



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VIIVAKOODIKAMERAT OSANA RENKAAN JÄLJITETTÄVYYTTÄ

Juho Pulakka

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2015  
Automaatioteknologian koulutusohjelma



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Automaatioteknologian koulutusohjelma

PULAKKA JUHO:

Viivakoodikamerat osana renkaan jäljitettävyyttä

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 13 sivua  
Marraskuu 2015

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään viivakoodikameroiden valintaa, asentamista ja käyttöönottoa henkilöautorenkaan paisto-osaston automaattisessa välivarastojärjestelmässä. Opinnäytetyö tehtiin Nokian Renkaille ja se oli osa vuonna 2014 aloitettua renkaan jäljitettävyyden- ja virheenestoprojektia. Projektin aluksi selvitettiin jäljitettävyyden nykytila, jonka pohjalta järjestelmän konseptointi aloitettiin. Konseptoinnin tavoitteena oli selvittää rengasaihion viivakooditarran luetaan tarvittava laitteisto ja tutkia sitä, millaisia muutoksia olemassa olevaan aihion viivakooditarraan pitää tehdä hyvän lukuvarmuuden takaamiseksi.

Viivakoodinlukujärjestelmä hankittiin konseptoinnin perusteella ja viivakooditarraan tehtiin tarvittavat muutokset. Järjestelmän valinnassa selvitettiin eri valmistajien viivakoodikameroiden ominaisuudet ja niiden soveltuvuus Nokian Renkaiden tuotantoprosessiin. Valinta käytettävästä järjestelmästä tehtiin painotettua pisteytystä käyttäen. Eri järjestelmät erosivat teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin vähän, ja valinnassa otettiin huomioon myös muita ominaisuuksia, kuten hinta, takuu ja toimittajasuhde.

Työssä tarkastellaan renkaan jäljitettävyyttä ja siihen liittyviä lakeja sekä viivakoodin rakennetta ja erilaisten viivakoodinlukutekniikoiden ominaisuuksia ja niiden eroja. Lisäksi opinnäytetyössä selvitetään, miten viivakoodikamerat toimivat osana renkaan jäljitettävyyttä ja virheenestoa. Raaka-aineiden ja puolivalmisteiden tietojen sekä prosessidatan tallentaminen tiedonkeruujärjestelmään vaatii luotettavan ratkaisun renkaan viivakoodin lukemiseksi. Ilman sopivia viivakoodikameroita renkaan yksilöllinen jäljittäminen on mahdotonta.

---

Asiasanat: viivakoodikamera, viivakoodi, jäljitettävyyden, virheenesto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Automation Technology

**PULAKKA JUHO:**  
Barcode Readers as Part of Tyre Traceability

Master's thesis 56 pages, appendices 13 pages  
November 2015

---

This master's thesis dealt with selecting, installing and commissioning a barcode reader system in the automatic interim storage system of the curing area in manufacturing process of passenger car tyres. The thesis was commissioned by Nokian Tyres and it was part of the traceability and mix-up prevention project started in 2014. The current state of traceability was studied in the beginning of the project. After that the concept planning started. The target of the concept planning was to work out the needed barcode reading system and to examine what kind of modifications need to be made in the existing barcode label of a green tyre to ensure good reading rate.

The barcode was altered to ensure a good reading rate. In order to select the barcode reader system, various manufacturers' system specifications and suitability to the manufacturing process of Nokian Tyres was studied. Weighted scoring was used to make the choice. Technical specifications did not differ much from each other and therefore other features such as price, warranty and supplier relations were taken into account.

The thesis dealt with the tyre traceability and the related laws. Barcode structure as well as different barcode reading techniques and their differences were also included in the thesis. In addition, this thesis examined how barcode readers work as a part of tyre traceability and mix-up prevention. Recording the information on raw materials and semi-finished products as well as the process data in the traceability system requires a reliable solution for barcode reading. It is impossible to individually trace a single tyre without suitable barcode readers.

---

Key words: barcode reader, barcode, traceability, mix-up prevention

## SISÄLLYS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | JOHDANTO.....  | 5  |
| 2   | NOKIAN RENKAAT OYJ.....  | 6  |
| 2.1 | Historia.....  | 6  |
| 2.2 | Strategia .....  | 7  |
| 2.3 | Renkaan tuotantoprosessi .....   | 8  |
| 3   | TUOTTEEN JÄLJITETTÄVYYS.....   | 9  |
| 3.1 | Renkaan jäljitettävyys.....  | 10 |
| 3.2 | Jäljitettävyys Nokian Renkaiden tuotantoprosessissa.....                       | 12 |
| 4   | VIIVAKOODIT .....  | 15 |
| 5   | TUNNISTUSTEKNIikka.....  | 17 |
| 5.1 | Laserlukijat .....   | 17 |
| 5.2 | Kameralukijat.....   | 18 |
| 5.3 | Kameralukijan edut.....  | 24 |
| 6   | JÄLJITETTÄVYYSPROJEKTI .....   | 26 |
| 6.1 | Konseptointi.....  | 26 |
| 6.2 | Tarratyypin vaihto.....  | 28 |
| 6.3 | Viivakoodinlukujärjestelmien vertailu.....                                     | 30 |
| 6.4 | Järjestelmän valinta.....  | 33 |
| 7   | JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO .....                                     | 35 |
| 8   | POHDINTA.....  | 40 |
|     | LÄHTEET.....   | 41 |
|     | LIITTEET .....   | 44 |
|     | Liite 1. Nokian Renkaiden jäljitettävyyden ja virheeneston prosessikaavio..... | 44 |
|     | Liite 2. Cognex arviointiraportti E1-00764.....                                | 45 |
|     | Liite 3. Cognex DMR-303X periaatekuva .....                                    | 54 |
|     | Liite 4. Muistio: viivakoodin lisäys aihiovälivarastoon.....                   | 55 |

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään viivakoodikameroiden valintaa, asentamista ja käyttöönottoa Nokian Renkaiden paisto-osaston automaattisessa välivarastojärjestelmässä. Viivakoodin perusteella renkaassa käytetyt raaka-aineet ja komponentit sekä prosessiparametrit voidaan tarvittaessa jäljittää yksilöllisesti. Työ oli osa jäljitettävyyss- ja virheenestoprojektia. Tehtävänäni oli toimia projektipäällikkönä paiston, viimeistelyn ja varaston osaprojekteissa sekä selvittää, asentaa ja käyttöönottaa valitut jäljitettävyyssratkaisut yhdessä projektiryhmän kanssa. Projekti aloitettiin autotehdasasiakkaiden vaatimuksesta jäljittää yksittäisen renkaan valmistustietoja. Lisäksi autotehtaat edellyttävät toimittajiltaan sähköistä virheenestojärjestelmää.

Jäljitettävyyden on tärkeässä roolissa tuotteen valmistusprosessissa. Lainsäädäntö, standardit ja kasvava kuluttajatietoisuus edellyttävät, että tuotteen alkuperä on pystyttävä jäljittämään. Jäljitettävyydellä saavutetaan etuja myös yrityksen omassa toiminnassa. Tuotteiden takaisinvetokustannusten minimoiminen on tärkeää kiristyvässä kilpailussa. Ilman toimivaa jäljitettävyyssjärjestelmää takaisinvetojen tarkka hallinta on mahdotonta. Jäljitettävyydestä on etua myös yrityksen prosessinkehityksessä ja logistiikassa.

Nykyaikaiset viivakoodikamerat tarjoavat hyvät mahdollisuudet toteuttaa kappaletava-  
ratuotannon jäljitettävyyttä. Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmaksi valittiin viivakoodikameroiden tarjoavat mahdollisuudet ja niiden luotettavuus renkaan jäljitettävyydessä. Työn tavoitteena on kertoa viivakoodikameroiden ominaisuuksista sekä antaa selkeä kuva viivakoodikamerajärjestelmän konseptoinnista, valinnasta ja valitun järjestelmän lukuvarmuuden tilastollisesta tutkimisesta.

## 2 NOKIAN RENKAAT OYJ

Nokian Renkaat Oyj on suomalainen, vuonna 1988 perustettu kumiteollisuusyritys. Konserniin kuuluu kolme liiketoiminta-aluetta. Henkilöautonrenkaat valmistaa talvi- ja kesärenkaita henkilöautoihin. Raskaat Renkaat valmistaa kuorma-auton renkaita ja pinnoitusmateriaaleja sekä renkaita teollisuuden ja maatalouden tarpeisiin. Kolmas liiketoiminta-alue on jakeluketju Vianor. (Nokian Renkaat Oyj 2015a.)

Nokian Renkailla on kaksi omaa tuotantolaitosta, yrityksen kotipaikkakunnalla Nokiolla Suomessa ja Vsevolozhskissa Venäjällä. Omien tuotantolaitosten yhteenlaskettu maksimikapasiteetti on yli 20 miljoonaa henkilöautorengasta vuodessa. Yrityksen liikevaihdosta kaksi kolmasosaa muodostuu henkilöautorenkaista. Lisäksi yrityksellä on sopimusvalmistusta ulkomaisissa rengastehtaissa. Sopimusvalmistuksen osuus on noin 3 % myynnistä. Jakeluketju Vianor toimii 27 eri maassa ja valtaosa yli 1300 myyntipisteestä toimii franchising-periaatteella. Nokian Renkaat omistaa 189 Vianor-toimipistettä. Yrityksellä on kaksi omaa testikeskusta, Nokiolla ja Ivalossa. (Nokian Renkaat Oyj 2015b, 22, 32, 35.)

Nokian Renkaiden vuosikertomuksessa (2015b, 42) konsernin liikevaihdoksi vuonna 2014 kerrotaan 1389,1 miljoonaa euroa. Päämarkkina-alueina ovat pohjoismaat (Suomi, Ruotsi ja Norja), yhteensä noin 40 % bruttomyynnistä, Venäjä ja IVY 26 % sekä muu Eurooppa 24 %. Konsernin palveluksessa oli vuoden 2014 lopussa 4204 henkilöä. Nokian tehtaalla työskentelee noin 1100 henkeä, ja Nokian Renkaat onkin yksi Pirkanmaan suurimmista työllistäjistä (Happonen 2015, 17).

### 2.1 Historia

Nokian Renkaiden historia ulottuu vuoteen 1898, jolloin Suomen Gummitehdas Oy perustettiin. Yritys aloitti tuolloin kumikalossien ja teknisen kumin valmistuksen Helsingissä. Yritys siirsi tuotantonsa myöhemmin Nokialle ja rengasvalmistuksen se aloitti vuonna 1924. Ensimmäinen autonrengas esiteltiin vuonna 1932. Nokian Renkaiden tunnetuimman tuotemerkin historia on lähes 80 vuotta vanha, sillä vuonna 1936 Suomen Gummitehdas toi markkinoille ensimmäisenä maailmassa henkilöauton talvirenkaan,

Lumi-Hakkapeliitan. Nimensä Suomen Kumitehdas Osakeyhtiöksi vaihtaneen yrityksen seuraava innovaatio julkistettiin vuonna 1957, jolloin se lanseerasi ensimmäisen nastarengasmalliston, Kometa-Hakkapeliitan. (Hakkapeliitta 75 -verkkohistoriikki 2015.)

Kymmenen vuotta myöhemmin kasvu-uralla ollut yritys fuusioitui puunjalostusyhtiö Nokia Oy:n ja Suomen Kaapelitehdas Oy:n kanssa. Konsernin nimeksi tuli Oy Nokia Ab, josta on kasvanut Suomen yrityshistorian merkittävimpiä yhtiöitä. 1980-luvun lopussa liiketoimintojaan purkanut Oy Nokia Ab ja japanilainen Sumitomo Rubber Industries perustivat joint-venture yrityksen Nokian Renkaat Oy:n. Yrityksen listautuessa Helsingin arvopaperipörssiin vuonna 1995, sen nimeksi tuli nykyinen Nokian Renkaat Oyj. Sittenkin matkapuhelinliiketoimintaan keskittynyt Oy Nokia Ab luopui omistuksestaan Nokian Renkaissa kokonaan vuonna 2003, ja yrityksen suurimmaksi osakkeenomistajaksi nousi japanilainen rengasalan suuryritys Bridgestone. Jakeluyhtiöt yhtenäistettiin Vianor-nimen alle 1990-luvun lopussa. (Hakkapeliitta 75 -verkkohistoriikki 2015.)

2000-luvulla Nokian Renkaat on kasvattanut markkinaosuuksiaan ulkomaisilla rengasmarkkinoilla. Hakkapeliitta 75- verkkohistoriikin (2015) mukaan kasvun on mahdollistanut voimakas tuotantokapasiteetin kasvattaminen. Vuonna 2005 Nokian Renkaat avasi rengastehtaan Venäjälle, jota laajennettiin toisella tehtaalla vuonna 2012. Venäjän tehtaan osuus yhtiön koko henkilö-autonrenkaiden tuotannosta oli vuonna 2014 noin 80 % (Nokian Renkaat Oyj 2015b, 32).

## **2.2 Strategia**

Nokian Renkaat kutsuu yritysstrategiaansa keskittymisen strategiaksi. Yrityksen päätuotteet ovat suunniteltu vaativiin ajo-olosuhteisiin. Yritys keskittyy tekemään päätuotteistaan alansa parhaita ja pitämään tuoteskaalan pienenä verrattuna vastaaviin rengasvalmistajiin. (Nokian Renkaat Oyj 2015b, 8–9.)

