tuotekehitysprojektina, josta on hyötyä molemmille osapuolille. Projektin avulla Cinia pääsee valloittamaan uutta aluetta teollisuudessa sekä tuomaan omaa osaamistaan esille, kun samalla Nordautomation saa tarvitsemansa sovelluksen parantamaan omien laitosten laatua ja tuottavuutta. Pääasiallinen tavoite on, että konenäkö tunnistaa mahdolliset virhetilanteet niin aikaisin kuin mahdollista, jotta tuotantoa haittaavat virheet saataisiin minimoitua ja itse tuotanto maksimoitua.

Sovelluksen toimivuudesta käytiin kokouksia etäyhteyksiä hyväksikäyttäen, jossa esiteltiin linjaston toimintaa ja sen ongelmakohtia erilaisten kuva- ja videomateriaalien avulla. Näiden avulla pystyttiin jo suunnitteluvaiheessa toteamaan, onko

konenäkö edes mahdollista sovittaa linjastoon sen rakenteiden ja toiminnan kannalta. Johtopäätös oli positiivinen, joka käynnisti tuotekehitysprojektin uuden tekniikan hyödyntämisestä tukinkäsittelylinjastossa.

5 TOTEUTUS

Konenäköjärjestelmää lähdetään kokeilemaan MetsäFibren omistamalla Rauman sahalaitoksella sahaansyöttölinjastossa. Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana sahalaitosta rakennetaan ja aloitetaan pikkuhiljaa käynnistelemään, joten konenäköjärjestelmän asentamisen takia ei tarvitse keskeyttää minkään valmiina olevan sahan tuotantoa, vaan se voidaan rauhassa ja ajatuksella toteuttaa.

5.1 Katselmuskäynti sahalaitoksella

Yhdessä Cinian kanssa suoritettiin ennen järjestelmän asentamista katselmuskäynti Rauman sahalla. Käynnin tarkoituksena oli kartoittaa konenäköjärjestelmän kannalta oleellisia asioita sen toiminnan kannalta. Samalla esiteltiin heille tarkemmin kriittisimmät paikat Rauman sahan sahaansyöttölinjastossa, joihin konenäkö voitaisiin sijoittaa. Samalla saatiin heidän mielipiteitänsä ja visioita, kuinka konenäköjärjestelmää kannattaisi lähteä rakentamaan.

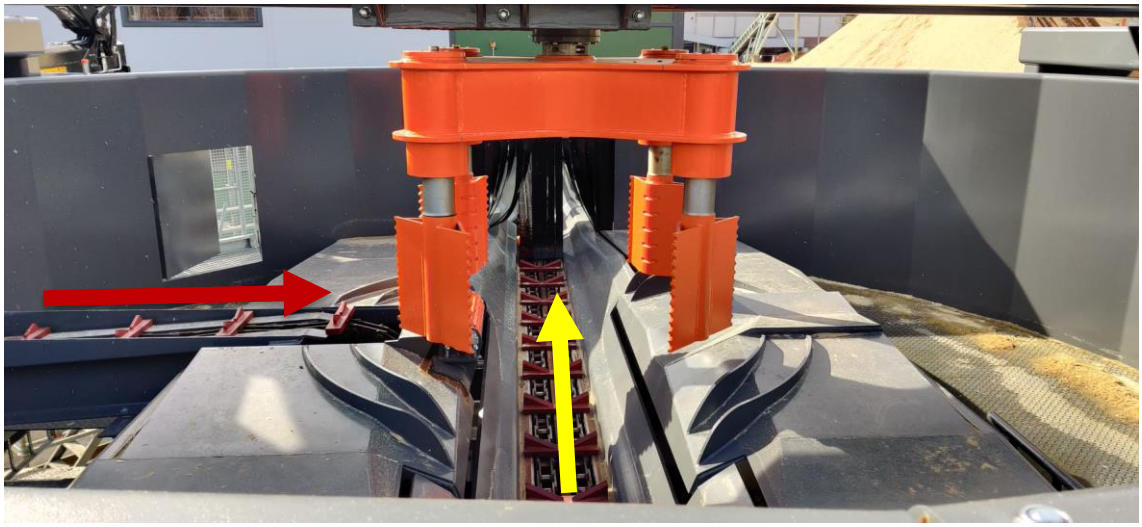
Katselmuksen aikana todettiin, että yksinkertaisin ja helpoin käyttökohde konenäön testaamiseen ja toteuttamiseen linjastossa on revolverikäännin. Tämä johtui pääasiassa sen rakenteista, jotka mahdollistavat suoraan hyvän kameroiden sijoituspaikan sovelluksen kannalta. Lisäksi revolverikääntäjässä kameran valvova alue rajautuu kääntäjän kehän ulkoreunalla olevien korkeiden seinämien avulla. Tämä helpottaa suuresti varsinaisen sovelluksen tekoa, kun alueella on kiinteät rajat, joiden ulkopuolelle tunnistettavat kohteet eli tukit eivät pääse.

