

Uuden tuotantolinjan ratakamera

Case: Wipak Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikka
Muovitekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Laura Juola

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikka

JUOLA, LAURA: Uuden tuotantolinjan ratakamera
Case: Wipak Oy

Muovitekniikan opinnäytetyö, 45 sivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö on tehty Wipak Oy:n toimeksiantona, ja sen tavoitteena oli toimia esiselvityksenä Wipakin Nastolan tehtaassa uuden tuotantolinjan konenäköön perustuvan ratakamerajärjestelmän valinnalle. Työssä vertailtiin eri järjestelmiä niiden teknisten ominaisuuksien ja niihin liittyvien tarjouksien avulla. Lisäksi työssä selvitettiin, onko ratakamerajärjestelmän osaksi tarvittava lappulaite kannattava ostaa osana muuta järjestelmää vai suoraan lappulaitteen valmistajalta.

Teoriaosuus keskittyy konenäköön ja konenäköjärjestelmän osa-alueisiin. Lisäksi teoriaosassa kerrotaan monikerroskalvon valmistuksesta tasokalvomenetelmällä sekä muovikalvossa esiintyvistä virheistä, joiden havaitsemiseen ratakameran käytöllä pyritään. Lisäksi teoriaosassa käsitellään lyhyesti laatua ja elintarviketeollisuudessa ja terveydenhuollossa käytettävien pakkausmateriaalien laatuvaatimuksia.

Tutkimusosassa vertailtiin eri toimittajien järjestelmiä niiden teknisten ominaisuuksien avulla hyödyntäen teoriaosassa esitettyä konenäköjärjestelmän rakennetta. Lisäksi vertailua tehtiin järjestelmien hintojen ja sen suhteen, mitä hintoihin sisältyy. Lisäksi toimittajille lähetettiin kalvonäytteitä, joilla järjestelmien toimintaa pystyttiin testaamaan. Testitulokset ja niiden vaikutukset järjestelmiin ja tarjouksiin esitetään tutkimusosassa. Lappulaitteen kannattavin ostopaikka selvitettiin vertaamalla lappulaitteiden valmistajilta saatuja hinta-arvioita ratakamerajärjestelmien toimittajien tarjoamiin hintoihin. Tutkimusosuus on salassapidettävä.

Lähetettyjen testinäytteiden perusteella voitiin yksi järjestelmä todeta toimivuudeltaan jonkin verran muita heikommaksi. Muita järjestelmiä voitiin suositella valittavaksi, ja näiden järjestelmien hintaa ja sitä, mitä hintaan sisältyy, vertaamalla voitiin yhtä pitää hieman muita kannattavampana valintana. Lappulaitteen suhteen voitiin todeta sen hankinnan olevan kannattavampaa suoraan laitteen valmistajalta järjestelmän osana hankkimisen sijaan.

Asiasanat: konenäkö, laatu, tasokalvo, muovi

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Materials and Production Engineering

JUOLA, LAURA:

Automatic inspection system for a
new production line
Case: Wipak Oy

Bachelor's Thesis in Plastics Engineering, 45 pages

Spring 2016

ABSTRACT

This thesis was an assignment given by Wipak Oy. The aim of the thesis was to compare different automatic inspection systems for a new production line in Wipak's Nastola plant. The comparison was made between different systems by studying the technical properties of the systems and the quotations from suppliers. Another goal was to examine whether it is more profitable to buy an automatic flagging machine needed as part of the inspection system straight from a flagging machine manufacturer or as a part of the inspection system.

The theory part of the thesis focuses on machine vision, as automatic inspection systems are based on it. It briefly describes the cast film extrusion process, manufacturing of the multilayer film and defects that can occur in cast plastic films. The theory part also briefly covers quality expenses and quality requirements for packaging used in food and medical industry.

The study part of the thesis included a comparison of the technical properties of the inspection systems and a comparison between prices of the different systems. Samples of plastic film were sent to the suppliers, to be tested by inspection systems. Results from the tests were presented in the study part. Flagging machine manufacturers were asked to provide the prices of the machines. The study part is confidential.

Based on test results of the test samples, one of the systems did not work as well as the other systems. Between these systems, there were differences in prices and what was included in that price, and one system was recommended over others. Buying the flagging machine separately from the manufacturer was more profitable than buying it as a part of the system.

Key words: machine vision, quality, cast film, plastic

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TASOKALVO	2
2.1	Monikerroskalvon valmistus tasokalvomenetelmällä	3
2.2	Tasokalvossa esiintyvät virheet	4
3	LAATU	5
3.1	Laatukustannukset ja laadunvalvonta	5
3.2	Elintarvikkeiden ja terveydenhuollon tuotteiden pakkausten laatuvaatimukset	7
4	KONENÄKÖ	8
4.1	Konenäkö laadunvalvonnassa	9
4.2	Konenäköjärjestelmä	9
4.3	Valaistus	10
4.3.1	Valaistustekniikat	11
4.3.2	Valonlähteet	13
4.4	Kamerat	14
4.4.1	Viiva- ja matriisikamerat	14
4.4.2	CCD- ja CMOS -kennot	17
4.5	Kuvankaappaus, -käsittely ja ohjausjärjestelmä	18
4.6	Älykamera	19
5	YHTEENVETO	21
	LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

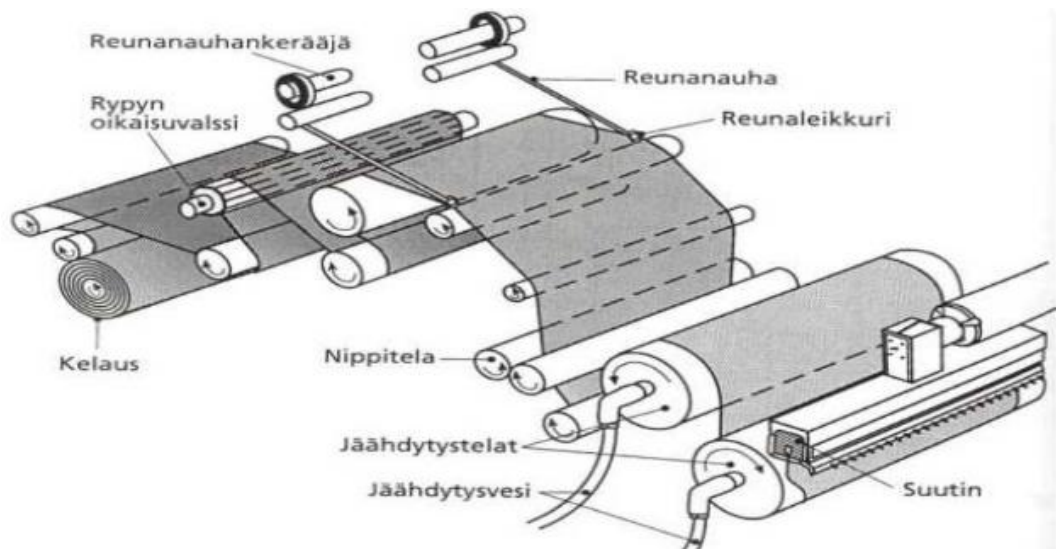
Wipak on Euroopassa ja Aasiassa toimiva, Wihuri-konserniin kuuluva muovipakkausteollisuuden yritys. Wipakin tuotteet on jaettu kahteen ryhmään: Wipak Food valmistaa pakkausmateriaaleja- ja ratkaisuja elintarviketeollisuuteen ja Wipak Health terveydenhoitoon ja terveydenhoitoteollisuuteen. Wipak on johtava monikerroskalvojen tuottaja. Suomessa Wipakilla on kolme tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Nastolassa, Valkeakoskella ja Lahdessa. (Wihuri 2016.)