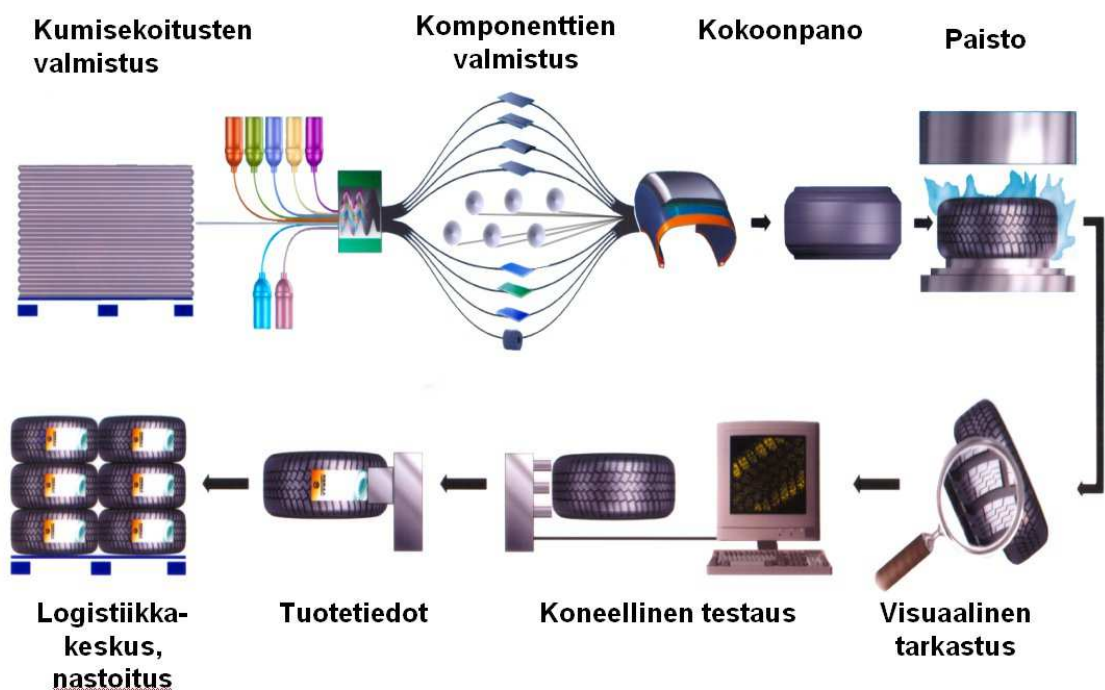
Keskittymisen strategiaa tuetaan muun muassa investoimalla noin 2,5 % vuosittaisesta nettomyynnistä tuotekehitykseen. Nokian Renkaiden mukaan uusien tuotteiden osuus tulee olla vähintään 25 % liikevaihdosta. Suurin osa Nokian Renkaiden tuotteista myy-

dään jälkimarkkinoille. Toimitusketjussa loppukäyttäjälle avainasemassa on oma jakelukanava Vianor. (Nokian Renkaat Oyj 2015b, 8–9.)

### 2.3 Renkaan tuotantoprosessi

Henkilöauton vyörenkaan pääraaka-aineet ovat luonnonkumi, synteettinen kumi, silica, noki ja öljy. Lisäksi rengas sisältää muita ominaisuuksia parantavia lisäaineita sekä teräslankaa ja polyesterikangasta.

Nokian Renkaiden tuotantoprosessissa on viisi päävaihetta; kumisekoitusten valmistus, komponenttien valmistus, kokoonpano, paisto ja testaus. Kuviossa 1 valmiista kumisekoituksesta valmistetaan renkaan eri komponentit, joista kootaan rengasaihio kokoonpanovaiheessa. Paistamisen jälkeen rengas on valmis, ja se tarkastetaan visuaalisesti. Tämän jälkeen rengas testataan koneellisesti, etiketöidään ja kuljetetaan logistiikkakeskukseen varastoitavaksi ja nastarenkaan kyseessä ollessa nastoitettavaksi.



KUVIO 1. Renkaan tuotantoprosessi (Nokian Renkaat Oyj 2014)



### 3 TUOTTEEN JÄLJITETTÄVYYS

Blancou (2001, 420) esittää, että jäljitettävyys on tunnettu jo 3800 vuotta sitten. Hammurabin lain artiklassa 265 todetaan, että jos karjapaimen myy karjaa tai tekee muuta vilppiä, tulee hänen maksaa karjan omistajalle tappiot kymmenkertaisesti. Tuolloin Mesopotamiassa oli tapana merkitä kunkin karjanomistajan karja erivärisillä täplillä oikean omistajan löytämiseksi. Standardeja ruoka-aineiden alkuperän jäljittämiseksi on ollut käytössä todistetusti jo 1600-luvulla.

Nykyisin tuotteen jäljitettävyys määritellään kykynä jäljittää tuotteen historia ja käyttö sekä paikantaa ja tunnistaa tuote dokumentointia apuna käyttäen (Töyrylä 1999, 8–9). Jäljitettävyydellä ei tarkoiteta pelkästään tuotteen tunnistamista, vaan myös kykyä tallentaa ja raportoida tuotteeseen liittyviä tietoja. Töyrylän (1999, 17) mukaan erilaisia tarpeita jäljitettävyydestä on tallentamiseksi ovat:

- Tuotteen valmistusajankohta ja ikä. Esimerkiksi elintarvikkeista on tiedettävä niiden viimeinen käyttöpäivä tai kulutustavaroista takuun voimassaoloaika.
- Tuotteen alkuperä. Tuotteeseen käytetyt raaka-aineet on pystyttävä jäljittämään.
- Tuotteen määränpää. Määränpään avulla voidaan hallita esimerkiksi viallisten tuotteiden takaisinveotoja.
- Tuotteen yksilöllinen rakenne. Hyvän tuoterakenteen hallinnan avulla voidaan valmistaa yksilöllisiä ja kustomoituja tuotteita.
- Virheet ja muutokset. Esimerkiksi virheet toimitusketjussa tarkoittavat myöhästymisiä.
- Laittomat toimet. Jäljitettävyyttä voidaan käyttää varastettujen tuotteiden etsimiseen tai estämään tuotteiden myynti väärillä markkinoilla.

Stark (2011, 36) toteaa, että tuoteturvallisuutta voidaan pitää tärkeimpänä yksittäisenä jäljitettävyystarpeena. Niin lait kuin kasvava kuluttajatietoisuuskin vaativat, että yritykset pystyvät vakuuttamaan tuotteidensa olevan turvallisia. Jäljitettävyys on erityisen tärkeää ruoka-, lääke-, auto- tai offshore-teollisuudessa toimiville yrityksille. Elintarvikkeiden tuotantoketjun jäljitettävyydestä on säädetty muun muassa EU:n elintarvikkelainsäädännössä ja elintarviketeollisuutta koskevissa standardeissa. Monien tuotantoeläinten sairausepidemioiden, varsinkin 1980-luvulla todetun hullun lehmän taudin, jälkeen elin-

tarviketeollisuudesta on tullut tiukin tuotteen yksilöllistä jäljitettävyyttä vaativa teollisuudenala (Korhonen, Mäki & Tupasela 2012, 24; Töyrylä 1999, 8).

Vaikka autoteollisuus on toipumassa vuonna 2008 alkaneesta talouskriisistä, ovat öljyn hinnan vaihtelu, koventunut kilpailu ja kehittyvät markkinat pakottaneet autonvalmistajat karsimaan kulujaan ja kehittämään tuotantoprosessejaan. Toisaalta tiukentuneet turvallisuusvaatimukset sekä viranomaisten vaatimukset hallita viallisten ajoneuvojen takaisinkutsuja, ovat pakottaneet autoteollisuuden kehittämään prosessejaan yksittäisten komponenttien jäljittämiseksi (Kulkarni & Subbiah 2012, 2–3). Esimerkiksi vuonna 2014 Yhdysvalloissa tehtiin yhteensä yli 63 miljoonaa ajoneuvojen takaisinkutsua (NHTSA 2015a). Yksistään General Motors teki noin 29 miljoonaa takaisinkutsua, joiden yhtiö on laskenut aiheuttaneen noin 2,5 miljardin dollarin kustannukset (General Motors 2014, 30–31). Pystymällä pienentämään takaisinkutsuttavien ajoneuvojen määrää ja niistä aiheutuvia kustannuksia, on autovalmistajalla oltava aukoton komponenttien jäljitettävyyjärjestelmä. Kulkarni ja Subbiah (2012, 4) esittävät myös muita jäljitettävyydestä saatavia hyötyjä autonvalmistajille ja sopimusvalmistajille. Näitä ovat kustannustehokkaampi takuuasioiden ja laatuauditointien hallinta, parempi laadunhallinta koko toimitusketjussa sekä parempi yrityskuva.

Teollisen automaation, tietotekniikan ja tuotetietojen hallinnan yleistymisen on tarjonnut hyvät mahdollisuudet jäljitettävyyjärjestelmien rakentamiseen. Tuoteturvallisuuden, riskienhallinnan ja laadunhallinnan lisäksi jäljitettävyyjärjestelmien keräämiä tietoja käytetään myös yrityksen materiaalivirtojen seuraamiseen ja siten myös prosessikehitykseen. Taloushallinnon apuna sitä voidaan käyttää muun muassa keskeneräisen tuotannon määrittämiseen. Jäljitettävyys voidaan ottaa myös osaksi yrityksen tietohallintoa tai markkinointistrategiaa. (Töyrylä 1999, 10–17.)

### **3.1 Renkaan jäljitettävyys**

Renkaassa olevia jäljitettävyysmerkintöjä säätelevät erilaiset lait ja säädökset. Jokaisella maalla on omat ajoneuvojen ja niiden varusteiden tyyppihyväksyntää koskevat lakinsa, joten yksiselitteistä globaalia vaatimusta renkaan jäljitettävyydellekään ei näin ollen ole. Renkaiden merkintää koskevia vaatimuksia pyritään kuitenkin standardisoimaan ja harmonisoimaan. Vuonna 1958 YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) laatima so-

pimus ajoneuvojen teknisestä yhdenmukaistamisesta eli niin kutsuttu E-sääntösopimus on myös perusta nykyisille renkaan merkintävaatimuksille. Sopimusta laajennettiin vuoden 1998 globaalisopimuksella. Vaikka Yhdysvallat on allekirjoittanut vuoden 1998 globaalisopimuksen, se ei kuitenkaan noudata E-tyyppihyväksyntää koskevia säädöksiä, vaan autonvalmistajat ilmoittavat itse autojensa olevan ajoneuvoja koskevien lakien mukaisia (Canis & Lattanzio 2014, 2).

E-tyyppihyväksyntäsäädökset ja Euroopan Unionin EY-tyyppihyväksyntäsäädökset ovat yhteneväisiä. Direktiivissä 92/23/ETY (1992) moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen renkaista ja renkaiden asentamisesta ja E-sääntösopimuksen säädöksessä 30 (1958) mainitaan, että renkaassa on oltava valmistuspäivämäärä kolmen numeron ryhmänä. Kaksi ensimmäistä numeroa osoittavat viikkoa ja viimeinen numero valmistusvuotta. Vuodesta 2000 lähtien myös valmistusvuosi on osoitettu kahdella numerolla.

Yhdysvalloissa liikenneministeriön alainen National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) pitää yllä ajoneuvoihin liittyviä standardeja ja säädöksiä. Säädöksessä 49 CFR 574 (1971) käsitellään renkaiden jäljitettävyyteen liittyviä säädöksiä ja niin kutsuttua DOT-koodia. Kuten E-tyyppihyväksytyissä renkaissa, myös DOT-merkityissä renkaissa on oltava neljän numeron ryhmä osoittamassa valmistusviikkoa ja -vuotta. Lisäksi DOT-koodista käy ilmi renkaan valmistaja ja valmistuspaikka. Renkaan DOT-koodimerkinnät on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. DOT-koodi (NHTSA 2015b, muokattu)

DOT-koodin merkkiryhmät tulkitaan seuraavasti:

1. DOT-referenssisymboli

2. Valmistajan ja tehtaan koodinumero (liikenneministeriön myöntämä)
3. Rengaskoon koodinumero
4. Valmistajan valinnaisia merkintöjä
5. Valmistuspäivämäärä

Viikko- ja vuosimerkinnän lisäksi rengasvalmistajat yleensä merkitsevät renkaisiin muottikoodin, joka kertoo renkaan paistoprosessissa käytetyn paistomuotin tunnuksen. Näiden kahden merkinnän avulla rengasvalmistaja voi jäljittää yksittäisen renkaan tiettyyn tuotantoerään ja paistomuottiin.

Renkaiden tulee täyttää myös tuoteturvallisuutta koskevat lait. EU:n tuoteturvallisuusdirektiivissä 2001/95/EY (2001) todetaan, että tuotetta tai tarvittaessa kyseistä tuotantoerää koskevat tiedot on ilmoitettava tuotteessa tai sen pakkauksessa, paitsi tapauksissa, joissa ilmoittamatta jättäminen on perusteltua. Edellä mainitut renkaan viikko- ja vuosimerkinnät sekä muut sivupinnan merkinnät täyttävät direktiivin vaatimukset.

### **3.2 Jäljitettävyys Nokian Renkaiden tuotantoprosessissa**

Nokian Renkaille on myönnetty laatusertifikaatit ISO 9001 ja ISO/TS 16949, joka määrittelee erityisvaatimukset ISO 9001 standardin soveltamiselle autonvalmistuksessa ja soveltuvissa varaosaorganisaatioissa. Standardi määrittelee jäljitettävyyden seuraavasti:

Organisaation tulee tunnistaa tuote sopivin keinoin kaikissa tuotteen toteuttamisvaiheissa. Organisaation tulee määritellä tuotteen tila seuranta- ja mittausvaatimusten perusteella kaikissa tuotteen toteuttamisvaiheissa. Jos tuotteen edellytetään olevan jäljitettävissä, organisaation tulee hallita yksittäisten tuotteiden tunnistettavuutta ja ylläpitää tästä tallenteita (ISO/TS 16949:2009).

Kuluttajaturvallisuuslaki (920/2011) edellyttää, että toiminnanharjoittaja vastaa valmistamiensa, maahantuomiensa ja myymiensä tuotteiden turvallisuudesta. Toiminnanharjoittajalla on oltava riittävät ja oikeat tiedot käyttämistään raaka-aineista, ja siitä minne tuotteet on toimitettu jakeluketjussa. Yrityksellä on myös omia intressejä käyttäen raaka-aineiden, komponenttien ja renkaiden jäljitettävyydestä ja ylläpitää tästä tallenteita (ISO/TS 16949:2009).

Renkaan valmistuksessa käytettävät raaka-aineet toimitetaan tehtaille erilaisissa muodoissa, kuten säkeissä, paletteina tai keloissa raaka-aineesta riippuen. Toimituserästä löytyy viivakoodi tai vastaava koodi, jonka avulla erän tiedot voidaan tallentaa tiedonkeruujärjestelmään. Nokian Renkailla ei kuitenkaan ole voimassaolevia sääntöjä, millaisia tietoja raaka-ainetoimittajien toimitus- ja valmistuseristä vaaditaan.

Alkuvalmistusosaston tehdessä kumisekoituserän, kaikki erässä käytetyt raaka-aineet tallennetaan tiedonkeruujärjestelmään joko manuaalisesti tai automaattisesti. Komponenttiosastolla puolivalmisteisiin lisättävistä teräslangoista tai tekstiilikoordeista tallennetaan pakkanumero. Valmistusprosessissa käytettävien koneiden tuotantoparametrit, kuten lämpö, paine, ajonopeus ym. tallentuvat automaattisesti tiedonkeruujärjestelmään halutuilta osin.