Suurin ongelma, joka tuli katselmuskäynnissä ilmi, oli revolverikääntäjän toiminnasta aiheutuva tärinä ja heilahtelu. Jotta konenäkösovellus pystyy analysoimaan kameran tallentamaa materiaalia, täytyy otettujen kuvien olla mahdollisimman tarkkoja ja selkeitä analysoinnin onnistumiseksi. Jos kamerat sijoitetaan paikkaan, joka on herkkä tärinälle, niin kuvista tulee epäselkeitä ja käytännössä hyödyttömiä, jos niitä ei pystytä hyödyntämään.

Toinen ongelma tulee todennäköisesti olemaan sääolosuhteiden muutokset, koska laitteet sijaitsevat taivasalla. Erityisesti sumu, lumisade ja auringosta johtuvat valon heijastumiset kameraan tuovat ongelmia, koska kameran näköyhteys tällöin heikentyy ja samalla konenäkösovelluksen toimivuus heikkenee. Samalla huomioitiin, että kameralle täytyy järjestää myös oma valaistus, koska laitoksen yleisvalaistus ei tule olemaan tarpeeksi riittävä pimeässä/hämärässä sovelluksen toiminnan kannalta.

Konenäköjärjestelmän toimivuuden takaamiseksi, tarvitsee järjestelmä revolverikääntimen tapauksessa enemmän kuin yhden kameran. Tämä johtuu revolverikääntimen rakenteista. Kuvassa 32 punainen nuoli kuvaa suuntaa, josta tukit tulevat kääntäjälle ja keltainen nuoli kuvaa suuntaa, johon tukit lähtevät käännön jälkeen.

Kääntäjässä on neljä telaa, joiden avulla tukki käännetään. Jos kääntäjää valvotaan vain yhdellä kameralla, joka on sijoitettuna kääntäjän kehän seinämän yläpuolelle, saattaa telojen taakse jäädä piiloon esimerkiksi poikennut tukin osa, joka saattaa estää seuraavan puun käännön ja aiheuttaa tukoksen kääntäjän kehän sisään. Poikennut tukin osa saattaa myös pudota seuraavan tukin kanssa pohjalla olevalle kuljettimelle, jolloin kaksi tukkia menee rinnakkain kuljettimella. Tätä tilannetta kutsutaan limitukiksi, jota ei saisi tapahtua, koska tukit liikkuvat kääntäjältä kohti kuorimakonetta, johon ei saa mennä kuin yksi tukki kerrallaan. Limittäin menevät tukit tukkivat kuorimakoneen suuaukon estäen tukkien kuorinnan ja pahimmassa tapauksessa se saattaa rikkoa laitteen.

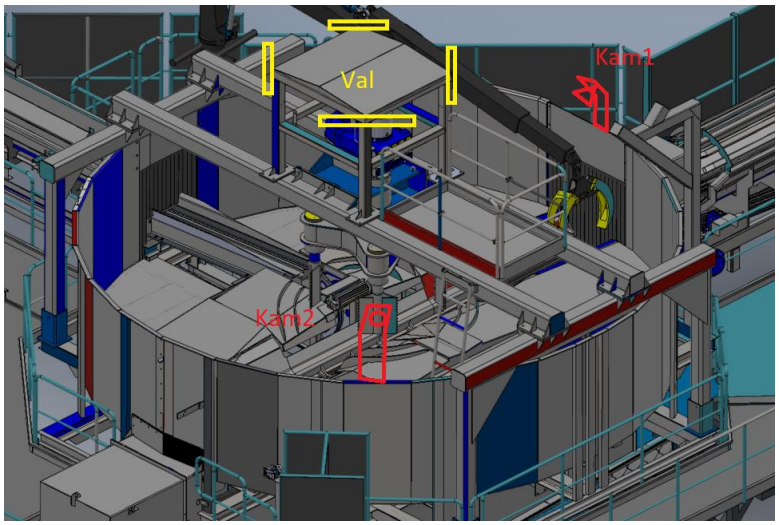


KUVA 32. Revolverikäännin takapuolelta kuvattuna

Yhdellä kameralla tulee myös se ongelma, että sen alapuolelle ja sivuille jää alue, jota kamera ei näe. Myöskään pystysuuntaisesti ei ole kovinkaan paljoa pelivaraa siirtää kameraa, koska revolverikääntäjän moottori ja sen tukirakenteet rajaavat entisestään kameran havainnointialuetta. Revolverikehän halkaisija on 6 metriä, joten valvottava pinta-ala on kohtuullisen suuri. Kameran näkökenttää voitaisiin kasvattaa myös käyttäen erilaisia objektiiveja. Esimerkiksi kalansilmäobjektiivilla saataisiin yhdellä kameralla katettua suurempi alue kerralla. Tämä ei kuitenkaan ole kovin hyvä vaihtoehto, koska siitä aiheutuu tynnyrivääristymää (Digifaq 2010). Vääristymä täytyisi käsitellä ensin pois kuvasta, jotta se ei haittaisi konenäkösovelluksen tunnistamiskykyä, koska muuten se haittaa sovelluksen toimintaa.