Wipakin Nastolan tehtaalle rakennetaan uusi, barrier-monikerrosmuovikalvon valmistukseen käytettävä tuotantolinja. Uusi tuotantolinja mahdollistaa entistä ympäristöystävällisempien, visuaalisesti näyttävämpien, turvallisten ja korkealaatuisempien barrier-kalvojen valmistuksen. Linjalla tuotetaan kalvoa niin Food- kuin Health – tuotantoryhmillekin. Investoinnin arvo on noin 20 miljoonaa euroa. (Wipak 2015.)

Yksi tuotantolinjaan tehtävistä hankinnoista on automaattinen laaduntarkastusjärjestelmä, ratakamera. Ratakamera on konenäköön perustuva järjestelmä, jonka tarkoituksena on seurata liikkuvaa kalvoa sen valmistuksen aikana ja havaita mahdolliset laatuvirheet. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toimia esiselvityksenä ratakamerajärjestelmän valinnalle vertaamalla eri järjestelmiä ja niihin liittyviä tarjouksia. Vertailua on tehty järjestelmien teknisten ominaisuuksien sekä hintojen suhteen. Teknisten ominaisuuksien vertailun pohjana on konenäköjärjestelmän rakenne, jonka esittelyyn työn teoriaosuus keskittyy. Lisäksi vertailua tehtiin järjestelmätoimittajille lähetettyjen kalvonäytteiden testaustuloksista. Työssä selvitetään, myös onko ratakamerajärjestelmän osaksi tarvittava lappulaite kannattavaa ostaa suoraan valmistajalta vai osana muuta järjestelmää.

2 TASOKALVO

Tasokalvon valmistus tapahtuu johtamalla ekstruuderissa sulatettua muovia suuttimelle, josta muovisula valuu jäähdytystelalle, jossa kalvo muodostuu. Kalvo kulkee telojen kautta kelauspisteelle, jossa kalvo kelataan rullalle. Ekstruuderin, suuttimen, jäähdytystelan ja muiden telojen lisäksi tasokalvokoneessa on usein reunaleikkurit, joilla kalvon kuroumasta johtuvat muuta kalvoa paksummat reunat leikataan pois. Tasokalvokoneen rakenne on esitetty kuviossa 1. (Kurri, Malén, Sandell ja Virtanen 2008, 108-109.)

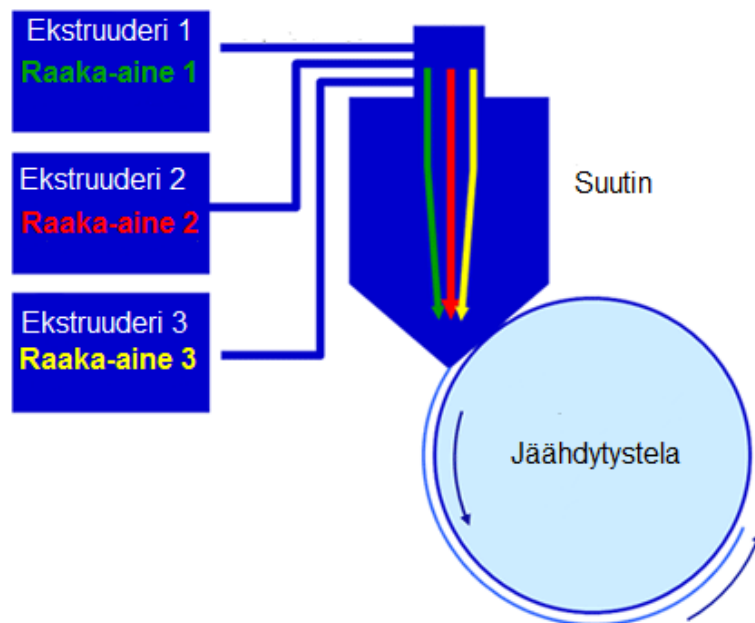


Kuvio 1. Tasokalvokone (Kurri ym. 2008, 108)

2.1 Monikerroskalvon valmistus tasokalvomenetelmällä

Monikerroskalvoa valmistettaessa muoviraaka-ainetta sulatetaan useammassa eri ekstruuderissa, joista raaka-aineet johdetaan samalle suuttimelle. Sulat raaka-aineet voidaan yhdistää jo suuttimessa tai suutinraossa tai sen ulkopuolella. Tämän jälkeen tuotantoprosessi vastaa normaalia tasokalvoprosessia. (Kurri ym. 2008, 109-110.) Kuviossa 2 on esitetty monikerroskalvon valmistusmenetelmä.

Monikerroskalvoa käytetään, kun tarvitaan ominaisuuksia, joita yhdellä raaka-aineella ei voida saavuttaa. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi lämmön- ja kylmänkesto, jäykkyys tai joustavuus sekä elintarvike- ja terveydenhuollon pakkauksille tärkeitä ominaisuuksia: materiaalin suljettavuus lämmön avulla ja vastaavasti helppo avattavuus ilman materiaalin hajoamista sekä barrier-ominaisuudet, eli kalvon sulkukerrokset, joilla materiaalista saadaan esimerkiksi neste- ja/tai kaasutiivis. (DIC Global 2016.)



Kuvio 2. Monikerroskalvon valmistus (DIC Global 2016)

2.2 Tasokalvossa esiintyvät virheet

Muovikalvossa esiintyviä virheet voidaan jakaa kahteen ryhmään: virheisiin, jotka johtuvat tuotantoprosessista, ja virheisiin, jotka johtuvat käytetystä materiaalista. Tuotantoprosessissa syntyviä virheitä ovat esimerkiksi naarmut, jotka aiheutuvat usein koneen telojen ja kelainten epätasaisuuksista ja terävistä kohdista, ekstruuderin ruuvista irtoavat palaneet, mustat partikkelit sekä vääristä prosessiparametreista johtuvat virtaushäiriöt ja niistä aiheutuvat pintavirheet, reiät, kuplat ja paksuuden vaihtelut. Materiaalista aiheutuvia virheitä ovat sulamattomat partikkelit ja muuta materiaalia korkeamman molekyylimassan omaavan materiaalin aiheuttamat geelit sekä raaka-aineen seassa olevat roskat. Automaattisen laaduntarkastuksen ja siihen oikein tehdyn virheluokittelun avulla on mahdollista paikantaa esiintyvien virheiden syyt ja korjata ongelman aiheuttaja. (Alavi 2010, 6-8 ; Johnson 2009, 8.)