Rengaskomponentit ajetaan välivarastovaunuihin ja kuljetetaan kokoonpanokoneille. Vaunuja ei ole yksilöity eikä tietoa, mille kokoonpanokoneelle ja milloin komponenttivaunu on viety, tallenneta. Tältä osin jäljitettävyyshetketju ei ole täysin katkeamaton. Vaikka tuotannonohjaus toimiikin FIFO -periaatteella (first in, first out), ei voida yksiselitteisesti selvittää mistä raaka-aine-erästä rengasaihiossa käytetty komponentti on valmistettu.

Myös kokoonpanokoneen parametrit tallentuvat tiedonkeruujärjestelmään. Kokoonpanovaiheessa rengasaihion sivupintaan kiinnitetään kuvan 2 mukainen viivakooditarra. Viivakoodin sisältö on kahdeksannumeroinen numerosarja. Kun tuotantoerä tai viivakooditarrarulla kokoonpanokoneella vaihtuu, tallennetaan myös erän ensimmäinen viivakoodi tiedonkeruujärjestelmään. Näin ollen valmis rengas voidaan jälkikäteenkin jäljittää yksittäiselle kokoonpanokoneelle ja tiettyyn tuotantosarjaan.



KUVA 2. Renkaan viivakooditarra (Juho Pulakka 2015)

Rengasaihiota vulkanoitaessa paistopuristimen prosessisuureiden oloarvot, höyryn lämpötila, höyryn paine ja puristimen puristusvoima tallentuvat tiedonkeruujärjestelmään automaattisesti. Rengasmuotissa olevat viikko- ja vuosimerkinnät sekä muottikoodi vulkanoituvat valmiin renkaan sivupintaan.

Viimeistelyosastolla renkaat testataan testikoneilla, joilta testaustulokset tallentuvat automaattisesti tiedonkeruujärjestelmään. Testauksen jälkeen renkaat etiketöidään ja lavataan. Testaustuloksia käytetään päivittäiseen laadunhallintaan, mutta yksittäisen renkaan testituloksia ei voida jälkikäteen jäljittää ilman rengasetikettiä. Rengasetiketistä löytyvät muun muassa testikoneen numero, jolla rengas on testattu sekä etiketin applikointiajan kohta. Näiden tietojen avulla renkaan testitulokset voidaan jäljittää.

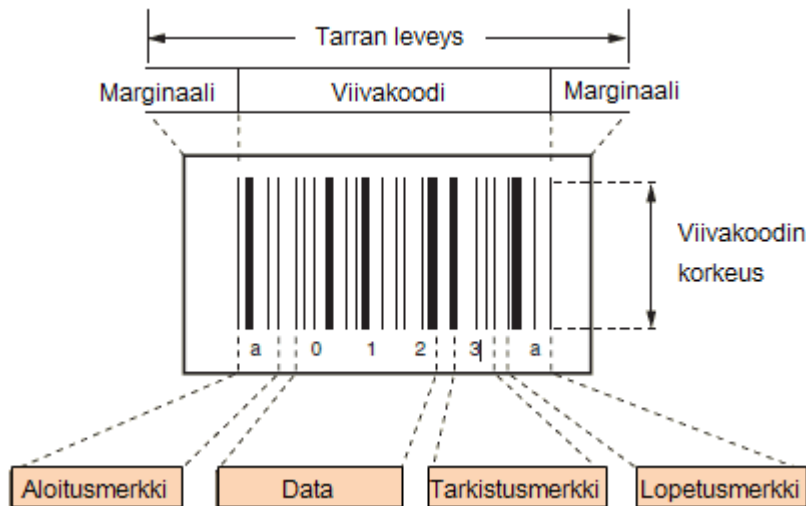
## 4 VIIVAKOODIT

Viivakoodi on koneellisesti luettavissa olevaa informaatiota tuotteesta, johon se on kiinnitetty. Sen etuja ovat tiedon oikeellisuus, lukuvarmuus, luennan nopeus ja helppous sekä edullisuus (Hänninen 2012, 2). Viivakoodien käytön sovellusesimerkkejä on nähtävillä kaikkialla, kuten vähittäiskaupan tuotepakkauksissa, logistiikassa tai terveydenhuoltosektorilla. Viivakoodimuotoja on olemassa useita erilaisia, riippuen siitä minkä tyyppistä informaatiota niissä esitetään. Viivakoodit voidaan kuitenkin jakaa kahteen pääluokkaan; perinteisiin lineaarisiin 1D-viivakodeihin ja 1990-luvulla kehitettyihin kaksikulotteisiin 2D-viivakodeihin (kuvio 2). Yhteistä kaikille standardoiduille viivakoodityypeille on, että niistä on löydettävä marginaalit, jotta luenta voidaan suorittaa onnistuneesti. Marginaalilla tarkoitetaan tyhjän tilan leveyttä koodin alussa ja lopussa. Marginaalin leveys on standardoitu ja sen tulee olla vähintään kymmenen kertaa X-dimension eli kapeimman elementin, moduulin, levyinen (Optiscan Oy 2015).



KUVIO 2. Lineaarinen Code 128 -viivakoodi ja kaksikulotteinen QR-koodi (TechnoRiiver 2015)

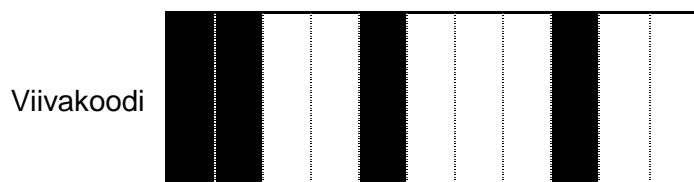
Nokian Renkailla käytössä olleen aihion viivakooditarran viivakoodityyppi oli Code 128. Williamsin (2004, 152–154) mukaan Code 128 on alfanumeerinen viivakoodityyppi, jolla voidaan koodata kaikki ASCII-taulukon 128 merkkiä käyttämällä kolmea eri merkkiluokkaa A, B tai C. Code 128:n rakenne on spesifioitu standardissa ISO/IEC 15417. Koodi koostuu kuvion 3 mukaisesti alkumarginaalista, aloitusmerkistä, varsinaisesta datasta, tarkistusmerkistä, lopetusmerkistä ja loppumarginaalista. Viivakoodi voidaan lukea kumpaan suuntaan tahansa.



KUVIO 3. Viivakoodin rakenne (Keyence 2015a, muokattu)

Jokainen merkki koostuu 11:sta moduulista, poikkeuksena lopetusmerkki, joka sisältää 13 moduulia. Moduuleilla esitetään yhteensä kuusi elementtiä, kolme tummaa elementtiä (viivaa) ja kolme vaaleaa elementtiä (väliä). Elementti voi näin ollen olla 1–4 moduulin levyinen. Jokainen merkki alkaa aina viivalla ja loppuu väliin. Viivojen moduulien summa on aina parillinen ja välien moduulien summa pariton (kuvio 4). Tästä johtuen jokainen merkki voidaan pariteettitarkastaa. Code 128:n virheensietokyky on hyvä verrattuna muihin yleisiin 1D-viivakoodeihin. Pariteettitarkastuksen lisäksi koodin virheentarkastus suoritetaan tarkistusmerkin avulla käyttäen modulo 103 -algoritmia. Aloitusmerkin ja datamerkkien painotettu summa lasketaan yhteen ja jaetaan luvulla 103. Jakojäännöksen on vastattava tarkistusmerkin lukua. (Williams 2004, 153–155.)

| Elementti | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|
| Moduuli   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |



|       |   |   |   |   |  |   |   |   |  |    |            |
|-------|---|---|---|---|--|---|---|---|--|----|------------|
| Viiva | 1 | 1 |   | 1 |  |   | 1 |   |  | 4  | parillinen |
| Väli  |   |   | 0 | 0 |  | 0 | 0 | 0 |  | 7  | pariton    |
| Summa |   |   |   |   |  |   |   |   |  | 11 |            |

KUVIO 4. Code 128 merkin rakenne



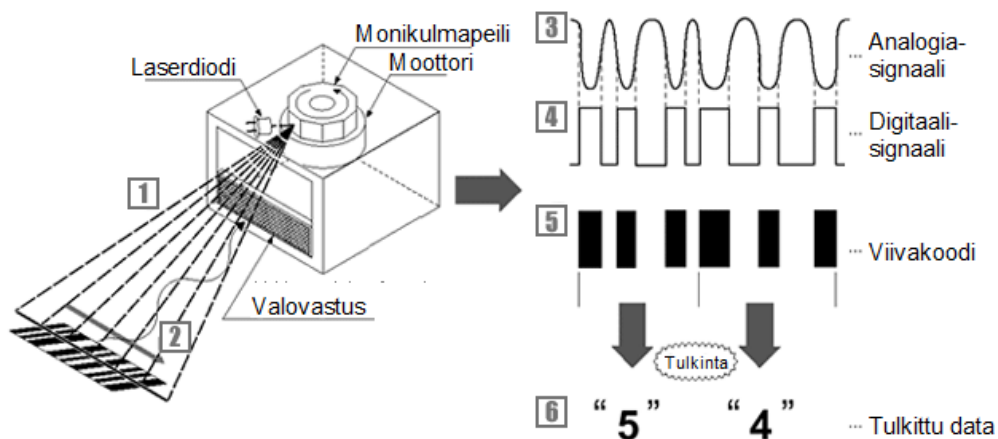
## 5 TUNNISTUSTEKNIikka

Viivakoodinlukija on laite, joka tulkitsee viivakoodin sisältämän informaation ihmisen ymmärtämään muotoon. Seuraavissa alaluvuissa on käsitelty kahta teollisuuskäyttöön tarkoitettua lukutekniikkaa, laserlukijoita ja kameralukijoita sekä niiden eroja.

Lukutekniikasta riippumatta lukijat voidaan jakaa kiinteisiin lukijoihin ja kannettaviin käsilukijoihin. Operaattori lukee viivakoodin kannettavalla käsilukijalla, joka voi olla langallinen tai langaton. Kiinteitä lukijoita käytetään sen sijaan pääsääntöisesti kohteissa, joissa viiva-koodin luenta tapahtuu automaattisesti ilman operaattoria.

### 5.1 Laserlukijat

Laserlukijan toiminta perustuu valon intensiteetin muutokseen. Lukijan laserlähetin lähettää valosädettä, jonka linssi suuntaa pyörivään peilistöön. Peilistöstä valosäde heijastuu viivakoodiin ja siitä takaisin vastaanottimeen. Valon intensiteetti on suurempi valon osuessa viivakoodin väliin ja pienempi sen osuessa viivaan. Valovastus muuttaa saapuvan valon intensiteetin sähköiseksi signaaliksi, joka muutetaan edelleen digitaaliseksi signaaliksi AD-muuntimessa. Dekooderi tulkitsee digitaalisen signaalin ja muuttaa viivakoodin tiedon ymmärrettävään muotoon (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Väli-maa 1996, 67). Laserlukijan toimintaperiaate on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Laserlukijan toimintaperiaate (Keyence 2015b, muokattu)

Michael ja Michael (2009, 93) kuvaavat laserlukijan toimintasekvenssin kahdeksanportaisena:

- 1) valaise viivakoodi
- 2) kerää heijastunut valo ja muuta sähköiseksi signaaliksi
- 3) prosessoi signaali
- 4) analysoi viivakoodin viivojen ja välien suhteelliset leveydet
- 5) vertaa signaalia tunnettuihin viivakoodistandardeihin
- 6) jos vastaavuus löytyy, jatka
- 7) tulkitse viivakoodi
- 8) lähetä tulkittu tieto eteenpäin.

Laserlukijat ovat yksinkertaisemman rakenteensa ansiosta yleensä kameralukijoita edullisempia. Laserlukijan lukunopeus voi olla jopa 1300 lukua sekunnissa. Lukuetäisyydet ovat lukijasta riippuen muutamasta kymmenestä millimetristä jopa 600 millimetriin. Toisaalta laserlukijoilla ei voida lukea 2D-koodeja tai osittain vioittuneita 1D-koodeja. Laserlukija pitää aina kohdistaa lähes samansuuntaisesti koodin kanssa, jotta lasersäde osuu koodiin. Tämä saattaa joskus olla haaste kiinteissä asennuskohteissa. (Cognex 2014, 17–18). Teollisuuskäyttöön tarkoitettujen laserlukijoiden liitettävyys on hyvä niin tietokonepohjaisiin järjestelmiin (RS-232, Ethernet, USB, Bluetooth) kuin yleisimpiin automaatiöväyliin (esim. Profinet, Profibus, TwinCat). Automaatiöväylään liittämiseksi tarvitaan yleensä erillinen liityntämoduuli.

## 5.2 Kameralukijat

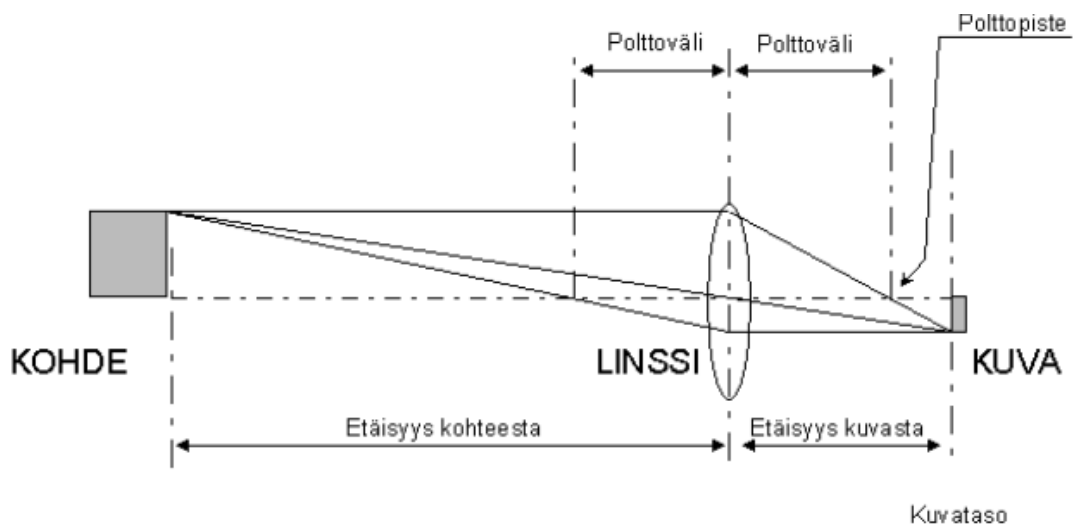
Kameralukijan toiminta perustuu älykamerapohjaiseen konenäköjärjestelmään. Kamera-tekniikkaa on käytetty yleisesti kiinteissä lukijoissa, mutta tekniikan halvennuttua sitä on alettu käyttää myös käsilukijoissa hyvien ominaisuuksiensa takia. Järjestelmä sisältää viisi pääkomponenttia: optiikan, valaistuksen, kuvanmuodostuselimen, sisäänrakennetun kuvaprosessorin ja liitännät (Microscan 2012).