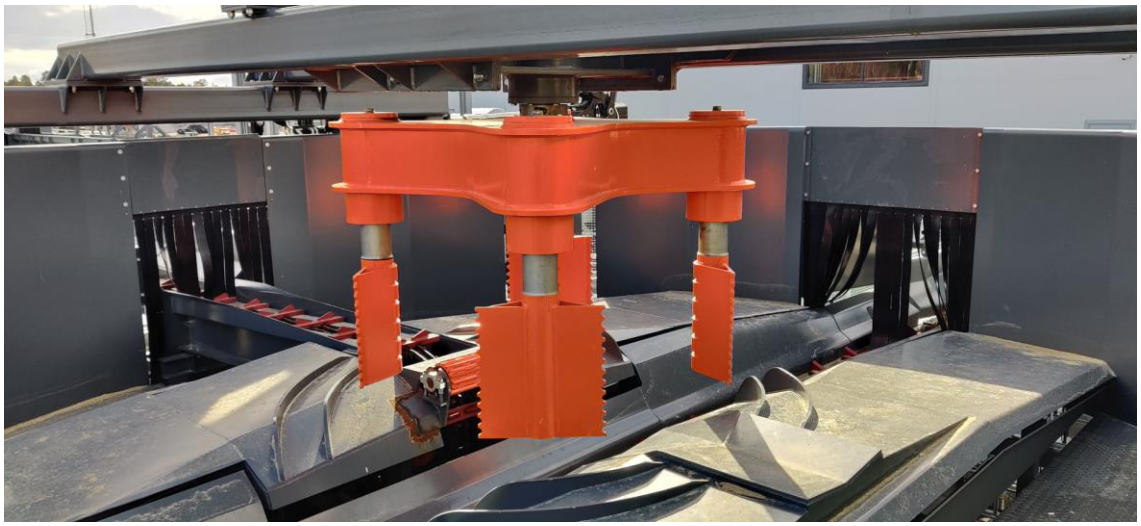
5.2 Kameroiden ja valaistuksen sijoittelu

Suunnittelun tuloksena kävi ilmi, että sovelluksen kannalta sopivimmat paikat kameroille olisivat seuraavanlaiset: Käytössä olisi kaksi kameraa, joista toinen KUVA 34) asennettaisiin kääntäjältä lähtevän kuljettimen etupuolelle kääntäjän reunalaitojen päälle. Toinen (KUVA 35) kamera olisi toisella puolella kehää 45 asteen kulmassa kuvaten sekä sisääntulo- ja ulosmenolinjoja. Lisäksi revolverikääntimen toisen runkopalkin alapuolelle asennettaisiin vielä kolmas kamera (KUVA 36), jolla varmistetaan koko revolverikääntäjän kehän alue, ettei mikään kohta jää kuvaamatta.

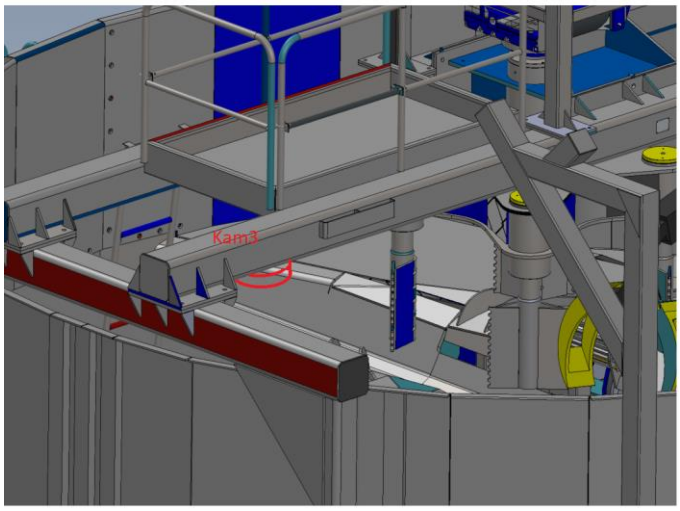


KUVA 33. Kamerat, jotka sijoitetaan kääntäjän reunojen päälle. (Sähköpostiviestit Cinian kanssa)

KUVA 34. Kameran 1 mahdollinen näkymä.



KUVA 35. Kameran 2 mahdollinen näkymä.



KUVA 36. Runkopalkin alapuolella oleva kamera. (Sähköpostiviestit Cinian kanssa)

Näiden kolmen kameran avulla saadaan katettua käytännössä koko kääntäjän kehän sisältö siten, ettei missään ole sellaista sokeaa kohtaa, jota kamera ei näe tai johon tukki tai sen katkennut osa pääsisi piiloutumaan.