3 LAATU

Laatukäsitteen lähtökohtana ovat usein sidosryhmät, erityisesti asiakkaat joiden tarpeisiin, vaatimuksiin ja odotuksiin laatua verrataan. Laadulla ja laadukkaalla tuotteella tai palvelulla tarkoitetaan nykyään usein asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta tehokkaalla tavalla. (Lecklin 2006, 18.)

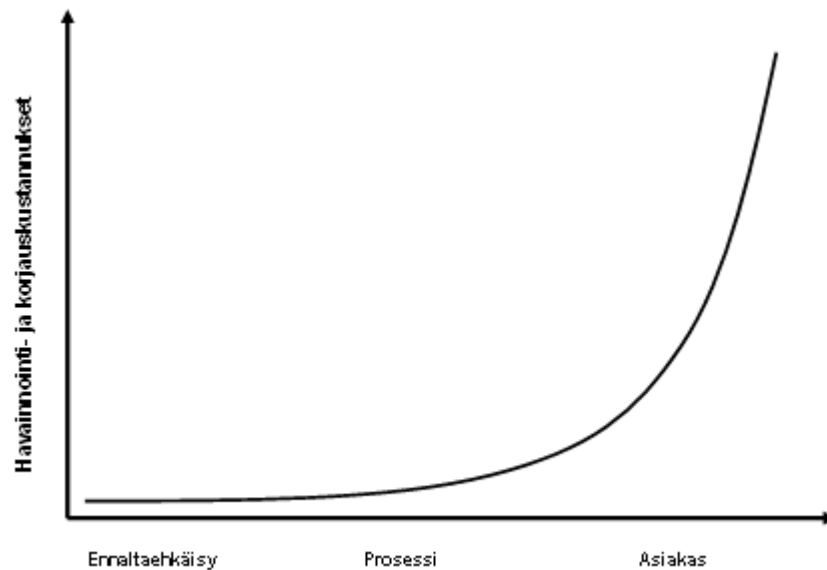
3.1 Laatukustannukset ja laadunvalvonta

Laatuun liittyvät kustannukset voidaan jakaa kahteen ryhmään: hyvän laadun kustannuksiin ja huonon laadun kustannuksiin (Laatu ratkaisee 2016).

Taulukko 1. Laatukustannukset (Laatu ratkaisee 2016)

HYVÄN LAADUN KUSTANNUKSET	HUONON LAADUN KUSTANNUKSET
<ul style="list-style-type: none"> • Laatujärjestelmä • Tiedon kerääminen ja analysointi • Tuotteiden laadunvalvonta • Laadunvalvontaan käytettävän laitteiston ylläpito • Ulkopuolisten auditointien kustannukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotannossa todetut virheet <ul style="list-style-type: none"> ○ Uudelleen tekeminen ○ Jätekustannukset ○ Pidempi tuotantoaika ○ Ylityöt • Tuotannon jälkeen todetut virheet <ul style="list-style-type: none"> ○ Takuukustannukset ○ Korjauskustannukset ○ Palautukset ○ Alennukset ○ Reklamaatiot ○ Huono maine ○ Menetetty myynti

Huonon laadun kustannukset nousevat usein huomattavasti ennaltaehkäiseviä hyvän laadun kustannuksia suuremmiksi. Kuviossa 3 on esitetty, miten laatukustannukset nousevat, jos virheellinen tuote päätyy asiakkaalle verrattuna onnistuneeseen laadunvalvontaan. (Laatu ratkaisee 2016.)



Kuvio 3. Laatukustannusten hinta (Laatu ratkaisee 2016)

Perinteisesti laadunvalvonta on tarkoittanut tuotteen valmistumisen jälkeen tehtävää tarkastusta, jonka pohjalta on tarvittaessa tehty muutoksia seuraavien tuotteiden valmistusprosessiin. Nykyään laadunvalvonta pyritään rakentamaan tuotantoprosessin sisälle niin, että laatua tarkkaillaan koko tuotantoprosessin ajan. Näin mahdolliset virheet huomataan aiemmin, ja ne voidaan korjata nopeammin. (Laatu ratkaisee 2016.)

3.2 Elintarvikkeiden ja terveydenhuollon tuotteiden pakkausten laatuvaatimukset

Elintarvikepakkauksen tehtävä on suojata sisältönsä hapen vaikutukselta ja näin pidentää tuotteen käyttöaika. Terveydenhuollossa käytettävien pakkausten tarkoituksena on usein toimia mikrobisena suojana sisältämilleen tuotteille ja mahdollistaa niiden sterilointi.

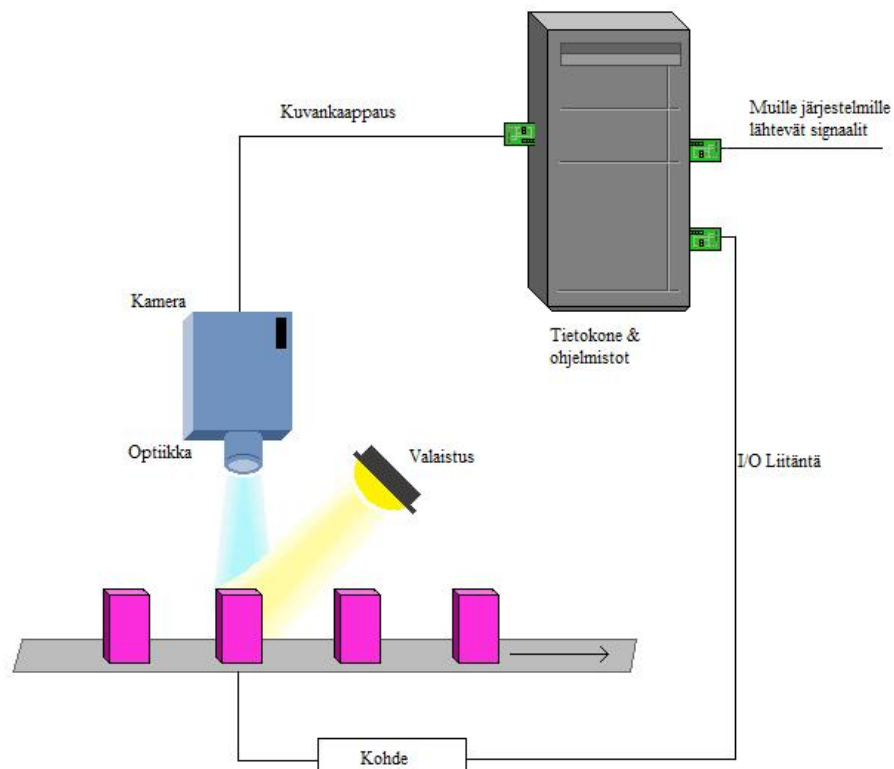
Suojaominaisuuksien perustana on usein monikerroskalvojen barrier- eli sulkukerrokset, joilla saadaan aikaan se, etteivät halutut aineet läpäise kalvoa. (Schut 2003.) Jotta suojakerros toimii vaaditusti, täytyy kalvon olla ehjää ja pakkauksen saumojen tiiviit. Esimerkiksi kalvossa oleva vekki, rypyy tai isompi palanut partikkeli tai geeli voi sauman kohdalle osuessaan tehdä pakkauksesta epätiivin. Materiaalien tulee olla puhtaita.