Valaistuksen ja optiikan avulla kuvanmuodostuselin ottaa kuvan tutkittavasta kohteesta. Kuvan muodostuksen jälkeen kuva siirretään muistiin kuvankäsittelyä varten. Konenäköjärjestelmän kuvankäsittelyvaiheita ovat esikäsittely, kuva-analyysi ja tulkinta. Esikäsittelyn tarkoituksena on vähentää kohinaa ja lisätä kontrastia kohteiden ja taustan

välillä. Esikäsittelevä vaiheesta kuvasta voidaan erottaa pienempiä, kiinnostavia osia varsinaisen kuva-analyysin nopeuttamiseksi. Analyysin ensimmäinen vaihe on segmentointi. Sen tarkoituksena on jakaa kuva osiin, jotka vastaavat kuva-alueella olevia piirteitä. Piirteiden analysointiin käytetään erilaisia menetelmiä, esimerkiksi viivakoodin lukua. Tulkintavaiheessa viivakoodi tulkitaan ja sen sisältämä tieto lähetetään eteenpäin järjestelmässä (Fonselius ym. 1996, 79).

## Optiikka

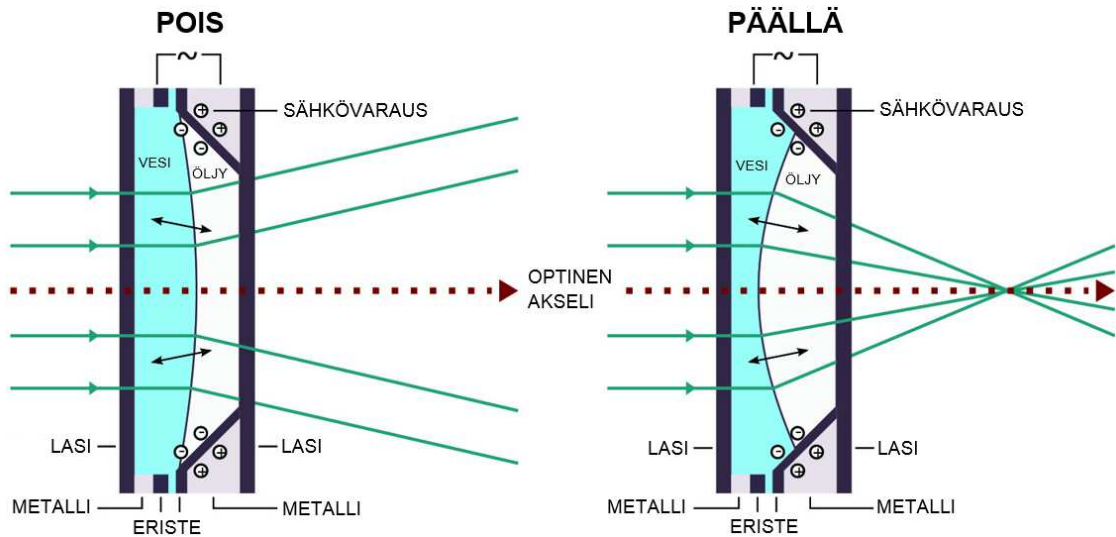
Optiikka voidaan jakaa kiinteisiin linssihin ja vaihdettaviin linssihin. Kiinteälinsissä optiikkaa käytetään käsilukijoissa ja halvemmissä kiinteissä lukijoissa. Vaihdettavalinsissä älykamoissa käytetään kiinteän polttovälin C-kierrelinssejä, CS-kierrelinssejä tai muuttuvan polttovälin nestelinssejä. Polttovälillä tarkoitetaan linssin ja polttopisteen välistä etäisyyttä ja se esitetään yleensä millimetreinä. Mitä pienempi polttoväli on, sitä laajempi kuva-ala saavutetaan (kuvio 6). Erikoissovelluksissa voidaan käyttää myös peilijärjestelmiä kuva-alan koon suurentamiseksi.



KUVIO 6. Linssin polttoväli (Savolainen 2009)

Nestelinsit edustavat uusinta linssitekniikkaa, joissa kuva-alaa voidaan muuttaa ilman mekaanista linssien siirtoa. Kuviossa 7 nestelinsin lasipintojen välissä on kahta toisiinsa sekoittumatonta nestettä, vettä ja öljyä. Vesipisaran kaarevuutta säädellään muuttamalla sähköistä jännitettä sen ympärillä, jolloin myös linssin polttoväli muuttuu. Ecker-

rin (2015) mukaan nestelinssin etuna on, että se ei sisällä rikkoutuvia mekaanisia osia. Linssin optinen laatu on hyvä ja vasteaika pieni. Nestelinssejä käytetään hyväksi kohteissa, joissa kuvattavan kohteen tai kohteiden etäisyys kamerasta vaihtelee.



KUVIO 7. Nestelinssin toimintaperiaate (Varioptic 2015, muokattu)

## Valaistus

Konenäkösovelluksissa valaistuksella on suuri merkitys. Valaistuksella luodaan olosuhteet kameralle, jotta haluttu tutkittava piirre on helposti löydettävissä kuvasta. Toisin sanoen, jos valaistusta ei ole valittu ja asennettu asianmukaisesti, muut konenäköjärjestelmän osat eivät voi kompensoida sen aiheuttamia ongelmia. Riittämättömässä valaistuksessa kuvasta ei saada tarpeeksi terävää, liian suuri valaistus aiheuttaa kuvaan heijastuksia ja varjoja.

Savolaisen (2009) mainitsee neljä erilaista valaisumenetelmää: suora valo, epäsuora valo, taustavallo ja salamavallo. Suorassa valossa valaisimet suunnataan suoraan kuvattavaa kohdetta kohti. Suora valo tuottaa terävät varjot, mutta ei tasaista valaistusta kohdepinnalle. Epäsuora valo heijastetaan toisen pinnan kautta kohdepinnalle. Tämä tuottaa tasaisen valon koko pinnalle ja vähentää varjoja. Taustavallo heijastetaan kameraa kohti, siten että valaistava kappale on kameral ja valolähteen välissä. Taustavalloa käytetään, kun kappaleen reunat tulee saada hyvin esille esim. mittausta varten. Salamavalloa puolestaan käytetään kohteille, jotka liikkuvat nopeasti.

Kameralukijoissa käytetään yleisesti suoraa valoa, joissa led-valaisin on integroitu kamerarunkoon. Kalliimmissa kiinteissä lukijoissa voidaan käyttää myös ulkoista valonlähdettä.

### **Kuvanmuodostuselin**

Kuvanmuodostuselin eli kuvasensori tai kenno muuttaa optisen kuvan sähköiseen muotoon. Nuutinen (2012, 4) esittää kuvasensorin toiminnalle viisi vaihetta:

- 1) tulevan valon fotonin absorboiminen
- 2) varauksen tuottaminen absorboidusta fotonista
- 3) tuotetun varauksen kerääminen
- 4) kerätyn varauksen siirtäminen
- 5) siirtyneen varauksen konvertointi jännitteeksi.

Yleisimpien teollisuuden älykameroissa, mukaan lukien kameralukijat, käytettävien kennojen resoluutiot ovat 0,3 megapikselistä jopa 5 megapikseliin. Kennotyypit ovat joko CCD-kennoja (charge-coupled device) tai CMOS-kennoja (complementary metal-oxide-semiconductor).

Nykyisillä kuvankäsittelyalgoritmeilla kameralukijat tarvitsevat yleisesti 1,5 pikseliä pienintä tutkittavaa piirrettä kohti, jotta viivakoodi voidaan tunnistaa luotettavasti. Viivakoodin pienin tutkittava piirre on sen kapeimman viivan leveys eli moduulinleveys. Parhaimmillaan kameralukijat voivat tulkita jopa 0,8 ppm (pikseliä per moduuli) resoluution kuvia. Spatiaaliresoluutiolla tarkoitetaan näytteistystaajuutta (mm/pikseli) ja se ilmoitetaan yhtälöllä (1) (Hornberg 2006, 45):

$$Rs = \frac{Sf}{Nf}, \quad (1)$$

jossa  $Rs$  on spatiaaliresoluutio (mm/pikseli),  $Sf$  on pienimmän tutkittavan piirteen koko (mm) ja  $Nf$  tarvittava pikselimäärä pienimmän piirteen havaitsemiseksi (pikseli). Jos viivakoodin moduulinleveys on 0,25 millimetriä, yhtälöä (1) käyttämällä tarvittavaksi spatiaaliresoluutioksi saadaan:

$$\frac{0,25 \text{ mm}}{1,5 \text{ pikseliä}} = 0,167 \text{ mm/pikseli}. \quad (2)$$

Kun kameran kuva-ala ja sensorin resoluutio tunnetaan, todellinen spatiaaliresoluutio ilmoitetaan yhtälöllä (3) (Hornberg 2006, 45):

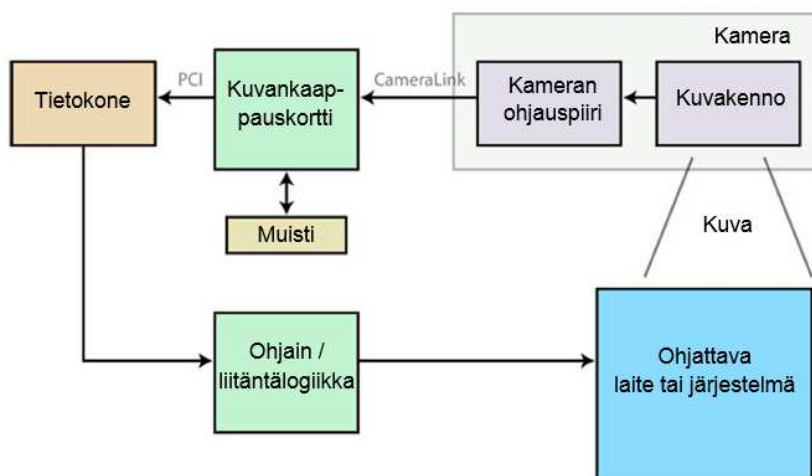
$$R_s = \frac{FOV}{R_c}, \quad (3)$$

jossa  $R_s$  on spatiaaliresoluutio (mm/pikseli),  $FOV$  on kuva-ala (mm) ja  $R_c$  on kameran vaakaresoluutio (pikseli). Viivakoodikamerajärjestelmän spatiaaliresoluutio, jossa kuva-ala on 220 mm ja kennon vaakaresoluutio on 1600 pikseliä, on laskettu yhtälön (3) mukaan:

$$\frac{220 \text{ mm}}{1600 \text{ pikseliä}} = 0,138 \text{ mm/pikseli}. \quad (4)$$

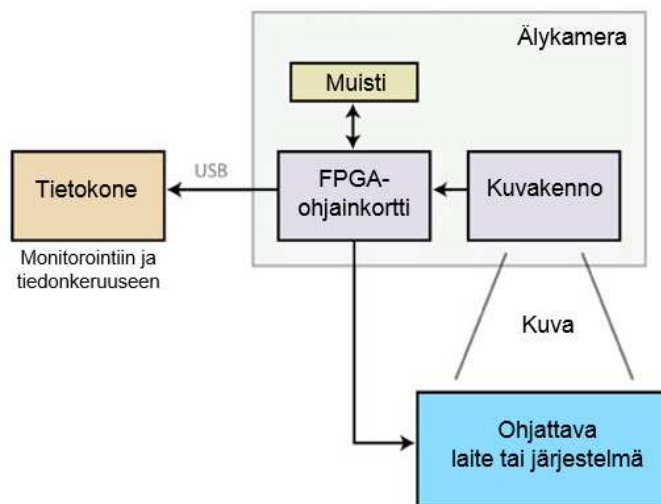
### Kuvaprosessori

Perinteinen konenäköjärjestelmä on kuvattu kuviossa 8. Siinä kuvan prosessointi tapahtuu tietokoneella, johon kamera on liitetty. Kamerat voidaan jakaa kahteen ryhmään, analogisiin ja digitaalisiin. Analogisesta kamerasta kuva lähetetään analogiasignaalinä kuvankaappauskortille, jossa se muutettiin digitaalisignaaliksi. Digitaalikamerasta kuva voidaan lähettää suoraan tietokoneelle tai käyttää kuvan esikäsittelyyn kuvankaappauskorttia. Kuvakäsittely tapahtuu tietokoneella sille tarkoitettulla ohjelmalla, jossa kuvasta etsitään haluttu informaatio erilaisia kuvankäsittelyalgoritmeja, kuten viivakoodin tulkintaa hyväksi käyttäen. (Janovetz 2012.)



KUVIO 8. Perinteinen konenäköjärjestelmä (Janovetz 2012, muokattu)

Tietotekniikan kehittyminen on mahdollistanut kuvan käsittelyyn tarvittavan kuvaprosessorin ja muistin sulauttamisen kameran kanssa samaan älykamerarunkoon, jolloin erillistä tietokonetta tai kuvankaappauskorttia ei tarvita. Kennon analogiasignaali muu- tetaan AD-muuntimessa digitaalisignaalksi. Signaali siirretään FPGA-logiikkapiirille ja kuvaprosessorille, jossa suoritetaan kuvankäsittely ja tulkitseminen. Tulkittu data, kuten viivakoodin sisältämä tieto, siirretään muihin järjestelmiin. Älykamerapohjainen ko- nenäköjärjestelmä on kuvattu kuviossa 9. Käytettävät asetukset siirretään tietokoneen ohjelmasta kameran muistiin, jonka jälkeen kamera voi toimia itsenäisesti. (Janovetz 2012.)



KUVIO 9. Älykamerapohjainen konenäköjärjestelmä (Janovetz 2012, muokattu)

Verrattuna perinteiseen konenäköjärjestelmään, FPGA-piirillä (field-programmable gate array) varustetut älykamerat ovat erittäin kustannustehokkaita, koska erillistä tietokonetta tai kuvankaappauskorttia ei enää tarvita. Niiden laskentateho ei välttämättä riitä kaikista monimutkaisimpiin konenäkösovelluksiin, mutta viivakoodinlukijoiksi varsin hyvin. Halvimmat kiinteät lukijat ottavat alle kymmenen kuvaa sekunnissa ja pystyvät tulkitsemaan saman verran koodeja sekunnissa. Kalliimmat lukijat sen sijaan ottavat 40–60 kuvaa sekunnissa ja pystyvät tulkitsemaan noin 45 koodia sekunnissa.