Lisäksi päädyttiin siihen, että moottoria suojaavan katon rakenteisiin kiinnitetään tarvittava valaistus kameroita varten (KUVA 33 keltaiset laatikot). Valaistus toteutetaan LED-valoilla ja ne kohdistettuna kehän eri kulmiin, saadaan aikaan mahdollisimman luonnollinen valaistus ja samalla estettyä varjojen syntyminen.

Suurin ongelma tässä sijoittelussa on laitteista aiheutuva tärinä ja heilahtelu. Revolverikääntäjän laidat ovat yhdessä muiden kääntäjän rakenteiden kanssa samojen perustuksien päällä, joten tärinä vaikuttaa koko rakennelmaan. Aikaisempien kokemusten perusteella kääntäjä tärisee koko ajan laitteiden pyöriessä ja suurimmat heilahdukset tapahtuvat silloin, kun tukki pyörähtää kääntäjän telojen välissä ja silloin, kun se putoaa kääntäjän pohjakuljettimelle. Seinämille kiinnitettävien kameroiden telineiden täytyy olla tarpeeksi hyvin tuettuja, jottei tärinä voimistu telineen korkeimmassa kohtaa.

Toinen mahdollinen ongelma tässä sijoittelussa on tukkinostimen käyttö. Revolverikääntäjän vieressä on hydrauliikalla toimiva tukkinostin, jota käytetään silloin, jos tukkeja kasaantuu liikaa revolverikääntäjän kehän sisäpuolelle niin, ettei niitä muuten sieltä saa siirrettyä pois. Kameratelineet kehän reunojen päällä ovat vaara-alueella, aina kun tukkeja nostimella siirretään. Tämä vaatii erityistä tarkkuutta tukkinostimen kuljettajalta, ettei kamerat ja niiden telineet vaurioidu tukkinostimen käytön aikana.

Jotta kamerat voitaisiin sijoittaa version 1 mukaisesti, täytyy varmistua siitä, että kamerat toimivat kehän laitojen päällä. Tämä vaatii sen, että tärinää saadaan vaimennettua niin paljon, että kameran tallentama kuva on tarpeeksi selkeä sovelluksen toiminnan kannalta.

5.3 Opetusdatan kerääminen

Opetusdataa kerätään erillisen kameran avulla. Kamera on tyypiltään Reolink Go. (KUVA 37) Se on varustettu CMOS-kuvauskennolla ja kuvaa 1080 p:n tarkkuudella n. 15 kuvaa sekunnissa. Kamera on täysin langaton kamera, joka on varustettu 4G-mobiiliyhteydellä opetusdatan tallentamista ja siirtoa varten (Reolink 2022). Kamera ei myöskään tarvitse erillistä virransyöttöä logiikkakeskukselta, koska se varustetaan aurinkopaneelilla (KUVA 38), joka sijoitetaan revolverikääntäjän rakenteisiin auringonpaisteen kannalta parhaimpaan paikkaan. Kameraa ja aurinkokennotelinettä siirretään tarpeen mukaan eri kohtiin revolverikehän laidoilla, jotta saadaan tarvittava määrä opetusdataa monesta eri kuvakulmasta.

KUVA 37. Opetusdatan keräämiseen käytettävä kamera (Reolink 2022)

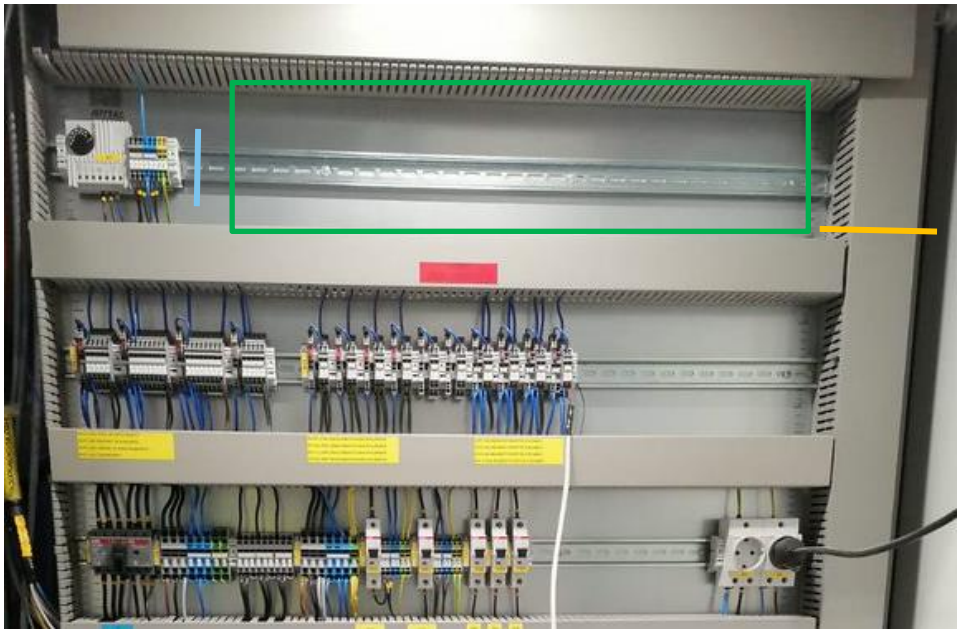
KUVA 38. Opetusdataa keräävän kameran aurinkokenno. (Reolink 2022).