Terveydenhuollossa käytettävien pakkausten laatua ohjaa usein ISO 13485 -standardi. Sen tarkoituksena on toimia potilasturvallisuuteen ja terveydenhuollon riskinhallintaan vaikuttavien laitteiden ja tarvikkeiden laadunhallinnan pohjana. (Inspecta 2016 a.) ISO 13485 on käytössä myös Wipakilla. Elintarvikepakkauksien osalta Wipakilla on käytössä standardi ISO 22000. Se on elintarvike- ja elintarvikepakkaustuotannon tuoteturvallisuusjärjestelmä ja hyvän tuotantotavan ohje. Se käsittää ohjeistuksen esimerkiksi tuotannon puhtauteen sekä siisteyteen ja järjestykseen, tuholistorjuntaan ja henkilöstön hygieniaan. (Inspecta 2016 b.)

4 KONENÄKÖ

Konenäkö on koneellinen sovellus, jonka tarkoituksena on matkia ihmisen näköaistia (Soini 2016). Se on tietokoneen tai muun laskennallisen järjestelmän avulla toteutettava kokonaisuus, jossa kuvan hankinta, käsittely, analysointi ja niiden perusteella tehtävät päätökset muodostetaan. Konenäkö siis hankkii optisten keinojen avulla ympäristöstään tietoa, jonka avulla voidaan esimerkiksi valvoa prosessin kulkua ja laatua, automatisoida prosessin ohjausta tai ohjata robotteja sekä koneita. (Konenäkö elintarviketeollisuuden työkaluna 2004.)

Perinteisesti konenäköjärjestelmä koostuu erillisestä valaistuksesta, optiikasta, kamerasta, ohjelmistosta ja tietokoneesta sekä järjestelmän kommunikoinnin mahdollistavista liitännöistä. (Perinteiset konenäköjärjestelmät 2016.) Esimerkki perinteisestä konenäköjärjestelmästä on esitetty kuviossa 4.



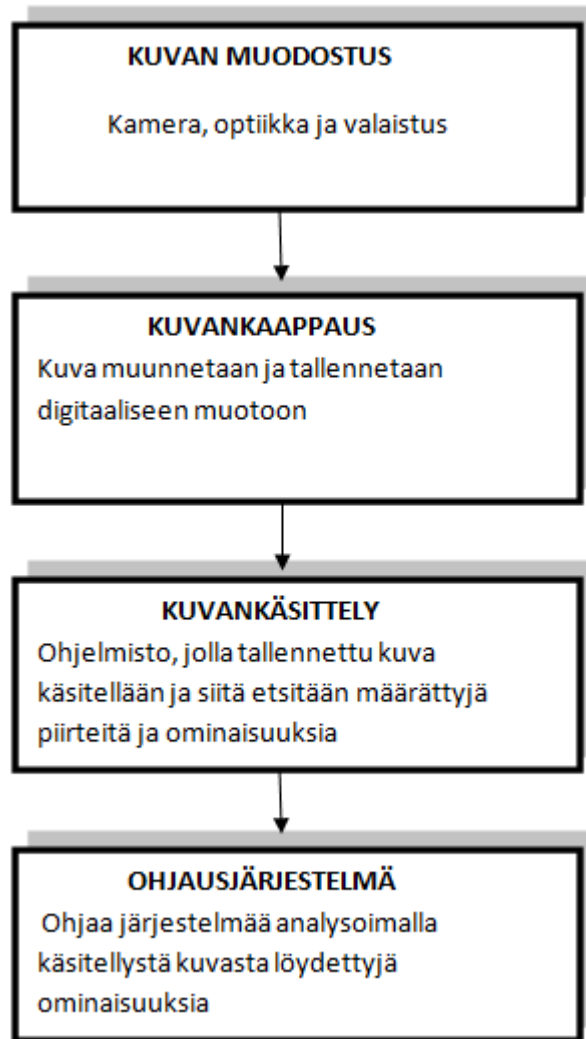
Kuvio 4. Perinteinen konenäköjärjestelmä

4.1 Konenäkö laadunvalvonnassa

Konenäön yleisin sovelluskohde on laadunvalvonta, jossa konenäköjärjestelmä vertaa valmistettavia tuotteita sille opetettuun malliin laadullisesta hyväksytystä tuotteesta. Suomessa konenäköä on hyödynnetty laaduntarkastuksessa ensimmäisen kerran jo 1970 –luvulla sahateollisuudessa tukkien halkaisijan mittauksessa. Käyttämällä konenäöllä toteutettua automaattista laadunvalvontajärjestelmää sen sijaan, että ihminen valvoisi laatua, saavutetaan etuja niiden nopeuden kuin tarkkuudenkin suhteen: toisin kuin ihmissilmä, konenäkö ei väsy. Konenäköjärjestelmällä voidaan tarkastaa jopa tuhansia kohteita minuutissa vuorokauden ympäri ilman taukoja tai mitata kappaleen dimensioita ilman kosketusta. Konenäön avulla laadunvalvonta saadaan toteutettua kohteisiin, joissa ihmisoperaattorit eivät voisi työskennellä esimerkiksi vaaran tai tilan puutteen takia. Konenäöllä voidaan automatisoida myös laadunvalvonnan perusteella tehtävät prosessin säätötoimenpiteet, joilla lopputuotteen laatu pidetään vaaditulla tasolla. Esimerkiksi keksitehtailla konenäkö tarkastelee uunista tulevien keksien paistoväriä ja nostaa tai laskee uunin lämpötilaa sen mukaan, miten väri poikkeaa hyväksytystä väristä. (Soini 2016; Kiimalainen 2014.)

4.2 Konenäköjärjestelmä

Konenäköjärjestelmä koostuu neljästä osa-alueesta: kuvan muodostuksesta, kuvankaappauksesta, kuvankäsittelystä ja ohjausjärjestelmästä. Kuvan muodostus koostuu valaistuksesta ja kamerasta sekä optiikasta. Kuvankaappauksella tarkoitetaan kameralle muodostuneen kuvan muuntamista ja tallentamista digitaaliseen muotoon. Kuvankäsittelystä kuva käsitellään niin, että siitä voidaan ohjelmiston avulla löytää haluttuja ominaisuuksia. Järjestelmän ohjaus tapahtuu analysoimalla kuvankäsittelystä havaittuja piirteitä. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 3.)