Tulevaisuuden lukijat ovat vieläkin tehokkaampia. Piirikorttivalmistajat ovat kehittäneet älykameroihin SoC-piirejä (system on chip), joissa kaikki kuvankäsittelyyn tarvittavat komponentit, mukaan lukien kuvaprosessori, on integroitu samalle piirikortille. Etuna

ovat halvempi hinta verrattuna perinteiseen FPGA-piiriin, pienempi virrankulutus ja pienempi koko, jolloin myös itse älykamera voi olla kooltaan pienempi. Koska kaikki komponentit ovat samalla piirilevyllä, myös kuvankäsittely on nopeampaa (Xilinx 2015). SoC-piirillä varustetut viivakoodinlukijat pystyvät ottamaan 150 kuvaa sekunnissa ja tulkitsemaan noin 120 viivakoodia sekunnissa.

### **Liitännät**

Kamerapohjainen viivakoodinlukija kommunikoi muihin laitteisiin yleensä Ethernet-verkon välityksellä. Lukija liitetään tehdasverkon kytkimeen, jolloin se voi kommunikoida muiden saman verkon laitteiden, kuten logiikkaohjaimien, robottiohjaimien tai tietokoneiden kanssa. Protokollana voidaan käyttää yleisimpiä tehdasautomaation standardeja, kuten Profinetiä, Ethernet/IP:tä tai ModBus/TCP:tä tai erillisen kytkentämoduulin kautta muita kenttäväyliä, esim. Profibusia. Lukijoissa on myös I/O- ja sarjaporttiliitännät.

### **5.3 Kameralukijan edut**

Kameralukijat ovat tuoneet viivakoodin lukuun paljon uusia ominaisuuksia. Vaikka laserlukijat lukevat koodeja yli 100-kertaa nopeammin kameralukijoihin verrattuna, ne eivät pysty tulkitsemaan heikkolaatuisia, osittain rikkoontuneita tai esimerkiksi UV-värillä tulostettuja viivakoodeja. Kuten luvussa 5.1 mainittiin, viivakoodi pitää kohdistaa laserlukijan valosäteen suuntaisesti. Kameralukija taas pystyy lukemaan viivakoodin missä asennossa tahansa. Laserlukijoilla ei pystytä lukemaan varsinkin logistiikan alalla ja autoteollisuudessa suuressa kasvussa olevia 2D-viivakoodeja. Kameralukijat voivat koodata samasta kuvasta myös useamman tyyppisiä viivakoodeja kerralla, esimerkiksi pakkauksen 1D- ja 2D-viivakoodit sekä verrata niiden tietoja toisiinsa.

Kameralukijan ottama kuva voidaan esittää järjestelmään liitettyllä tietokoneella tai HMI:llä, joka antaa käyttäjälle lisäinformaatiota lukutapahtumasta. Kuvan perusteella käyttäjän on helppo havaita miksi viivakoodin luku ei onnistunut ja tehdä sen perusteella tarvittavat korjaukset kuvaukseen. Kuvat voidaan myös arkistoida myöhempää tarkastelua varten esimerkiksi samassa verkossa olevalle kuvaserverille.



Jotta viivakoodi voidaan lukea onnistuneesti kaikkialla valmistusprosessissa tai toimitusketjussa, on viivakoodin laadulla suuri merkitys. Kameralukijoilla pystytään koodin tulkinnan lisäksi antamaan tietoa viivakoodin laadusta. Viivakoodien ja kuvankäsittelyalgoritmien kehittyessä lukuvarmuutta voidaan entisestään kasvattaa. Kameralukijavalmistajat tarjoavat tuotteilleen firmware-päivityksiä, joilla käyttäjä voi varmistaa, että lukijassa on aina parhaat ominaisuudet käytössä. Näin säästytään uuden lukijan hankintakustannuksilta.

## 6 JÄLJITETTÄVYYSPROJEKTI

Nokian Renkaiden jäljitettävyyss- ja virheenestoprojekti sai alkunsa eräiden autotehdasasiakkaiden vaatimuksesta jäljittää yksittäisen renkaan valmistustietoja, kuten materiaalit erätasolla, vulkanointiparametrit, voimavaihtelun ja epätasapainon mittaustulokset sekä lähetysajankohta. Lisäksi autotehtaat edellyttävät komponenttitoimittajiltaan sähköistä virheenestojärjestelmää, jolla estetään materiaalien tai puolivalmisteiden sekaantumismahdollisuudet tuotannossa.

Projekti aloitettiin keväällä 2014 perustamalla konseptointiryhmä, joka laati projektisuunnitelman ja kustannusarviot vaadittavista investoinneista jokaisessa renkaan tuotantovaiheessa. Investointiehdotus ja projektin kokonaiskustannusarvio hyväksyttiin huhtikuussa 2014, jonka jälkeen pilottiprojekti Nokian tehtaalla aloitettiin.

### 6.1 Konseptointi

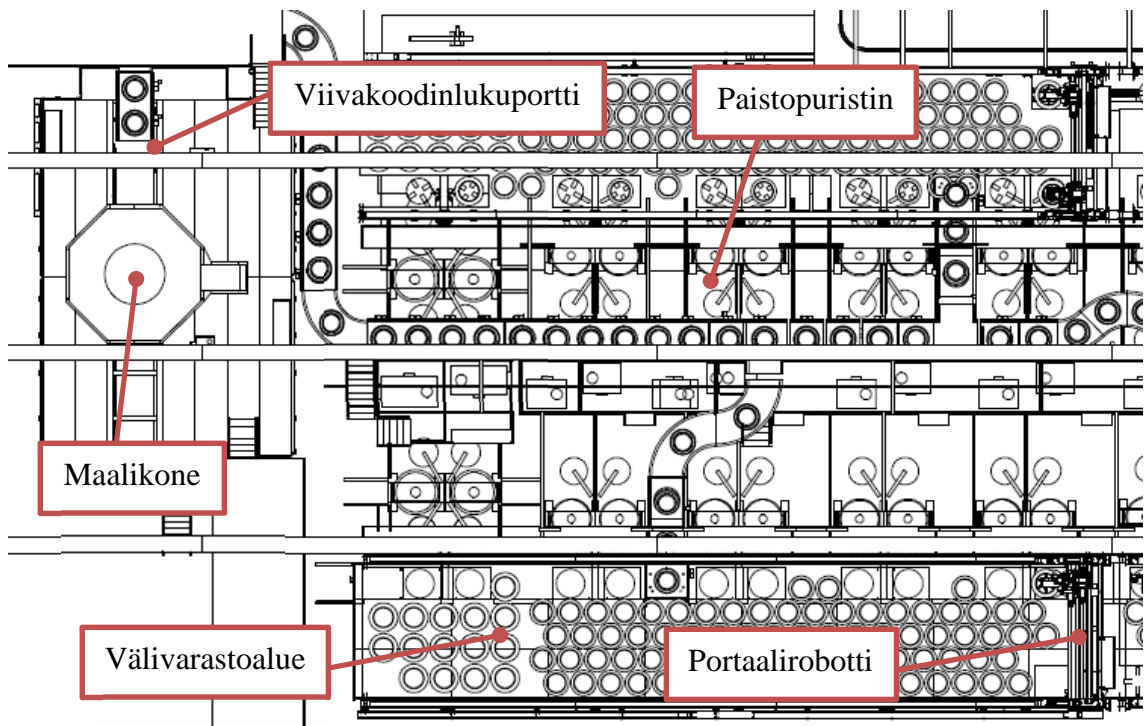
Järjestelmää konseptoitessa lähdettiin oletuksesta, että jäljitettävyyss- ja virheenestoprosessien on oltava mahdollisimman automatisoitua ja niiden on kytkeydyttävä käytössä oleviin tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmiin. Liitteessä 1 on esitetty jäljitettävyyttä ja virheenestoa kuvaava prosessi koko Nokian Renkaiden tuotantoketjussa.

Alkuvalmistuksessa kumisekoituksen raaka-aineita ja komponenttiosastolla puolivalmisteisiin käytettäviä kumisekoituksia verrataan reseptiin. Jos vastaavuus löytyy, niitä voidaan käyttää ja kaikkien käytettyjen materiaalien tiedot tallentuvat eräkohtaisesti tiedonkeruujärjestelmään. Materiaalivaunuihin asennettuihin RFID-tageihin kirjoitetaan automaattisesti vaunussa kuljetettavan komponentin tiedot, jotka luetaan kokoonpanokoneella. Komponenttien tulee vastata aihion reseptissä olevia komponentteja, jotta aihio voidaan valmistaa. Aihiossa käytettyjen puolivalmisteiden tiedot ja aihion viivakoodi tallentuvat kokoonpanon tiedonkeruujärjestelmään. Paistossa rengasaihion tuotekoodia verrataan paistopuristimen reseptiin. Tietojen on täsmättävä, jotta aihio voidaan siirtää puristimeen. Valmiin renkaan vulkanointiparametrit siirtyvät yhdessä viivakoodin kanssa tiedonkeruujärjestelmään. Viimeistelyosastolla renkaan viivakoodi luetaan ennen testikonetta. Testitulokset ja viivakoodi tallentuvat myös tiedonkeruujärjestel-

mään. Kun rengas lähetetään eteenpäin toimitusketjussa, renkaan viivakoodi luetaan logistiikkavarastolla lähetysvaiheessa ja lukutapahtuman ajankohta tallentuu varastohallintajärjestelmään. Jokaisen osaprosessin jäljitettävyystiedot yhdistetään jäljitettävyystietokannassa, jonne renkaassa käytetyt raaka-aineet, puolivalmisteet sekä sen vulkanointiparametrit, testausarvot ja lähetysajankohta arkistoidaan. Tarvittaessa yksittäisen renkaan tiedot voidaan hakea viivakoodin avulla.

Paisto-osaston pilottiprojekti toteutettiin yhteen automaattiseen paistosoluun sekä Nokian että Venäjän tehtailla. Renkaiden yksilöintiin ja jäljitykseen päätettiin hyödyntää jo käytössä olevaa rengasaihion viivakooditarraa, koska markkinoilla oli prosessiin soveltuvia, luotettavia viivakoodinlukujärjestelmiä. Vaihtoehtoinen tapa olisi ollut käyttää RFID-tagia, joka olisi myös kiinnitetty rengasaihioon kokoonpanovaiheessa. Aikaisempien selvitysten ja testien perusteella tagin luentavarmuus renkaan vulkanoinnin jälkeen on vain noin 80 prosenttia, johtuen paistossa katkenneista antenneista. Lisäksi RFID-tagin hinta on kymmenkertainen viivakooditarraan verrattuna.

Paistopuristimia palvellaan automaattisella välivarastojärjestelmällä, jossa portaalirobotit toimittavat rengasaihioita puristimille. Automaattinen paistosolu on esitetty kuviossa 10. Rengasaihion sisäpinta maalataan tarttumisenestomaalilla maalikoneessa, jonka jälkeen aihio rekisteröidään sisään välivarastoon. Samaan rajapintaan, välivaraston tulokuljettimelle, päätettiin hankkia viivakoodinlukuportti, jolla aihion viivakooditarra luetaan varastohallintajärjestelmään.



KUVIO 10. Paiston aihiovälivarasto (Juho Pulakka 2014)

Portaalirobotin luovuttaessa aihion paistopuristimelle, siirtyvät sen tuotekoodi- ja viivakooditieto paistopuristimen logiikkaohjaimelle. Paiston PC-valvomo on yhteydessä jokaiseen paistopuristimeen. Valvomo tallettaa puristimessa olevan renkaan vulkanointiparametrit ja yksilöllisen viivakoodin tiedonkeruujärjestelmään.

## 6.2 Tarratyypin vaihto

Alkuperäisen viivakooditarran tiedettiin sopivan huonosti jäljitettävyystarkoitukseen. Kokoonpanokoneiden viivakoodinlukijat pystyivät lukemaan tarran noin 92 prosentin varmuudella. Huono lukuvarmuus johtui pääsääntöisesti viivakoodin huonosta tulostuslaadusta. Käytössä ollut viivakooditarra oli paperitarra, jolle viivakoodi oli painettu mustalla painomusteella. Viivakoodin X-dimensio eli moduulinleveys oli 0,12 millimetriä ja koodin koko 35 x 8 millimetriä. Tarran pohjaväriä käytettiin pääsääntöisesti valkoista, mutta erityistapauksissa myös värillisiä tarroja. Paperitarran kiinnipysyvyys renkasaihiossa oli huono. Se ei myöskään kestänyt hyvin renkaan vulkanointia, vaan osa tarroista oli repeytynyt tai rypistynyt lukukelvottomaksi vulkanoinnin jälkeen.

Viivakooditarrassa käytettiin Code 128:n merkkiluokkaa B, jolla voidaan koodata numerot, isot ja pienet kirjaimet sekä seitsemän erikoismerkkiä. Viivakoodin tyyppi haluttiin vaihtaa Code 128 merkkiluokkaan C, koska viivakoodi sisältää vain numeroita. Merkkiluokka C koodaa kaksi numeroa yhdessä viivakoodimerkissä. Näin ollen viivakoodin fyysinen leveys on pienempi verrattuna merkkiluokkaan A tai B, kun viivakoodi sisältää pelkkiä numeroita. Koska tarran dimensiot haluttiin pitää samana, voitiin koodin moduulinleveyttä kasvattaa 0,25 millimetriin ja pitää marginaali edelleen standardin mukaisena. Isompi moduulinleveys parantaa koodin tulostuslaatua ja siten myös koodin luettavuutta. Lisäksi viivakoodin Y-dimensiota kasvatettiin koko tarran korkeuden mitaiseksi (kuva 3), mikä parantaa koodin luettavuutta rengasaihion kaarevalta pinnalta. Tarran materiaali vaihdettiin paperista muovipohjaiseksi.