Opetusdataa keräävän kameran avulla saadaan myös samalla testattua, kuinka kamera menestyy revolverikääntäjän reunalla tärinän ja heilahtelujen suhteen. Kun tarvittava opetusdata on kerätty, tätä kameraa ei enää tarvita, koska se ei sovellu varsinaiseen konenäköjärjestelmään.

5.4 Sähköistys ja tiedonsiirto

Konenäköjärjestelmään kuuluu kokonaisuudessaan kamerat, valaistus, PC, jolla suoritetaan kuva-analyysi, PoE-kytkin kameroiden virransyötölle, etäyhteysmahdollisuus kuva-analyysi PC:lle sekä I/O-laite, jolla saadaan tarvittavat käskyt konenäkösovelluksesta siirrettyä laitosta ohjaavaan logiikkaan.

Kaikki laitteet sijoitetaan sähkötilaan logiikkakeskuksen sisälle suojaan. Sieltä vedetään myös sähkönsyöttö kameroille hyödyntämällä PoE-tekniikkaa. (Power over Ethernet). Näin saadaan kameroiden virransyöttö ja tiedonsiirto toteutettua yhden kaapelin avulla. Kameran kaapelit vedetään samaa reittiä pitkin, kuin revolverikääntäjän moottorikaapelit. Reitti on kaapelihyllytetty linjaston sähköasennusten aikana, ja niissä on hyvin tilaa kameran kaapeleille. Logiikkakeskuksesta löytyy myös pistorasioita ja sulakelähtöjä muita laitteita varten ja tarvittaessa tilaa lisätä niitä.



KUVA 39. Logiikkakeskuksen tila, johon laitteet asennetaan.

Kuvassa 39 näkyy logiikkakeskuksen yläosassa oleva tyhjä tila (vihreä neliö), johon konenäköjärjestelmän komponentit asennetaan suojaan. Keskuksen takalevyssä kiinni oleva DIN-kisko katkaistaan vasemmassa reunassa olevien riviliittimien vierestä (sininen viiva), jolloin siihen jää pienelle hyllylle tilaa. Kuvan 39 yläreunassa näkyvä kaapelikouru voidaan myös poistaa kokonaan ja oikealla pystyssä oleva kaapelikouru katkaista (keltaisen viivan kohdalta), jolloin tarvittaessa saadaan lisätilaa.

Tarvittava tiedonsiirto logiikan ja konenäkösovelluksen välillä tapahtuu I/O:n avulla. Tätä varten konenäköjärjestelmän yksi osa on I/O-laite. Siihen voidaan ohjelmoida tarvittava määrä digitaalituloja ja -lähtöjä, jotka kommunikoivat linjastoa ohjaavan logiikan kanssa. Järjestelmien välinen tiedonsiirto tarkentuu vielä, mutta lähtökohtaisesti se sisältää linjaston pysäytysbitin, eli linjasto pysäytetään silloin, jos konenäkösovellus on havainnut konenäkösovelluksen algoritmistä poikkeavan tilanteen. Lisäksi järjestelmien välillä liikkuu tieto, onko sääolosuhteet sellaiset, että konenäkösovellus pystyy toimimaan täydellä teholla. Jos näin ei ole, niin sovellus ilmoittaa analysointikykynsä heikentyneen, jolloin järjestelmä voidaan kytkeä väliaikaisesti pois päältä.

5.5 Laitteisto

Sovelluksessa käytettävä PC on Advantech MIC-710AILX (KUVA 40) ja se saa prosessointitehonsa NVIDIAN Jetson Xavier NX prosessointiyksiköstä. Prosessointiyksikkö on tehokas ja suunniteltu erityisesti nykyaikaisille tekoälyjärjestelmille suurien tietomassojen käsittelyyn (Nvidia 2022). PC on kooltaan pieni, joten se saadaan helposti sijoitettua sähkötilassa olevaan logiikkakeskukseen.