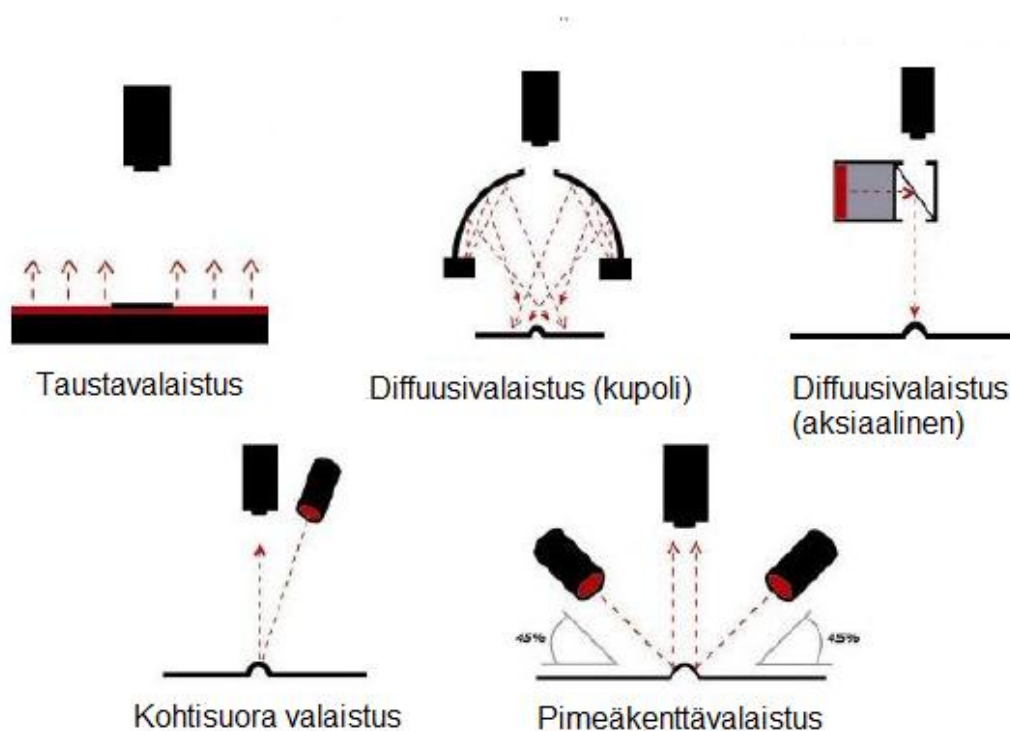
Kuvio 5. Konenäköjärjestelmän osa-alueet

4.3 Valaistus

Toimiva valaistus on toimivan konenäköjärjestelmän perusta. Järjestelmän käyttökohteeseen suunnitellun valaistuksen avulla kuvankäsittelyprosessi saadaan suoritettua yksinkertaisemmilla algoritmeilla ja näin käytettävistä ohjelmistoista saadaan nopeampia ja luotettavampia. Onnistunut valaistussuunnittelu tekee konenäköjärjestelmän muiden osa-alueiden suunnittelusta huomattavasti helpompaa. (Batchelor 2012, 284-285.)

4.3.1 Valaistustekniikat

Mahdollisia valaistustekniikoita ovat taustavalaistus (back lighting), difuusivalaistus (diffuse lighting), kohtisuora valaistus (bright field) sekä pimeäkenttävalaistus (dark field). (A Practical Guide to Machine Vision Lighting - Part 3 2015.)



Kuvio 6. Valaistustekniikat (A Practical Guide to Machine Vision Lighting - Part 3 2015)

Taustavalaistuksessa valonlähde on kameraa vastapäätä niin, että tarkasteltava kohde jää kameran ja valaistuksen väliin. Taustavalolla saadaan aikaan voimakas kontrasti kohteen ja taustan välille ja sitä hyödynnetäänkin esimerkiksi kappaleen mittojen tarkastuksessa. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 7.)

Diffuusivalaistusta käytetään tutkittaessa kohteita, joiden pinta heijastaa voimakkaasti valoa. Diffusoitunut, eli hajautettu valo aiheuttaa suoraa valaistusta vähemmän heijastumia. Diffuusivalaistus voidaan toteuttaa kupolilla tai aksiaalisesti. Kupolivalaistuksessa käytetään kupolia, jonka avulla valo heijastetaan kuvattavaan kohteeseen. Näin valaistuksesta saadaan tasainen, eikä heijastumia muodostu. Aksiaalisessa diffuusiovalaistuksessa valo heijastetaan kohteeseen puoliläpäisevän peilin kautta. Näin valonsäteet saadaan suunnattua samansuuntaisiksi ja tutkittavan kohteen pintaan nähden kohtisuoriksi. Diffuusiovalaistusta käytetään kuvattaessa heijastavia kohteita ja kaarevia muotoja. (Stjerna 2008, 51-61.)

Kohtisuorassa, eli brightfield valaistuksessa kamera asetetaan valon luonnollisen kulkusuunnan mukaisesti, jolloin tutkittavan kohteen heijastavat ja tasaiset pinnat erottuvat. Kohtisuoraa valoa käytetään yleisvalona, mutta se ei usein riitä yksinään valaistukseksi, sillä kontrastit jäävät pelkällä kohtisuoralla valaistuksella pieniksi. Darkfield eli pimeäkenttävalaistuksessa kamera on valonlähteen takana, jolloin suuri osa kohteesta taittuvasta tai heijastuvasta valosta ei saavuta sitä. Tällöin kohteesta erottuvat erityisesti pinnanmuotojen poikkeamat ja valoa diffusoivat kohteet. Pimeäkenttävalaistus on toimiva ratkaisu pintanaarmujen ja kohokuvioiden tarkastukseen. (Stjerna 2008, 51-61.)