KUVA 3. Uusi viivakooditarra (Juho Pulakka 2015)

Näiden lähtötietojen perusteella pyydettiin tarratoimittajalta mallierää uudesta viivakooditarrasta. Tarroja testattiin usean päivän ajan tuotannossa. Viivakoodi luettiin kokoonpanokoneella tarran applikointivaiheessa. Satunnaisotannalla tarkastettiin visuaalisesti tarran ja viivakoodin laatu vulkanoinnin jälkeen. Kokoonpanokoneella uuden tarran sisältämien tuotteiden päivittäinen lukuvarmuus vaihteli 99,6–100 prosentin välillä. Paiston jälkeisessä otannassa jokainen tarra oli kiinni renkaassa ja ne olivat luettavissa. Hyvien testitulosten perusteella uusi tarra päätettiin ottaa käyttöön molemmilla tehtailla.

### 6.3 Viivakoodinlukujärjestelmien vertailu

Projektin aluksi selvitettiin viivakoodinlukujärjestelmältä vaadittavat tekniset ominaisuudet. Viivakoodi on pystyttävä lukemaan koko sisääntulokuljettimen leveydeltä liikkeestä. Kuljettimen leveys on 1000 mm ja nopeus 0,5 m/s. Kyljellään liikkuvien aihioiden korkeudet vaihtelevat 150 millimetristä 350 millimetriin, ja järjestelmän on kyettävä lukemaan viivakoodi koko korkeusalueella. Viivakoodin orientaatiota aihion kulkusuuntaan nähden ei ole määrätty vaan se voi sijaita missä tahansa aihion sisäkehällä. Järjestelmän on kyettävä lukemaan valittua Code 128 viivakoodityyppiä. Viivakoodin leveys on 20 millimetriä, korkeus 8 millimetriä ja moduulinleveys 0,25 millimetriä (10 mil). Kuvauksen aloittamissignaali välitetään kameralle kuljetinjärjestelmän PLC:ltä, kun aihio saapuu kuljettimen valokennolle. Viivakoodin informaatio on välitettävä takaisin PLC:lle välittömästi. Informaation tulee olla muotoa 12345678R123, jossa 12345678 on viivakoodin sisältämä data, R on erotinmerkki ja 123 viivakooditarran orientaatio aihion kulkusuunnassa. Järjestelmän ja PLC:n välinen kommunikointi toteutetaan Profinet kommunikointiprotokollalla. Järjestelmän asennuspaikalla ei ole esteitä pituus-, leveys- tai korkeussuunnassa.

Koska viivakoodi voi olla missä tahansa orientaatiossa aihion kulkusuuntaan nähden, viivakoodinlukijatyypiksi valittiin kameralukija. Kameralukija pystyy myös tulkitsemaan viivakoodin orientaation. Tätä tietoa haluttiin käyttää rengasaihion paikoittamiseen paistopuristimella. Lisäksi mahdollisuus tallentaa kuva lukutapahtuman epäonnistumisesta koettiin eduksi.

Keskustelut järjestelmän hankinnasta aloitettiin kolmen laitevalmistajan, Cognexin, Datalogicin ja Sickin kanssa. Jokainen valmistaja valitsi järjestelmään soveltuvan kameran, linssit ja valaistuksen lähtötietojen perusteella. Lukijoiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 1 ja lukijajärjestelmät kuvissa 4, 5 ja 6. Kuten taulukosta 1 nähdään, koko kuljettimen leveyttä ei pystytä kattamaan yhdellä kameralla vaan jokainen valmistaja on valinnut järjestelmään useamman kameran koko leveyden kattamiseksi. Esimerkiksi Datalogicin järjestelmä sisältää kahdeksan kameraa, jolloin yksittäisten kameroiden kuva-alat lomittuvat joitakin kymmeniä millimetrejä leveyssuunnassa (kuva 4). Tällä on tarkoitus parantaa kameroiden redundanttisuutta kuva-alueiden reunoilla.

Cognex valitsi järjestelmäänsä erillisen peilisysteemin, jolla kameran kuvausleveyttä voidaan suurentaa jopa 50 prosenttia (kuva 6). Kuva-ala halkaistaan pystysuunnassa kahteen osaan ja osakuva-alat ohjataan kuvakennolle päällekkäin, koska kennon täyttä korkeutta ei tarvita.

TAULUKKO 1. Kameralukijoiden ominaisuudet

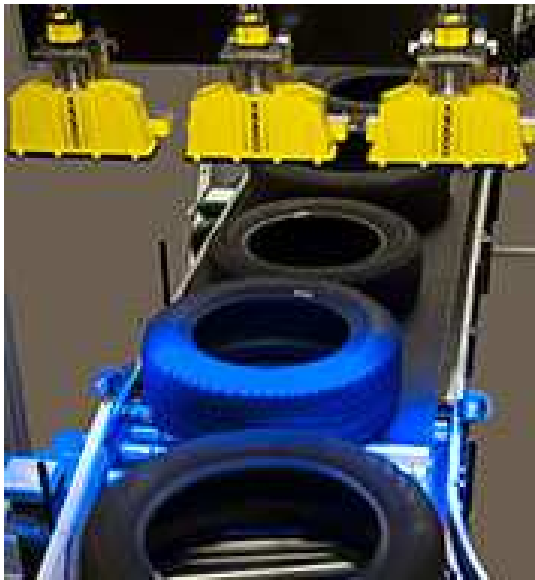
| Valmistaja ja malli | Cognex DMR-303X         | Datalogic STS400          | Sick Lector 652         |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Lukijoiden määrä    | 3                       | 8                         | 3                       |
| Kameran resoluutio  | 1600 x 1200<br>(2 Mpix) | 1280 x 1024<br>(1,3 Mpix) | 2048 x 1088<br>(2 Mpix) |
| Kuvakenno           | CMOS                    | CMOS                      | CMOS                    |
| Kuvausnopeus        | 40 fps                  | 27 fps                    | 70 fps                  |
| Kuva-alan leveys    | 1010 mm                 | 965 mm                    | 945 mm                  |
| I/O                 | 2I/2O                   | 2I/4O                     | 2I/4O                   |



KUVA 4. Datalogic STS400 –viivakoodinlukujärjestelmä (Datalogic 2015)



KUVA 5. Sick Lector 65x –viivakoodinlukujärjestelmä (Sick 2015)



KUVA 6. Cognex DMR-303X –viivakoodinlukujärjestelmä (Cognex 2015)

Ensimmäisissä yhteydenotoissa Cognex ilmoitti, ettei heidän tarjoamallaan viivakoodinlukijalla pystytä tulkitsemaan viivakoodin orientaatiota, vaan järjestelmään tarvitaan erillinen älykamera. Liitteen 2 arviointiraportissa Cognex on testannut viivakoodinlukua ja orientaation tulkintaa. Keskustelujen edetessä Cognex pystyi kehittämään viivakoodikameraansa ominaisuuden, jolla myös viivakoodin orientaatio pystytään tulkitsemaan.

Viivakoodikamerajärjestelmien soveltuvuutta valitulle viivakooditarralle tutkittiin laskemalla niiden spatiaaliresoluutio luvussa 5.2 esitettyä yhtälöä (3) käyttäen. Eri järjestelmien kuva-alat ja kennojen vaakaresoluutiot sekä niistä lasketut spatiaaliresoluutiot on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Eri kameramallien spatiaaliresoluutio

| Valmistaja ja malli     | Cognex DMR-303X       | Datalogic STS400 | Sick Lector 652  |
|-------------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| Yhden kameran kuva-ala  | 220 mm <sup>(1)</sup> | 190 mm           | 315 mm           |
| Kameran vaakaresoluutio | 1600 pikseliä         | 1280 pikseliä    | 2048 pikseliä    |
| Spatiaaliresoluutio     | 0,138 mm/pikseli      | 0,148 mm/pikseli | 0,154 mm/piskeli |

<sup>(1)</sup> Todellinen kuva-ala 440 mm jaetaan kahteen osaan peilijärjestelmällä.

Luvun 5.2 yhtälössä (2) saatiin 0,25 millimetrin moduulinleveydellä riittäväksi spatiaaliresoluutioksi 0,167 mm/pikseli. Taulukosta 2 nähdään, että kaikkien kameravaihtoeht-



tojen todellinen spatiaaliresoluutio on vaadittua pienempi, joten ne ovat sopivia vaihtoehtoja käytettäväksi järjestelmäksi.

Aihoiden korkeuden vaihteluväli kuljettimella on noin 200 millimetriä. Kaikki kamera- vaihtoehdot kattoivat tämän vaatimuksen, Cognexin ja Sickin kameroiden syvyysterävyys valitulla linssillä on 300 millimetriä, Datalogicin 200 millimetriä.

Valmistajat valitsivat lähtötietojen perusteella sopivan valaistuksen järjestelmäänsä. Kaikki tarjosivat järjestelmäänsä punaista led-valaistusta. Valitut kamerat ovat harmaasävykameroita, jotka näkevät värit harmaan eri sävyinä. Kun kohdetta valaistaan punaisella valolla, valo heijastuu vaaleista ja punasävyisistä kohteista kameraan. Tummat kohteet sen sijaan absorboivat tulevan valon. Näin vaalean tarrapohjan ja tumman viivakoodin välille saadaan hyvä kontrasti. Datalogicin ja Sickin kameroissa valaistus on kiinteänä osana kameraa. Cognexin käyttämän peilisysteemin takia kamera tarvitsee erillisen valonlähteen.

#### **6.4 Järjestelmän valinta**

Käytettävän järjestelmän valintakriteereitä olivat tekniset ominaisuudet, liitännöjen kattavuus, asennuksen ja käyttöönoton helppous, järjestelmän laajennettavuus, varaosasaatavuus, aiempi toimittajasuhde, takuu sekä järjestelmän hinta. Järjestelmän valinnassa käytettiin apuna painotettua pisteytystä (1–3 pistettä), joka on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Järjestelmän valintaperusteet

| <b>Valmistaja ja malli</b> | <b>Painoarvo</b> | <b>Cognex<br/>DMR-303X</b> | <b>Datalogic<br/>STS400</b> | <b>Sick Lector<br/>652</b> |
|----------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Tekniset ominaisuudet      | 25 %             | 3                          | 3                           | 3                          |
| Liitännät                  | 5 %              | 3                          | 2                           | 2                          |
| Käyttönoton helppous       | 15 %             | 2                          | 3                           | 2                          |
| Laajennettavuus            | 10 %             | 3                          | 3                           | 3                          |
| Varaosasaatavuus           | 5 %              | 3                          | 3                           | 3                          |
| Aiempi toimittajasuhde     | 10 %             | 1                          | 2                           | 3                          |
| Takuu                      | 5 %              | 3                          | 2                           | 2                          |
| Hinta                      | 25 %             | 3                          | 2                           | 2                          |
| <b>Yhteensä</b>            | <b>100 %</b>     | <b>2,65</b>                | <b>2,55</b>                 | <b>2,50</b>                |

Kuten taulukosta 3 nähdään, suurin painoarvo valintaa tehtäessä oli järjestelmän teknisillä ominaisuuksilla ja kokonaishinnalla. Suurin ero eri toimittajien välillä oli sen sijaan aiemmassa toimittajasuhteessa, mutta päätöksenteossa sillä ei koettu olevan suurta merkitystä.

Kaksi eniten pisteitä saanutta valmistajaa, Cognex ja Datalogic, kutsuttiin neuvotteluihin esittelemään järjestelmäänsä. Molemmat valmistajat pystyivät lukemaan aihion viivakooditarran hyvin, eikä valintaa haluttu tästä syystä tehdä pelkkien teknisten ominaisuuksien perusteella. Tiedossa oli, että viivakoodinlukujärjestelmiä tulnaisiin hankkimaan tulevaisuudessa lisää muihin Nokian Renkaiden paiston väliavarastojärjestelmiin, ja siksi järjestelmän hinnalla oli suuri painoarvo päätöksenteossa. Paiston viivakoodinlukujärjestelmäksi valittiin näin ollen Cognexin järjestelmä.

## 7 JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KÄYTTÖNOTTO

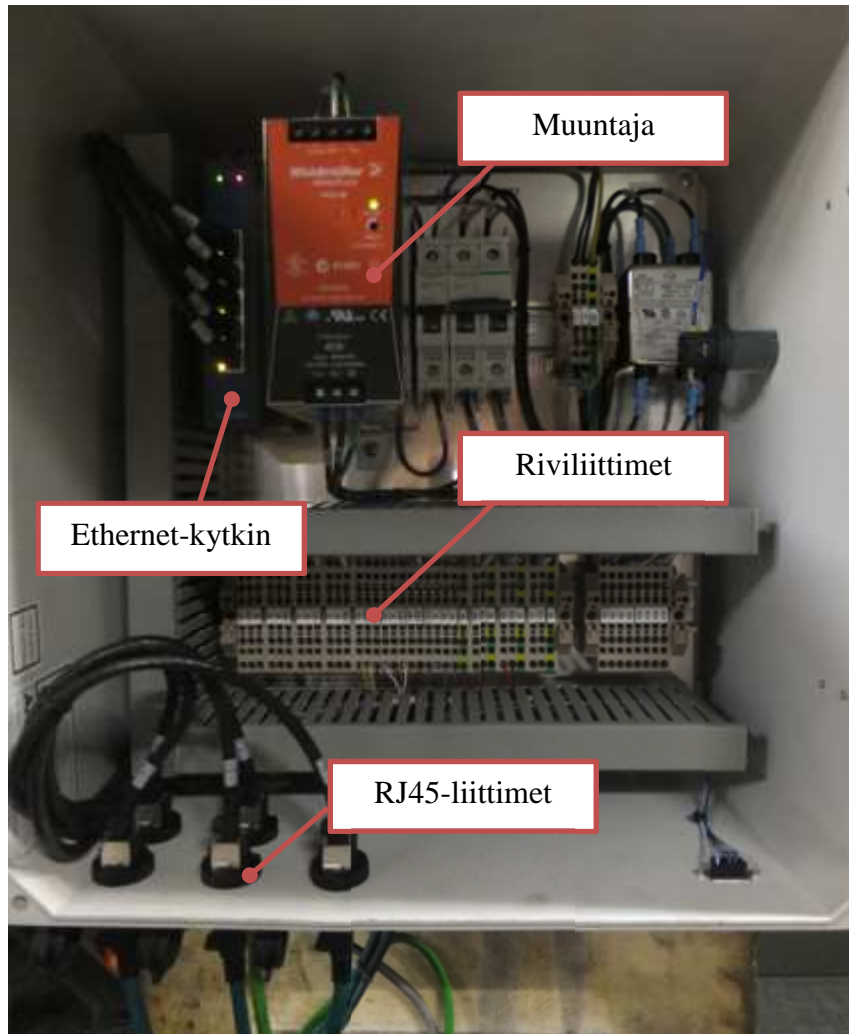
Viivakoodikameroiden asennuspaketti sisälsi kameroiden lisäksi peilisysteemit, led-valaisimet ja asennusraudan, johon kamerat kiinnitetään sekä kaikki tarvittavat kaapelit (liite 3). Asennusraudalle tehtiin teline, joka kiinnitettiin välivarastojärjestelmän tulo- kuljettimen yläpuolelle. Kun kamerat, peilit ja valaisimet oli kiinnitetty asennusrautaan, kiinnitettiin koko kamerajärjestelmä telineeseen (kuva 7). Kameroiden työetäisyys valittiin syvyysterävyysalueen keskeltä, jolloin linssin etäisyys rullakuljettimen yläpinnasta on noin 1130 millimetriä.