KUVA 40. Sovelluksessa käytettävä PC (Advantech MIC-710AILX)

Kamerat, joita lopullisessa konenäköjärjestelmässä tullaan käyttämään, ovat tyypiltään Axis M3077-PLVE Network Camera. Se on CMOS-kuvauskennolla varustettu 6 megapikselin kamera, jonka kuvausalue on jopa 360 astetta, eli se pystyy kuvaamaan joka puolelle. Kamera on IP66 luokalla suojattu, joten se kestää sääolosuhteiden muutokset sekä lian että pölyn. (KUVA 41) (Axis Communication 2022)

KUVA 41. Axis M3077-PLVE Network Camera ja sen virransyöttöön soveltuva PoE-laite. (Axis Communication 2022)

Kameran ominaisuuksiin kuuluu, että sillä voidaan tarkentaa kuva jopa neljään eri kohtaan samanaikaisesti. Tällä saadaan katettua myös suoraan kameran alapuolelle jäävä alue, jota normaali kamera ei välttämättä näe. Tarkentamalla saadaan myös vähennettyä vääristymien määrää, koska tarkennuksessa kuvaustapa ei ole panoraamatyyppinen, joka aiheuttaa vääristymiä kuvausalueen reunoille. (Axis Communication 2022)

Valaistus toteutetaan BAU-LED 2 LED-valonauhalla (KUVA 42). Nauha soveltuu hyvin työmaaolosuhteisiin sen pienestä koosta johtuen, ja siinä on tarpeeksi valotehoa (800 lm/metri) kattamaan koko revolverikääntimen kehän alueen. Nauhaa on myös helppo ketjuttaa, jos tulevaisuudessa jostain syystä valoa tarvitaan lisää. (SLO Oy 2022)

KUVA 42. Bau-LED 2 LED-valonauha. (SLO Oy 2022)

Tämän tyyppisellä valaistusratkaisulla estetään myös se, ettei perinteisiä heitinvalaisimia, jotka ulottuvat pitkälle revolverikääntäjän moottorin sadesuojasta, rikota tukkinostimen käytön aikana.

6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli käydä läpi asioita, jotka liittyvät konenäköjärjestelmän käyttöönottoon, tukkilinjaston ongelmakohtiin ja niiden ratkaisemista konenäön avulla. Lisäksi työssä on teoriatietoa konenäköjärjestelmistä ja niissä käytettävistä komponenteista. Tässä kappaleessa käydään läpi työn aikana opittuja asioita ja työn sisältöön vaikuttavista asioista. Kerrotaan myös konenäköjärjestelmän tulevaisuudesta ja mahdollisista muista tulevaisuuden ratkaisuista konenäköön liittyen.

6.1 Työn sisältöön vaikuttavat asiat

Työn kirjoittamisen aikana tuli hyvin ilmi, kuinka paljon eri asioita täytyy ottaa huomioon, kun yritykseen tuodaan aivan uusi järjestelmä ja se liitetään osaksi toimivaa kokonaisuutta. Ennen työn aloittamista en osannut kuvitella kaikkia pieniä asioita, millä voi olla suuri vaikutus konenäköjärjestelmän toiminnan kannalta.

Alun perin työhön oli tarkoitus saada myös konkreettisia tuloksia konenäköjärjestelmän toimivuudesta. Tämä ei kuitenkaan ollut enää mahdollista aikataulujen siirtymisestä sahaprojektin käyttöönotossa ja maailman tilanteesta (koronapandemia ja Ukrainan sota) johtuvista syistä. Esimerkiksi konenäköjärjestelmän komponenttien toimitusajat muuttuivat lyhyellä varoitusajalla todella pitkiksi, mikä vaikutti myös opinnäytetyöni tekemiseen. Kameroiden sijoituspaikat testataan tärinän ja muiden vaikutusten kannalta, kuten tässä työssä on asia esitetty. Se on kuitenkin vasta mahdollista silloin, kun kaikki komponentit ovat saatavilla ja linjastolla ajetaan tukkeja.

Jälkeenpäin ajateltuna konenäköjärjestelmän kokeileminen jo valmiiksi rakennettuun ja toimivaan laitokseen voisi olla järkevämpää, jos kaikki komponentit olisivat jo valmiina. Niiden valintaan vaikuttaa todella monta asiaa, ja niitä on mahdotonta valita, ilman huolellista suunnittelua ja konkreettista käyntiä itse kohteessa, josta kaikki pienetkin yksityiskohdat selviävät. Nämä käynnit vaatisivat kuitenkin luvan laitoksen käyttäjiltä ja heidän kannaltansa vierailukäynnit ja suunnittelu pitäisi tehdä ilman, että häiritään laitoksen toimintaa ja sen tuottavuutta eli huoltoseisokkien aikana.

6.2 Jatkosuunnitelmat

Konenäköjärjestelmän liittäminen tukinkäsittelyjärjestelmään jatkuu, kun kaikki tarvittavat komponentit saapuvat ja sahan käyttöönotto on siinä vaiheessa, että tukkeja voidaan ruveta ajamaan kuljettimilla. Työ etenee siten, että kameroiden sijaintia lähdetään kokeilemaan työssä esitetyn suunnitelman mukaisesti ja paikkoja muokataan tarvittaessa. Kun kameroiden sijoittelu on lyöty lukkoon, alkaa konenäkösovelluksen algoritmin rakentaminen yhteistyössä Cinian kanssa. Tähän prosessiin kuluu muutama viikko, alkaen siitä, kun opetusdataa on kerätty tarpeeksi algoritmia varten.