4.3.2 Valonlähteet

Hornberg (2006 a, 101) vertailee kuuden erilaisen valonlähteen käytettävyyttä osana konenäköjärjestelmää. Vertailtavina ominaisuuksina ovat elinikä, muotoilun vapaus, lämmöntuotto, reaktioaika, valon intensiivisyys, kestävyys, ikääntyminen/kuluminen, ylläpito, turvallisuus ja hinta. Vertailu on tehty pisteyttämällä ominaisuudet yhdestä viiteen, niin että 1=huono ja 5=erittäin hyvä. Vertailu on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Valonlähteiden vertailu (Hornberg 2006 a, 101)

Valonlähde/Ominaisuus	Halogeenilamppu	Monimetallipurkauslamppu	Ksenonlamppu
Elinikä	1	3	4
Muotoilun vapaus	3	3	3
Lämmöntuotto	1	1	3
Reaktioaika	1	1	5
Valon intensiivisyys	5	5	5
Kestävyys	1	1	1
Ikääntyminen/Kuluminen	1	3	2
Ylläpito	1	3	4
Turvallisuus	3	3	1
Hinta	3	3	3
	20	26	31
Valonlähde/Ominaisuus	Loistelamppu	LED	Laser
Elinikä	3	5	5
Muotoilun vapaus	2	5	3
Lämmöntuotto	3	5	5
Reaktioaika	1	5	5
Valon intensiivisyys	3	4	4
Kestävyys	3	5	3
Ikääntyminen/Kuluminen	3	5	5
Ylläpito	3	5	5
Turvallisuus	4	4	1
Hinta	4	5	2
	29	48	38

Hornbergin vertailun perusteella voidaan sanoa, että LED-valo on soveltuvin valaistusvaihtoehto konenäkösovelluksiin. LED-valo onkin valonlähteistä konenäkössä yleisimmin käytetty. (A Practical Guide to Machine Vision Lighting - Part 1 2015.)

4.4 Kamerate

Kameran tehtävä on kerätä kuvadataa määrätystä kohteesta. Kuvan muodostus tapahtuu kameran valoherkässä kennossa, eli kuvasensorissa, jonka pinnalle kuva projisoidaan kameran optiikan avulla (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 3). Kamerate voidaan jakaa kennon muodon mukaan viiva- ja matriisikameroihin ja kennot niiden käyttämän tekniikan mukaan CCD- ja CMOS -kennoihin. (Hornberg 2006 b, 363-374.)

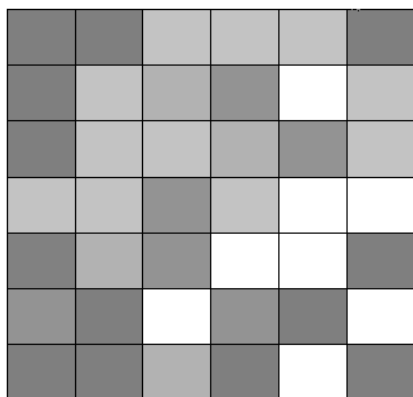
4.4.1 Viiva- ja matriisikamerate

Kennot muodostuvat kuvaelementeistä, eli pikseleistä, joiden sijoittelun ja määrän mukaan kennot voidaan jakaa viiva- ja matriisikennoihin. Kameran tarkkuus eli resoluutio määräytyy kennon sisältämien kuvaelementtien mukaan. Viivakennossa kuvaelementit ovat yhdessä rivissä (kuvio 7), kun taas matriisikennossa elementtejä on niin vaaka- kuin pystysuuntaisestikin (kuvio 8). Matriisikennolla kuvan käsittely tapahtuu viivakameraa hitaammin kuvaelementtien suuremman määrän vuoksi. Toisaalta suurempi kuvaelementtien määrä tarkoittaa suurempaa resoluutiota. Matriisikennot ovat suosittuja peruskonenäkökameroissa ja yleissovelluksissa, kun taas viivakennoja käytetään niiden kallimpaan hinnan vuoksi kohteissa, joissa niiden nopeampi kuvankäsittely on tarpeellinen ominaisuus, esimerkkinä liikkuvat kohteet kuten radan seuranta. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016 ; Stjerna 2008, 29-31.)

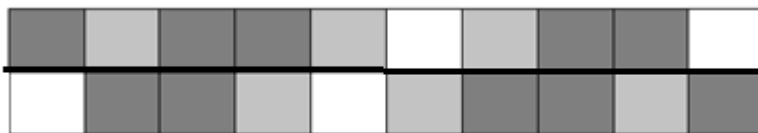
Perinteisestä viivakennosta on kehitetty dual line viivakenno, jossa kuvaelementtirivejä on kaksi rinnakkain (kuvio 9). Näin pikselien määrä ja kennon valoherkkyys saadaan tuplattua ilman, että kuvan käsittely kennossa hidastuu merkittävästi. (Wilson 2015.)



Kuvio 7. Viivakennon kuvaelementit

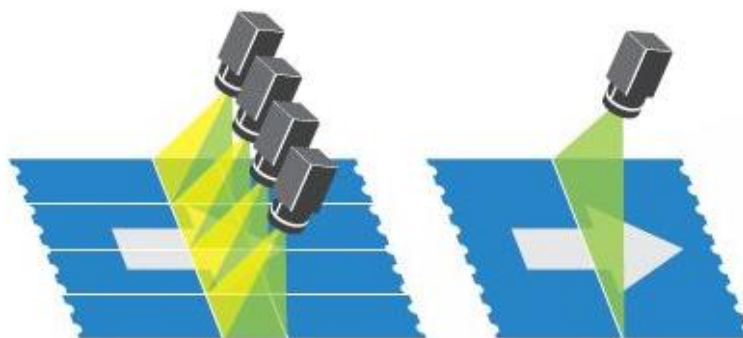


Kuvio 8. Matriisikennon kuvaelementit



Kuvio 9. Dual line viivakennon kuvaelementit

Koska matriisikennossa kuvaelementtejä on kahdessa suunnassa, on myös sitä käyttävän kameran ottama kuva kaksiulotteinen, kun taas viivakameralla otettu kuva on yksiulotteinen (kuvio 10). Kuvattaessa tasaisesti liikkuvaa rataa, kuten muovikalvoa tai paperia, jossa ei ole toistuvaa kuviota on matriisikameralla lähes mahdotonta saada koko rata kuvattua. Kokonaiskuva radasta muodostuu, kun yksittäiset kuvat yhdistetään toisiinsa, joten kameran kuvausnopeus tulee synkronoida radan vauhdin mukaisesti, jotta rata tulee varmasti kuvattua kokonaisuudessaan. Kaksiulotteisuuden takia matriisikamera on viivakameraa huomattavasti vaikeammin synkronoitava ja yksittäisten kuvien väliin jää radan liikkumissuunnassa helposti rakoja. (Line Scan Cameras for Web Inspection 2013.)



Kuvio 10. Matriisi- ja viivakamera (Line Scan Cameras for Web Inspection 2013)

4.4.2 CCD– ja CMOS –kennot

CCD (Charge Coupled Device) ja CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) ovat kameroiden kuvanmuodostuksessa käytettäviä kennotyyppejä. Molemmissa kennoissa valo muutetaan sähköiseksi varaukseksi, joka taas muutetaan edelleen elektroniseksi signaaliksi. CCD-kennossa muunnos varauksesta signaaliksi tapahtuu kennossa lähdön (output) avulla, niin että varaus muunnetaan jännitteeksi. Kennolta lähtevät signaalit ovat siten analogisia. CMOS-kennoissa muunnos tapahtuu yksittäisissä pikseleissä, jolloin lähtevät signaalit ovat digitaalisia bittejä. Koska CMOS-kennon varaus-signaali muunnos tehdään erikseen jokaisessa bitissä voi kuvan laadullinen yhtenäisyys kärsiä verrattuna CCD-kennoon. CMOS-kennojen käyttämällä tekniikalla muunnos saadaan kuitenkin tehtyä huomattavasti nopeammin kuin CCD-kennolla. CMOS-kennon virran kulutus on myös CCD-kennoa pienempi. (CCD vs. CMOS 2016.)