KUVA 7. Viivakoodikamerajärjestelmä asennettuna välivaraston tulokuljettimelle (Juho Pulakka 2015)

Sähköasennuksen nopeuttamiseksi hankittiin kuvan 8 mukainen, valmiiksi kalustettu liitântäkotelo. Kotelossa on esiasennettuna jännitemuunnin, jolla 230 VAC syöttöjännite muunnetaan kameroiden tarvitsemaksi +24 VDC käyttöjännitteeksi, 5-porttinen Ethernet-kytkin kameroiden tiedonsiirtoa varten sekä riviliittimet virta- ja I/O-kaapeleiden kytkemistä varten. Kameroiden virta- ja I/O-kaapeleiden johtimet kytkettiin liitântäkotelon riviliittimiin kytkentäohjeen mukaan ja Profinet-kaapelit kotelon ulkokuoressa oleviin RJ45-liittimiin. Välivarastojärjestelmän kuljettimien sähkökaapissa olevasta Ethernet-kytkimestä johdotettiin Profinet-kaapeli kameroiden liitântäkoteloon tiedonsiirtoa

varten. Kameroille kytkettiin virta, jonka jälkeen asennus oli valmis asetusten määrittämistä varten.



KUVA 8. Viivakoodikameroiden liitäntäkotelo (Juho Pulakka 2015)

Järjestelmän käyttöönotto suoritettiin yhdessä Cognexin ja välivarastotoimittajan käyttöönottoinsinöörien kanssa. Nokian Renkailta asennuksessa ja käyttöönotossa oli mukana automaatioinsinööri. Viivakoodikamerat konfiguroitiin tietokoneen avulla Cognex Dataman Setup Tool -ohjelmistoa käyttäen, jonka käyttöön saatiin Cognexilta koulutus käyttöönoton yhteydessä. Kannettava tietokone liitettiin liitäntäkotelon vapaaseen RJ45-liittimeen Ethernet-kaapelilla ja ohjelmistolla luotiin yhteys jokaiseen kameraan. Aluksi kameroille etsittiin sopivat kuvaus- ja valaistusparametrit automaattiviritystä käyttäen. Virityksessä apuna käytettiin testirengasta. Kun sopivat parametrit löytyivät, säädettiin niitä vielä manuaalisesti siten, että viivakoodi pystyttiin lukemaan koko syvyysterä-

vyysalueella. Kamerate asetettiin tulkitsemaan ainoastaan Code 128 -viivakoodityyppiä ja ohjelmoitiin tulkitsemaan myös viivakooditarran orientaatio. Kameroille asetettiin niille varatut IP-osoitteet ja yksi kameroista määritettiin järjestelmän master-kameraksi, joka kommunikoi logiikkaohjaimen kanssa. Master-kameralle tehtiin lisäksi vielä Profi-net-määrittely.

Välivaraston kuljetinjärjestelmän logiikkaohjelmaan tehtiin muutokset viivakoodin käsittelyä varten. Toimintaperiaate on esitetty liitteessä 4. Logiikkaohjelmasta lähetetään signaali kuvauksen aloittamiseksi, kun aihio saapuu kuljettimen valokennolle. Master-kamera lähettää viivakoodin sisältämän numerosarjan logiikkaohjelmalle ASCII-merkkijonona, joka muutetaan logiikassa DINT-tyyppiseksi muuttujaksi (double integer). Jos viivakoodia ei ole saatu luettua, lähettää kamera arvon 0. Viivakoodin sisältämä numerosarja tallennetaan aihion tietoihin varastonhallintajärjestelmän tietokantaan. Kun aihio on siirtynyt kuljettimella viivakoodikamerajärjestelmän jälkeiselle valokennolle, lähettää logiikka kameralle kuvauksen lopetussignaalin.

Käyttöönoton lopuksi, kun kaikki asetukset olivat valmiit, otettiin kameran parametreista varmuuskopiot. Viivakoodikamerajärjestelmän asennuksen ja käyttöönnoton jälkeen lukuvarmuutta seurattiin viiden päivän ajan tehostetusti. Koska uusi viivakooditarra oli käytössä ainoastaan yhdellä kokoonpanokoneella, seuranta kohdistettiin vain kyseisen kokoonpanokoneen tuotteille. Seurannan tulokset on esitetty taulukossa 4.

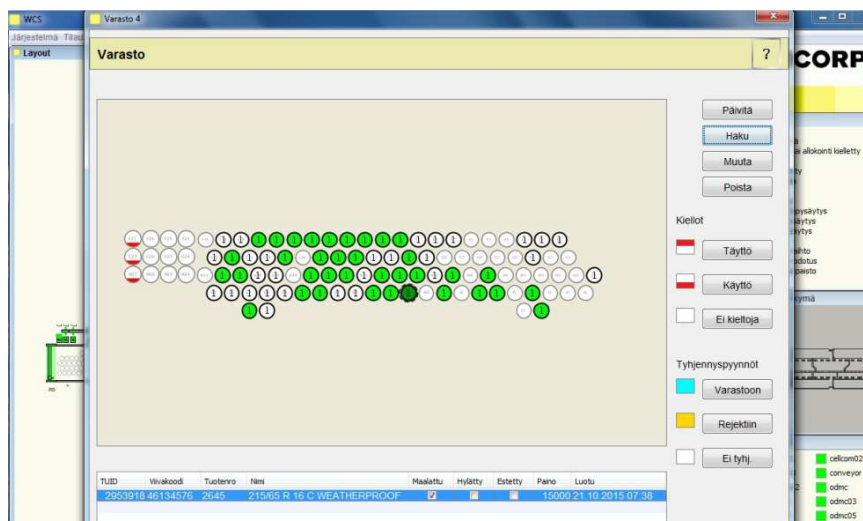
TAULUKKO 4. Viivakoodin lukuvarmuus seurantajakson aikana

| <b>Päivä</b>    | <b>Aihioita yhteensä (kpl)</b> | <b>Lukuvarmuus (kpl, %)</b> | <b>Ei luettu (kpl, %)</b> |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Maanantai       | 883 kpl                        | 874 kpl, 98,98 %            | 9 kpl, 1,02 %             |
| Tiistai         | 852 kpl                        | 841 kpl, 98,71 %            | 11 kpl, 1,29 %            |
| Keskiviikko     | 873 kpl                        | 862 kpl, 98,74 %            | 11 kpl, 1,26 %            |
| Torstai         | 872 kpl                        | 865 kpl, 99,20 %            | 7 kpl, 0,80 %             |
| Perjantai       | 832 kpl                        | 822 kpl, 98,80 %            | 10 kpl, 1,20 %            |
| <b>Yhteensä</b> | <b>4312 kpl</b>                | <b>4264 kpl, 98,89 %</b>    | <b>48 kpl, 1,11 %</b>     |

Lukuvarmuutta seurattiin päivittäin varastonhallintajärjestelmän lokista. Lokista selvitetiin päivän aikana valitulta kokoonpanokoneelta varastoon tulleiden aihoiden kokonaismäärä ja laskettiin ne aihiot, joissa ei ollut viivakooditietoa. Aihoiden kokonais-

määrästä ja ei-luettujen aihoiden määrästä laskettiin järjestelmän lukuvarmuus. Taulukosta 4 nähdään, että lukuvarmuus säilyi koko seurantajakson aikana yli 98,7 prosentissa. Päivittäisten tulosten vaihteluväli oli vain 0,49 prosenttia. Lukuvarmuuden koettiin olevan riittävän hyvällä tasolla, koska tilanteet, joissa viivakoodia ei saatu luettua, olivat tiedossa. Suurin osa epäonnistuneista lukutapahtumista tuli rengasaihioista, joissa ei ollut viivakooditarraa lainkaan. Kokoonpanokoneella on mahdollisuus tarkastaa, että tarra on applikoitu. Jos tarraa ei ole applikoitu tai se on tippunut applikointivaiheessa, voidaan kokoonpanokone pysäyttää automaattisesti. Seurantajakson aikana tämä ominaisuus ei ollut käytössä. Osa taulukon 4 ei-luetuista viivakoodeista selittyy myös varastohallintajärjestelmän kommunikointiongelmista. Seurantajakson aikana viivakoodin tietojen lähettämisen tahdistuksessa kuljetinjärjestelmän PLC:ltä tuotetietokantaan oli ongelmia, joista johtuen kaikki kamerajärjestelmällä luetut viivakoodit eivät kuitenkaan rekisteröityneet varastohallintajärjestelmään.

Paiston välivarasto oli suunniteltu alun perin siten, että tuotetietokantaan tallentuu myös viivakooditieto uuden tuotteen saapuessa järjestelmään. Varastohallintajärjestelmän hakuominaisuuksia haluttiin kuitenkin parantaa kattamaan tuotteen haku välivarastosta myös viivakoodin avulla. Kuvassa 9 välivarastorobotin alueen tuotteista on haettu aihioita tietyllä viivakoodivälillä ja ne näkyvät kuvassa korostettuna vihreällä värillä. Opeeraattori voi esimerkiksi asettaa kyseiset aihiot karanteeniin, jos saman tuotantoerän renkaissa on havaittu laatuongelmia.



KUVA 9. Kuvakaappaus tuotteen hausta varastohallintajärjestelmästä (Nokian Renkaat Oyj 2015c)

Välivarastorobotin ja paistopuristimen välinen kommunikointi laajennettiin kattamaan myös viivakooditieto. Robotin luovuttaessa rengasaihion paistopuristimen aihiolautaselle, siirretään muun tiedon lisäksi aihion viivakooditieto puristimen logiikan siirtorekisteriin. Puristimen operointipaneelissa näytetään aihion viivakooditieto aihiolautasella, puristimen kuormajassa sekä sisällä puristimessa.

Paistopuristin tallentaa jokaisesta paistettavasta renkaasta prosessisuureita WinCC-valvomoon. Valvomon keräämä prosessidata siirretään GE Proficy tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmään, jossa puristimien paistoparametrit voidaan jäljittää tiettyyn ajankohtaan. Paistosuureiden yhteydessä tallennetaan aihion viivakoodi WinCC-valvomoon ja sitä kautta myös Proficyyn (kuva 10). Proficyssä renkaan paistoparametrit voidaan hakea viivakoodin perusteella.



KUVA 10. Kuvakaappaus renkaan jäljitettävyystiedoista Proficyssä (Nokian Renkaat Oyj 2015d)

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli valita sopiva viivakoodikamerajärjestelmä Nokian Renkaiden paisto-osaston automaattiseen aihiovälivarastojärjestelmään sekä asentaa ja käyttöönottaa valittu järjestelmä. Tulosten perusteella tavoitteet saavutettiin. Valittu viivakoodikamerajärjestelmä lukee aihion viivakoodin varastohallintajärjestelmään hyvällä lukuvarmuudella. Järjestelmän asennus ja käyttöönotto sujui ongelmitta ja sovitussa aikataulussa.

Raaka-aineiden, puolivalmisteiden tietojen ja prosessidatan tallentaminen tiedonkeruujärjestelmään vaatii luotettavan ratkaisun renkaan viivakooditarran lukemiseksi. Ilman sopivia viivakoodikameroita renkaan yksilöllinen jäljittäminen on mahdotonta. Viivakoodikamerajärjestelmän asennuksen jälkeen Nokian Renkaat on pystynyt jäljittämään yksittäisen renkaan paistoparametrit. Seuraavassa vaiheessa on tarkoitus tehdä ohjelmanmuutos paistopuristimille, jossa rengasaihion tuotetietoa verrataan puristimen paistoreseptiin ja estetään vääranäntyyppisen aihion paistaminen.

Jatkossa on kiinnitettävä huomiota järjestelmän lukuvarmuuden parantamiseen ja lukuongelmien havaitsemiseen. Vanhan, paperisen viivakooditarran moduulinleveys on vain 0,12 millimetriä. Viivakoodikamerat ovat konfiguroitu suuremmalle moduulinleveydelle, joten vanhan tarran käytön jatkaminen tuotannossa huonontaa järjestelmän lukuvarmuutta. Lisäksi paperinen tarra repeytyy tai tippuu rengasaihiosta helposti. Puoliautomaattisilla kokoonpanokoneilla operaattori asettaa viivakooditarran rengasaihioon käsin. Tapauksissa, joissa viivakooditarra on asetettu aihion sivupinnan saumakohtaan, viivakooditarraan tulee kohouma, jolloin kamerat eivät aina pysty tulkitsemaan koodia. Tämä ongelma on korjattava operaattorikoulutuksella.

Järjestelmän lukuvarmuutta on mahdollista monitoroida asetusohjelmistolla, mutta silloin tietokoneen on oltava liitettynä samaan verkkoon viivakoodikamerajärjestelmän kanssa. Suunnitelmissa on hankkia Nokian Renkaille kuvaserveri, joka kertoo järjestelmän lukuvarmuuden ja analysoi epäonnistuneiden lukutapahtumien syyt. Kuvaserverin käyttöliittymään voidaan olla yhteydessä tietokoneen internet-selaimella.



## LÄHTEET

Blancou, J. 2001. A history of the traceability of animals and animal products. Pariisi: Office International des Epizooties.

Canis, B. & Lattanzio, R. K. 2014. U.S. and EU Motor Vehicle Standards: Issues for Transatlantic Trade Negotiations. Congressional Research Service. Luettu 20.3.2015. <https://www.hsdl.org/?view&did=751039>

Cognex. 2014. Back to Basics: Introduction to Industrial Barcode Reading. Luettu 30.5.2015. [www.cognex.com/global/DownloadAsset.aspx?id=14736](http://www.cognex.com/global/DownloadAsset.aspx?id=14736)

Cognex. 2015. DM303X –viivakoodinlukujärjestelmä. Katsottu 10.7.2015. <http://www.cognex.com/tire-barcode-reading.aspx?pageid=13104&langtype=2057>

Datalogic. 2015. STS400 –viivakoodinlukujärjestelmä. Katsottu 10.7.2015. <http://www.datalogic.com/eng/products/industrial-automation/industrial-barcode-readers/sts400-pd-365.html>

Direktiivi moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen renkaista ja renkaiden asentamisesta 31.3.1992/23/ETY

Ecker, B. 2015. Electrically Tunable Lenses in Imaging and Machine Vision. Luettu 4.11.2015. <http://www.inspect-online.com/en/topstories/vision/electrically-tunable-lenses-imaging-and-machine-vision>

E-sääntösopimus 20.3.1958, SopS 70/1976

Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1996. Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita Oy.