Suurimmat haasteet tulevat varmasti siinä, minkälaiset säännöt algoritmiin opetetaan, jotta se osaa tunnistaa virhetilanteet. Kaikki kuitenkin lähtee siitä, että järjestelmä osaa tunnistaa kääntäjässä olevat tukit ja tietää niiden paikan. Sen jälkeen voidaan esimerkiksi rajata alue, missä tukit eivät saa olla tiettyä aikaa kauempaa tai muuten järjestelmästä tulee ilmoitus logiikkaan, että jokin on pielessä. Algoritmiin voidaan myös kirjoittaa ehto, kuinka monta tukkia se sallii kääntäjän kehässä olevan samanaikaisesti. Käytännössä kehän sisäpuolella ei saa olla kuin kaksi tukkia kerralla, toinen tukki on revolverin pohjalla olevalla kuljettimella, joka siirtyy onnistuneen käännön jälkeen kohti seuraavaa kuljetinta ja toinen tukki, joka on tulossa revolverin kääntöteloille käännettäväksi. Jos kääntöhetkellä tukki katkeaa kääntökehän sisällä, niin järjestelmä havaitsee sen jälkeen kahden tukin sijasta kolme tukkia, jolloin se tietää, että nyt ei ole kaikki hyvin ja välittää siitä tiedon logiikalle.

Järjestelmä pyritään rakentamaan siten, että tulevaisuudessa se olisi helppo asentaa uusiin laitoksiin, ilman suurempia muutoksia kameroiden ja valaistuksen sijoittelun suhteen. Näin ollen sen käyttöönotto olisi yksinkertaisempaa, kun se suunnitellaan ja rakennetaan kerralla kuntoon ajatuksella.

6.3 Tulevaisuuden käyttökohteet

Tulevaisuudessa konenäköä voitaisiin hyödyntää myös muuhunkin kuin valvontaan tukinkäsittelyjärjestelmissä. Esimerkiksi aikaisemmin mainittu kaksoisannostelun ohjaus voitaisiin toteuttaa kokonaan konenäön avulla. Kamera tunnistaisi annosteluun tulevat tukit ja mittaisi jatkuvasti tukin paikkaa. Nykykamerateknikalla saataisiin todella tarkkoja mittaustuloksia tukin sijainnista, jolloin annostelu saataisiin yhä tarkemmaksi ja luotettavammaksi, joka vähentää entisestään virheiden määrää ja parantaa laitosten tuottavuutta.

LÄHTEET

Nordautomation Oy. 2022. Nordautomation Oy-verkkosivut. Luettu 9.2.2022. https://nordautomation.fi/

Anand, S., & Priya, L. (2020). A Guide for Machine Vision in Quality Control (1st ed.). Chapman and Hall/CRC.

Davies, E. R. 2012. Computer and Machine Vision, 4th Edition, Theory, Algorithms, Practicalities. Academic Press/Elsevier, Waltham, USA.

Saari. M. 2012. Valokuvauksen perusteita: Aukko. Blogikirjoitus. Julkaistu 11.6.2012. Viitattu 5.3.2022. https://www.mikkosaari.fi/aukko/

Advanced Illumination. 2019. Bright Field vs Dark Field Illumination. Verkkosivu. Julkaistu 5.9.2019. Viitattu 5.3.2022 https://www.advancedillumination.com/lighting-education/bright-field-dark-field-lighting/

Khan, A. I & Al-Habsi, S. 2020. Machine Learning in Computer Vision, Procedia Computer Science, Volume 167, Pages 1444-1451. PDF-dokumentti. Viitattu 10.2.2022. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920308218

Qualitas Technologies. 2021. Area Scan vs Line Scan: What Fits You Better? Verkkosivu. Viitattu 21.2.2022 https://qualitastech.com/area-scan-vs-line-scan-cameras/

Cognex. n.d. Area Scan vs. Line Scan. Verkkosivu. Viitattu. 21.2.2022. https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/area-scan-vs-line-scan

Opto Engineering. n.d. Resources, Telecentric-lenses-tutorial. Verkkosivu. Viitattu 27.2.2022. https://www.opto-e.com/resources/telecentric-lenses-tutorial

Shah. R. 2016. Image Sensors Explained: How CCD and CMOS Sensors works? CCD vs CMOS. All About Electronics. YouTube-video. Julkaistu 2.10.2017. Viitattu 1.3.2022. https://www.youtube.com/watch?v=FKJFIzDfUNE