Sekä CCD- ja CMOS –kennot on kehitetty 1960 ja -70 lukujen taitteessa. Ajan tuotantotekniikat soveltuivat paremmin CCD-kennolle, joka olikin pitkään kehityksessä ja kuvanlaadussa edellä CMOS-kennoa ja selkeästi käytetympi kennotyyppi. Tuotantotekniikoiden kehityksen seurauksena myös CMOS-teknologia on kehittynyt ja nykyään CMOS-kenno on monissa sovelluksissa, myös konenäköjärjestelmissä käytettävissä kameroissa, CCD-kennoa käytetympi. Tähän on vaikuttanut erityisesti CMOS-kennon nopeus CCD-kennoon verrattuna. (CCD vs. CMOS 2016.)

Kennolle muodostuva kuva on riippuvainen optiikasta, jolla kuvattavasta kohteesta heijastuva valo kerätään ja projisoidaan kennolle.

Epäonnistunut optiikkaa vaikeuttaa tarkkojen yksityiskohtien erottamista kuvasta ja vaikeuttaa näin kuvan myöhempää analysointia. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 6.)

4.5 Kuvankaappaus, -käsittely ja ohjausjärjestelmä

Kuvankaappaus tarkoittaa kameran muodostaman kuvan muuttamista digitaaliseen muotoon (kun muodostettu kuva on analogisessa muodossa) ja kuvan siirtämistä ohjelmistoille, esimerkiksi kuvankäsittelyyn.

Kuvankaappaus tapahtuu yleensä konenäköjärjestelmän PC:hen liitetyllä kuvankaappauskortilla. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 8.)

Kuvankäsittelyn tarkoituksena on löytää kuvasta konenäköjärjestelmän toiminnan kannalta olennaista tietoa. Kuvankäsittely koostuu esikäsittelystä, segmentoinnista sekä tunnistuksesta ja tulkinnasta. Esikäsittelystä kuvasta suodatetaan häiriötaajuuksia ja tarvittaessa erotetaan pienempiä alueita, jolloin kuva-analyysin laskentaprosesseista saadaan nopeampia. Segmentoinnilla tarkoitetaan kuvan muokkaamista niin, että olennaiset piirteet erottuvat paremmin. Kuvan tunnistuksessa kuvaa verrataan toiseen kuvaan, esimerkiksi laadunvalvonnassa hyväksytyyn tuotteen kuvaan. Tulkinta tarkoittaa tiettyjen piirteiden, kuten kohteen dimensioiden tai kuva-alueiden muodon erottamista ja näiden pohjalta tehtävää analysointia kuvan sisältämästä todellisesta informaatiosta. (Konenäkö robotin ohjauksessa 2016, 9-11.)

Ohjausjärjestelmä on tietokoneessa tai logiikassa toimiva ohjelma, jonka tehtävänä on kuvan tunnistuksesta tai tulkinnasta saatujen tietojen perusteella ohjata prosessia, jonka osana konenäköjärjestelmä on. Ohjausjärjestelmä voi esimerkiksi ohjata tarkastetun tuotteen laadun perusteella tiettyyn varaston osaan. Konenäköjärjestelmän toiminnan hallinta, seuraaminen ja säätäminen tapahtuvat käyttöliittymän, eli konenäköjärjestelmän logiikoihin kytketyn päätteen tai PC:n avulla. (Konenäkö 2016.)

4.6 Älykamera

Älykameralla tarkoitetaan kameraa, jossa on integroituna kuvankäsittelyyn ja analysointiin tarvittavat prosessorit ja muisti. Järjestelmästä irrallisella PC:llä tehty sovelluskohtainen ohjelmisto ladataan älykameran muistiin, minkä jälkeen kameran ei tarvitse olla yhdistettynä tietokoneeseen, vaan se toimii täysin itsenäisesti. (Älykamerakuvaus 2011.) Älykameran ja perinteisen konenäköjärjestelmän merkittävin ero on siis PC:n käytössä: perinteisessä konenäkössä kuvankäsittely ja tulkinta tapahtuvat PC:llä toimivassa ohjelmistossa, jolloin kameran on oltava jatkuvassa yhteydessä tietokoneeseen, kun taas älykamerassa ohjelmisto on sulautettuna itse kameraan. Myös valaistus on mahdollista integroida kameraan. (Leino 2012.)

Perinteiseen, PC-pohjaiseen konenäköjärjestelmään verrattaessa älykameran etuja ovat edullisuus niin ostohinnan kuin ylläpitokustannusten suhteen, helpompi käytettävyys ja yhdistettävyys jo olemassa oleviin automaatiojärjestelmiin. Edut johtuvat älykameran yksinkertaisemmasta rakenteesta. Älykamerat sisältävät PC-pohjaista järjestelmää vähemmän komponentteja ja ovat kooltaan pienempiä. Älykamerajärjestelmässä ei perinteisen konenäköntapaan tarvita erillistä kuvankaappauskorttia tai PC:tä. Koska älykamerassa ei ole PC:lle ominaisia liikkuvia komponentteja, kuten tuulettimia tai kovalevyjä, se ei lämpene tietokoneen keskusyksikön tapaan. Tästä syystä älykameran ylläpitokustannukset ovat yleensä PC-pohjaista konenäköä pienemmät ja älykamerajärjestelmää pidetään myös kestävyyskannalta perinteistä järjestelmää luotettavampana. Älykameroiden ohjelmistot ovat usein perinteisten järjestelmien ohjelmistoja yksinkertaisempia ja sitä kautta helppokäyttöisempiä. (PC-based Machine Vision Versus Smart Camera Systems 2016 ; Zuech 2002.)

Perinteisen PC-pohjaisen järjestelmän merkittävänä etuna on älykameraa suurempi prosessointiteho: PC-pohjaisella järjestelmällä voidaan hyödyntää älykameraa monimutkaisempia ohjelmistoja ja algoritmeja sekä suorittaa toimintoja suuremmalla nopeudella. Perinteinen järjestelmä on

myös helpommin uudistettavissa ja muokattavissa: yksittäisiä komponentteja on helppo vaihtaa uusiin. (PC-based Machine Vision Versus Smart Camera Systems 2016 ; Zuech 2002.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli verrata eri toimittajien automaattisia laaduntarkastusjärjestelmiä ja toimia näin pohjana järjestelmän valinnalle. Vertailu tehtiin järjestelmien teknisten ominaisuuksien, hintojen ja kalvonäytteiden testitulosten välillä. Teknisten ominaisuuksien vertailun pohjana toimi teoriaosuudessa esitetty konenäköjärjestelmän rakenne. Lisäksi työssä selvitettiin järjestelmään kuuluvan lappulaitteen muun järjestelmän osana ostamisen kannattavuutta.