General Motors. 2015. Annual report 2014. Luettu 13.3.2015. [http://www.gm.com/content/dam/gmcom/COMPANY/Investors/Stockholder\\_Information/PDFs/2014\\_GM\\_Annual\\_Report.pdf](http://www.gm.com/content/dam/gmcom/COMPANY/Investors/Stockholder_Information/PDFs/2014_GM_Annual_Report.pdf)

Hakkapeliitta 75 -verkkohistoriikki. Luettu 10.3.2015. <http://hakkapeliitta75.com/>

Happonen, K. 2015. K-ryhmä suurin työllistäjä Pirkanmaalla. Aamulehti 3.3.2015, 16–17.

Hornberg, A. 2006. Handbook of machine vision. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA.

Hänninen, K. 2012. Luento TKK:lla "Viivakoodit", teknologiajohtaja Kari Hänninen, 26.1.2012. Finn-ID. Luettu 10.4.2015. <http://www.slideshare.net/FinnID/viivakooditluento-tkk260112karihnninen>

Janovetz, J. 2012. Machine Vision – Making The Leap From Frame Grabbers To FPGAs. Embedded systems engineering. Luettu 28.6.2015.  
<http://eecatalog.com/fpga/2012/01/17/machine-vision-making-the-leap-from-frame-grabbers-to-fpgas/>

Keyence. 2015a. Viivakoodin rakenne. Katsottu 11.4.2015.  
<http://www.sensorcentral.com/barcode/barcode01.php>

Keyence. 2015b. Laserlukijan toimintaperiaate. Katsottu 26.4. 2015.  
[http://fr1.keyence.eu/topics/barcode/bar\\_code/t\\_guide.php](http://fr1.keyence.eu/topics/barcode/bar_code/t_guide.php)

Korhonen, H., Mäki, M. & Tupasela, T. 2012. Kehittyvä Elintarvike 3/2012. Elintarviketieteiden seuran jäsenlehti. Helsinki: Elintarviketieteiden seura r.y.

Kulkarni, S & Subbiah, P. 2012. Enabling serialization and traceability for automotive industry leveraging MES. L&T Infotech. Luettu 6.2.2015.  
[http://203.197.10.229/resources/documents/Enabling\\_Serialization\\_and\\_Traceability\\_for\\_Automotive\\_Industry\\_leveraging\\_MES.pdf](http://203.197.10.229/resources/documents/Enabling_Serialization_and_Traceability_for_Automotive_Industry_leveraging_MES.pdf)

Kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920

Laatustandardi 15.6.2009/ISO/TS 16949

Michael, K. & Michael, M. G. 2009. Innovative Automatic Identification and Location-Based Services: From Bar Codes to Chip Implants. Hershey: Information Science Reference.

Microscan. 2012. Video: Introduction to Machine Vision, Part 3. Katsottu 2.6.2015.  
<http://www.microscan.com/en-us/trainingandresources/videos/introtomvpt3.aspx>

NHTSA. 2015a. Ajoneuvojen takaisinkutsut Yhdysvalloissa vuonna 2014. Luettu 4.4.2015. <http://www.safercar.gov/Vehicle+Owners/vehicle-recalls-historic-recap>

NHTSA. 2015b. DOT-koodi. Katsottu 4.4.2015.  
<http://www.nhtsa.gov/nhtsa/SafetyInNum3ers/june2013/theFactsJune2013.html>

Nokian Renkaat Oyj. 2014. Renkaan tuotantoprosessi. Intranet.

Nokian Renkaat Oyj. 2015a Perustietoa Nokian Renkaista. Luettu 10.3.2015.  
<https://www.nokianrenkaat.fi/yritys/perustietoa/>

Nokian Renkaat Oyj. 2015b. Vuosikertomus 2014.

Nokian Renkaat Oyj. 2015c. Kuvakaappaus tuotteen hausta viivakoodilla varastonhallintajärjestelmästä.

Nokian Renkaat Oyj. 2015d. Kuvakaappaus renkaan jäljitettävyystiedoista Proficyssä.

Nuutinen, M. 2012. Kameran sensoriteknikka. Kuvaus- ja näyttötekniikan luento 12.9.2012. Aalto yliopisto. Luettu 15.6.2015.  
[http://www.helsinki.fi/~msjnuuti/courses/t755100/01-kameran\\_sensoriteknikka.pdf](http://www.helsinki.fi/~msjnuuti/courses/t755100/01-kameran_sensoriteknikka.pdf)

- Optiscan Oy. 2015. Viivakoodiopas. Luettu 10.4.2015.  
<http://www.viivakoodi.fi/common/pagedetail.aspx?PageCode=viivakoodiopas-viivakoodit>
- Savolainen, J. 2009. Konenäkö. Metropolia koneautomaation wiki-sivusto. Katsottu 10.6.2015. <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=11637671>
- Sick. 2015. Lector 65x –viivakoodinlukujärjestelmä. Katsottu 10.7.2015.  
<https://www.sick.com/be/en/vision/2d-vision/lector65x/c/g275362>
- Stark, J. 2011. Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation. Lontoo: Springer-Verlag.
- TechnoRiver. 2015. Lineaarinen Code 128 -viivakoodi ja kaksiulotteinen QR-koodi. Katsottu 10.4.2015. <http://www.technoriversoft.com/barcode.html>
- Tuoteturvallisuusdirektiivi 3.12.2001/95/EY
- Töyrylä, I. 1999. Realizing the potential of traceability. Espoo: Helsinki University of Technology.
- Varioptic. 2015. Nestelinssin toimintaperiaate. Katsottu 4.11.2015.  
<http://www.inspect-online.com/en/topstories/vision/electrically-tunable-lenses-imaging-and-machine-vision>
- Williams, B. 2004. Understanding Barcoding. Surrey: Pira International Ltd.
- Xilinx. 2015. Machine vision. Luettu 28.6.2015.  
<http://www.xilinx.com/applications/industrial/machine-vision.html>
- Yhdysvaltain tieliikennelaki 22.5.1971/49 CFR 574

**LIITTEET**

Liite 1. Nokian Renkaiden jäljitettävyyden ja virheeneston prosessikaavio

Liite suojattu.

Liite 2. Cognex arviointiraportti E1-00764

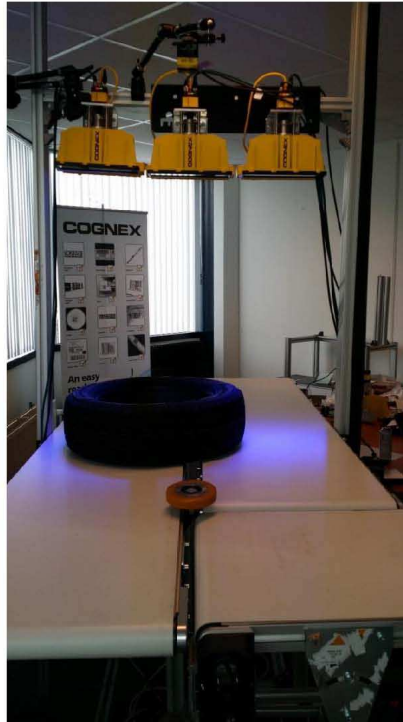
1 (9)

Liite suojattu.

Evaluation Number: E1-00764  
Date: 10 March 2014

**COGNEX**

### Mechanical Setup



A conveyor belt was setup and three DataMan 303 systems with XPAND15 mirror technology were used to cover the conveyer. The width of the belt was 105cm, and the FOV coverage at the height of 350mm above the belt was 101cm. The working distance from the front of the readers to the belt was 91cm. All DataMan readers had Edmund Optics 25mm optics and blue SVL bar lights. The conveyer speed was setup to 30m/minute and the depth of field retrieved was slightly higher than 200mm, with the focus optimized from 150mm to 350mm above the belt.

In front of the DataMan systems an In-Sight system was setup to perform the angle inspection. The In-Sight was setup at a working distance of 1260mm to the level of the conveyer belt. The system covered a FOV of 1100mm at the belt level. 350mm above the belt, the FOV covered was 800mm across the belt. At the higher heights it is unlikely that the code could be present closer than 10cm from the outer edge of the conveyer due to the dimension of the tires and position of the codes. If a larger FOV is needed in practice, it should be no problem to increase the working distance. In the test lab, it was not possible to increase the WD more, due to the ceiling.

---

Cognex Corporation    Silverstone Innovation Centre    Silverstone Circuit, Northamptonshire, NN12 8GX

+44 1327 856 040    fax +44 1327 856 087    [www.cognex.com](http://www.cognex.com)

Liite suojattu.

Liite suojattu.



Liite suojattu.

Evaluation Number: E1-00764  
Date: 10 March 2014

**COGNEX****Recommended Equipment for the Barcode reading**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Platform                   | Dataman  |
| Hardware Model             | 303  |
| Software/firmware revision | 5.2  |
| Optics                     | Edmund optics 25mm fixed focus   |
| Lighting                   | Blue SVL bar lights  |
| Auxiliary Equipment        | XPAND 15 for each reader<br>Power cable for each reader<br>Power I/O box for each reader<br>TCP/IP cable for each reader |

Evaluation Number: E1-00764  
Date: 10 March 2014

**COGNEX**

### **Barcode label angle inspection**

First a PatQuick tool was trained to find the tire location and provide a fixture in the image for the inspection tools. An InspectEdge and an InspectEdgeForPosition tool were used to successfully find the center of the tire. Based on the position of the tire, an annulus region was calculated and used a search region for finding the barcode label. For finding the barcode label also a PatQuick tool was applied.

A horizontal reference line was calculated to pass through the center of the tire. A second line was calculated from the center of the tire to the position of the barcode label. The angle between the horizontal reference line and the line segment from the center to the barcode label was then calculated.

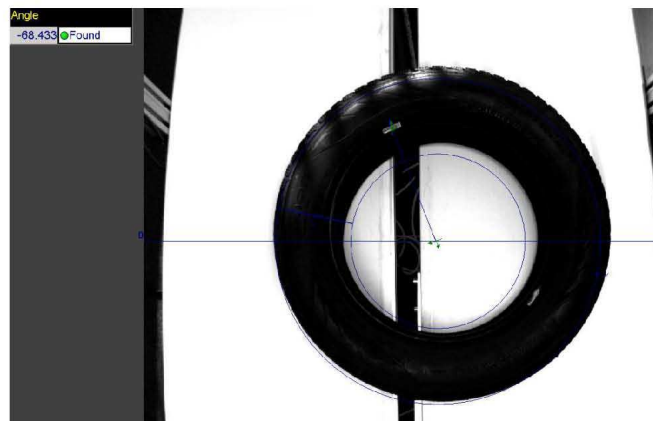
A TCPDevice function was included in the job and setup as a TCP server listening on port 3000. The In-Sight was setup to send out the angle result over TCP to any connected TCP client. If no barcode label or tire was found in the image, a "No code" string was sent out to the TCP clients instead.

The application was thoroughly tested. A tire with an attached barcode label was moved around in the FOV and rotated to many different orientations. Also tests were performed where the tire was tilted in relation to the conveyer belt. There was also a test made where the tire was elevated, to simulate a tire of bigger size and increased height.

To verify that the inspection could be done during movement, the tire was also placed on the running conveyer belt and the tire was made to pass by the In-Sight system at a speed of approximately 0,5m/s.

The application was completely robust during all these tests.

The image below shows a screenshot from the inspection. Please also refer to the available video that was made during the tests.



Evaluation Number: E1-00764  
Date: 10 March 2014

**COGNEX****Recommended Equipment for the Barcode angle inspection**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Platform                   | In-Sight  |
| Hardware Model             | 7402  |
| Software/firmware revision | 4.9   |
| Optics                     | Edmund optics 8.5mm lens  |
| Lighting                   | During the test only the office ambient light was used. In the final application it is strongly recommended to control the light situation. A white LED bar light covering the conveyer would be recommended. |
| Auxiliary Equipment        | Power cable<br>TCP/IP cable for each reader<br>Power supply   |

Liite suojattu.

## Liite 3. Cognex DMR-303X periaatekuva

**Kit Product ID: DMR-303X-1561-T3**

**Description:** Cognex Tire ID KIT – 3 DataMan 303X w/ XPand 15 and Red Lights, Focused at 113 CM

**Contents:**

Qty 3 - DMR-303X-1561-113

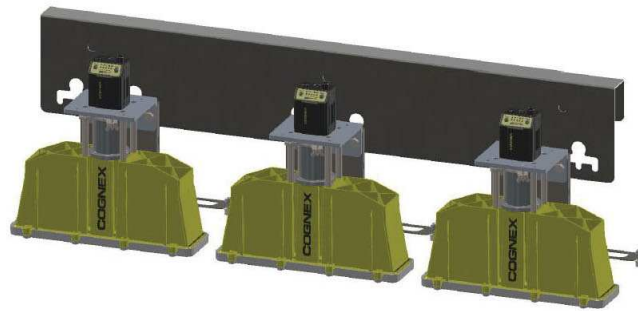
Qty 1 – DMA-XPAND15BKT-3

Qty 3 – CCBL-05-01

Qty 3 – CCB-84901-1003-05

NOTES:  
1. MATERIAL IS STEEL  
2. FINISH IS BLACK POWDER COAT  
3. THUMB SCREWS HOLDING BRACKET TO 1530 EXTRUSION IS MCMASTER # 98704A545  
4. CAMERA MOUNT IS ROHS COMPLIANT

| REV | DESCRIPTION | DATE     |
|-----|-------------|----------|
| 1.1 | ISSUED      | 08/11/11 |



Liite 4. Muistio: viivakoodin lisäys aihiovälivarastoon

1 (2)

Liite suojattu.



PC1 Tuotantopalvelut / JUPU

**Muistio**

2 (2)

11.9.2014

Todennäköisesti lisättävä käyttäjäkohtaista informaatiota kuljettimen mobilepaneeliin, ainakin:

- Kameran read rate %
- Kameran tila (päällä / pois / virhe)