Williams. M. 2021. What is the Difference Between a CCD and CMOS Camera Sensor? PetaPixel. Verkkosivu. Viitattu 1.3.2022 https://petapixel.com/2021/08/04/what-is-the-difference-between-a-ccd-and-cmos-sensor/

Vision-Doctor. n.d. Fluorescent Lamps. Verkkosivu. Viitattu 3.3.2022. https://www.vision-doctor.com/en/illumination-types/fluorescent-lamps.html

Vision-Doctor. n.d. Halogen Lamps. Verkkosivu. Viitattu 3.3.2022. https://www.vision-doctor.com/en/illumination-types/halogen-lamps.html

Suutari. T. 2014. Konenäköjärjestelmän päivittäminen robottisoluissa. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Metropolian Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Polycase. 2021. What Is a Programmable Logic Controller (PLC)? Verkkosivu. Julkaistu. 10.9.2021. Viitattu 16.3.2022. https://www.polycase.com/techtalk/electronics-tips/what-is-a-programmable-logic-controller.html

Digifaq. 2010. Vääristymät. Verkkosivu. Julkaistu 11.6.2010. Viitattu 9.4.2022. http://www.digifaq.info/digifaq/3_vaaristymat.html

Vision-Doctor. n.d. Specification of a machine vision system. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2022 https://www.vision-doctor.com/en/systems.html

Kuvakenno. n.d. Resoluutio ja fyysinen koko. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2022 https://www.kuvakenno.fi/digikuvaus/resoluutio.html

Godbold, Ashley. Mastering UI Development with Unity. 1st edition. Packt Publishing, 2018. Print.

Nvidia. 2022. Jetson Xavier NX-prosessointiyksikön verkkosivut. Viitattu 18.4.2022 https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-xavier-nx/

Slo Oy. 2022. Valonauha Bau-LED 2 – tuotesivut. Viitattu 21.4.2022 https://verkkokauppa.slo.fi/fi/valoprofiili-nauha-bau-led-2-50m-4157601

Siemens. 2022. SIMATIC ET 200 SP – the compact IO system for the control cabinet. Siemensin verkkosivut. Viitattu 19.4.2022. https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html

Reolink. 2022. Reolink Go-kameran tekniset tiedot. Viitattu 20.4.2022 https://reolink.fi/tuote/reolink-go-3g-4g-langaton-valvontakamera/

Reolink. 2022. Reolink Solar Panel -aurinkopaneelin tekniset tiedot. Viitattu 20.4.2022 https://reolink.fi/tuote/reolink-solar-panel-aurinkopaneeli-valkoinen/

Axis Communication. 2022. Axis M3077-PLVE Network Camera -tuotesivut. Axis Communication verkkosivut. Viitattu. 20.4.2022 https://www.axis.com/products/axis-m3077-plve

Jai. 2022. Color imaging in machine vision: How to choose the right camera for your application. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2022 https://www.jai.com/machine-vision-color-imaging-cameras/

PCC Group. 2019. How are colours created and why do we see them? Colour models and methods of their description. Blogikirjoitus. Julkaistu 12.7.2019. Luettu 20.4.2022. https://www.products.pcc.eu/en/blog/how-are-colours-created-and-why-do-we-see-them-colour-models-and-methods-of-their-description/

Education-Wiki. 2022. RGB-värimalli. Mikä on RGB-värimalli. Verkkosivu. Luettu 20.4.2022. Viitattu 20.4.2022. https://education-wiki.com/3643786-rgb-color-model#menu-1

Karstens. F. 2022. What is the RGB color space? Basler. Verkkosivu. Luettu. 21.4.2022.
https://www.baslerweb.com/en/sales-support/knowledge-base/frequently-asked-questions/what-is-the-rgb-color-space/15179/

Vision-Doctor. n.d. Laser illumination. Verkkosivu. Viitattu. 21.4.2022.
https://www.vision-doctor.com/en/laser-illumination.html

Teledyne Photometrics. 2022. Imaging in Color. Verkkosivu. Viitattu 21.4.2022.
https://www.photometrics.com/learn/microscopy-basics/imaging-in-color

Boingo Graphics. 2019. Why Do I Need to Know the Difference Between RGB and CMYK? Blogikirjoitus. Julkaistu. 24.9.2019. Luettu 21.4.2022.
https://www.boingographics.com/blog/why-do-i-need-to-know-the-difference-between-rgb-and-cmyk

Singh. T. 2021. Differences between RGB and CMYK color schemes. GeeksforGeeks. Artikkeli. Julkaistu 19.7.2021. Luettu 21.4.2022. Viitattu 21.4.2022
https://www.geeksforgeeks.org/differences-between-rgb-and-cmyk-color-schemes/

Vento. S. 2019. Konenäköjärjestelmän käyttöönotto ja kehitys. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Leskelä. J. 2018. Konenäkömittajärjestelmän käyttöönotto. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Sähköpostiviestit ja suullinen keskustelu oman esimiehen ja Cinian väen kesken.