Tehtyjen kalvotestien perusteella voitiin yhtä järjestelmistä pitää toimivuudeltaan hieman muita heikompana. Muiden järjestelmien hintoja ja sitä mitä hintaan sisältyy, vertaamalla voitiin tietyn järjestelmän hankkimista pitää hieman muita kannattavampana.

Lappulaitteen suhteen voidaan todeta, että sen ostaminen suoraan valmistajalta on edullisempaa kuin laitteen ostaminen tarkastussysteemin toimittajalta.

LÄHTEET

A Practical Guide to Machine Vision Lighting - Part 1. 2015. National Instruments. [viitattu 11.3.2016]. Saatavissa <http://www.ni.com/white-paper/6901/en/>

A Practical Guide to Machine Vision Lighting - Part 3. 2015. National Instruments. [viitattu 8.3.2016]. Saatavissa <http://www.ni.com/white-paper/6903/en/>

Alavi, F.F. 2010. In-Line Extrusion Monitoring and Product Quality. S. 6-8. University of Toronto. Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry. Väitöskirja. [viitattu 8.4.2016]. Saatavissa https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/29967/3/Farahani_Alavi_Forouzandeh_201006_PhD_thesis.pdf

Batchelor, B.G (toim.) 2012. Machine Vision Handbook Volume 1. Illumination Sources. Lontoo: Springer

DIC Global. 2016. What is Coextruded Multi-layer Film?. DIC Products. [viitattu 8.4.2016] Saatavissa <http://www.dic-global.com/ap/en/products/film/multilayer.html>

Hornberg, A (toim.) 2006 a. Handbook of Machine Vision. Lighting in Machine Vision. Weinheim: Wiley-VCH

Hornberg, A (toim.) 2006 b. Handbook of Machine Vision. Camera Systems in Machine Vision. Weinheim: Wiley-VCH

Inspecta. 2016 a. Terveystuollon laitteiden ja tarvikkeiden (Medical Devices) johtamisjärjestelmän sertifiointi (ISO 13485). [viitattu 11.4.2016]. Saatavissa <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Jarjestelmasertifiointi/Terveystuollon-laitteiden-ja-tarvikkeiden-Medical-Devices-johtamisjarjestelman-sertifiointi-ISO-13485/>

Inspecta. 2016 b. Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmien sertifiointi. [viitattu 11.4.2016]. Saatavissa

<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Jarjestelmasertifiointi/Elintarviketurvallisuuden-hallintajarjestelman-sertifiointi/>

Johnson J.T. 2009. Defect and Thickness Inspection System for Cast Thin Films Using Machine Vision and Full-Field Transmission Densitometry. Georgia Institute of Technology. School of George W. Woodruff School of Mechanical Engineering. Diplomityö. [viitattu 8.4.2016]. Saatavissa

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/37234/johnson_jay_t_200912_mast.pdf

Kehittyvä elintarvike –Elintarvikealan tiede- ja ammattilehti. 2004.

Konenäkö elintarviketeollisuuden työkaluna. [viitattu 7.3.2016]. Saatavissa

<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/26-konenako-elintarviketeollisuuden-tyokaluna>

Kiimalainen, K. 2014. Kone näkee paremmin. Reset-lehti 1/2014. [viitattu 18.3.2016]. Saatavissa <http://reset-lehti.fi/kone-nakee-paremmiin/>

Konenäkö. 2016. Opetushallituksen verkko-oppimateriaalit. [viitattu 23.3.2016]. Saatavissa:

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/etusivu.html>

Konenäkö robotin ohjauksessa. 2016. [viitattu 8.3.2016]. Saatavissa

http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teorja.pdf

Kurri ,V; Malén, T; Sandell, R ja Virtanen, M. 2008. Muovitekniikan perusteet. Edita Prima Oy.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: Karisto Oy

Leino, M. 2012. Yleiskatsaus konenäköön ja konenäön kustannustehokkaaseen valintaan. [viitattu 30.3.2016]. Saatavissa

<https://prezi.com/jkeo3sosmdpz/untitled-prezi/>

Logistiikan Maailma. 2016. Laatu ratkaisee. [viitattu 11.4.2016] Saatavissa http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laatu_ratkaisee

PC-based Machine Vision Versus Smart Camera Systems. 2016. Thomasnet. [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa <http://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/smart-camera-versus-pc-based-machine>

Perinteiset konenäköjärjestelmät. 2016. SAMK automaation tutkimusryhmä. [viitattu 7.3.2016]. Saatavissa http://automaatio.samk.fi/?page_id=74

Schut, J.H. 2003. Breaking Into Medical Films. Plastics Technology. [viitattu 11.4.2016] Saatavissa <http://www.ptonline.com/articles/breaking-into-medical-films>

Soini, A. 2016. Konenäkö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. [viitattu 7.3.2016]. Saatavissa <https://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Konenako.pdf>

Stjerna, A. 2008. Rauditusverkkojen leikkaussolun kehittäminen. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja merenkulku, Pori. Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö. [viitattu 8.3.2016]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/673>

Teledyne Dalsa. 2013. Line Scan Cameras for Web Inspection. [viitattu 23.3.2016]. Saatavissa: <http://blog.teledynedalsa.com/2013/05/line-scan-cameras-for-web-inspection/>

Teledyne Dalsa. 2016. CCD vs. CMOS. [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <https://www.teledynedalsa.com/imaging/knowledge-center/appnotes/ccd-vs-cmos/>

Wihuri. 2016. Pakkausteollisuus: Wipak. Wihuri-konserni. [viitattu 7.4.2016] Saatavissa <http://www.wihuri.fi/pakkausteollisuus>

Wilson, A. 2015. Choosing a line scan camera for web inspection applications. Vision Systems. [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa <http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-20/issue-11/features/choosing-a-line-scan-camera-for-web-inspection-applications.html>

Wipak. 2015. Multimillion investment in high barrier film technology. Wipak Group. [viitattu 7.4.2016]. Saatavissa <http://www.wipak.com/news/multimillion-investment-high-barrier-film-technology>

Zuech, N. 2002. Smart Cameras vs. PC-Based Machine Vision Systems. AIA Vision Online. [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa http://www.visiononline.org/vision-resources-details.cfm/vision-resources/Smart-Cameras-vs-PC-Based-Machine-Vision-Systems/content_id/1275

Älykamerakuvaus. 2011. Satakunnan ammattikorkeakoulu. [viitattu 30.3.2016]. Saatavissa <http://www.samk.fi/alykamerakuvas>

