



Kenkäpuristinhihnan läpityksen mittausprosessin kehittäminen

Santeri Hurtta

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

HURTTA, SANTERI:

Kenkäpuristinhihnan läpityksen mittausprosessin kehittäminen

Opinnäytetyö 27 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää mittausprosessi kenkäpuristinhihnan läpityksen laadunvarmistukseen. Samalla tavoitteena oli tutustua laadun teoriaan ja konenäön hyödynnettävyyteen laadun työkaluna.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy:n Palveluliiketoimintalinjan Kudokset-liiketoimintayksikkö ja sen kenkäpuristinhihnojen tuotanto. Valmet Technologies Oy on suomalainen paperi-, sellu- ja energiateollisuuden palveluiden toimittaja. Toimeksianto annettiin joulukuussa 2023 ja projekti aloitettiin tammikuussa 2024.

Kenkäpuristinhihna on kenkäpuristimen komponentti, joka mahdollistaa paperirainan kulkemisen puristinkengän läpi. Kenkäpuristinhihna kiinnitetään kenkäpuristimelle hihnan päissä olevilla läpillä. Tällä hetkellä kenkäpuristinhihnan läpityksen mittaus tapahtuu manuaalisesti. Läpitykseen haluttiin automaattinen mittausjärjestelmä, joka tekee mittauksen nopeammin ja tarkemmin.

Mittausprosessin kehittäminen suoritettiin projektina kartoittamalla tehtävään sopivaa mittaustekniikkaa yhdessä tavarantoimittajien kanssa. Toimittajien kanssa järjestettiin demotilaisuuksia ja testikäyttöjä. Lopulliseksi mittausprosessiksi valikoitui mittaustekniikka, jolla saatiin suoritettua kaikki prosessissa tarvittavat mittaukset.

Seuraavina toimenpiteinä toimeksiantajalla kiinnityksen suunnittelu, sekä mittausprosessin käyttöönotto ja sisällytys tuotantoon.

Asiasanat: laatu, mittausprosessi, kenkäpuristinhihna

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Technology

HURTTA, SANTERI:

Development of the Measurement Process of the Shoe Press Belt Mounting Flap

Bachelor's thesis 27 pages, appendices 7 pages
May 2024

The purpose of this thesis was to develop a measurement process for shoe press belt mounting flap quality assurance. The goal of the thesis was to explore quality on a theoretical level and research the applicability of machine vision as a quality tool.

This thesis was commissioned by Valmet Technologies Inc., Fabrics business unit's shoe press belt production in Services business line. Valmet Technologies is a Finnish paper, pulp and energy industry service supplier. The project was started in January 2024.

The shoe press belt is a component of a shoe press that allows for the paper web to pass through the pressing shoe. The belt is attached to the press by the mounting flaps located at the ends of the belt. Currently the flaps are measured manually. The goal was to design an automatic and a more accurate measurement system.

The development was carried out as a project with suppliers by researching a suitable measurement technique for the process. The technique was selected by demoing and testing the processes. The final measurement process that was selected has the capabilities to execute all the measurements that are required of the system.

The next steps of development for the measurement process are designing the mounting bracket as well as the introduction and integration to the production process.

Key words: quality, measurement process, shoe press belt

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	VALMET	6
	2.1 Toiminta	6
	2.1.1 Palvelut.....	6
	2.1.2 Virtauksensäätö.....	6
	2.1.3 Automaatiojärjestelmät	7
	2.1.4 Sellu ja energia.....	7
	2.1.5 Paperit	7
3	LAATU	8
	3.1 Laadun määritelmiä.....	8
	3.2 ISO 9000 -standardi.....	9
	3.3 Suunnittelu- ja valmistuslaatu.....	9
	3.4 Laadunhallinta.....	11
	3.5 Laadunohjaus.....	12
4	KONENÄKÖ	13
	4.1 Konenäkö ja laatu	14
	4.2 Perusosat ja komponentit.....	14
	4.2.1 Kamera.....	15
	4.2.2 Valaistus.....	15
	4.2.3 Kuvan käsittely	17
	4.2.4 Kommunikaatio.....	18
	4.3 Kameratyypit	18
	4.3.1 Matriisikamera	18
	4.3.2 Viivakamera.....	18
	4.3.3 Älykamera	19
	4.4 Kontrasti.....	19
	4.5 Resoluutio	20
5	KENKÄPURISTIN.....	21
	5.1 Kehittäminen	21
	5.2 Kenkäpuristinhihna.....	23
6	POHDINTA	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	27
	Liite 1. Työn suorittaminen.....	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kehittää konsepti mittausprosessista kenkäpuristinhihnojen tuotantoon Valmet Technologies Oy:n Kudokset-liiketoimintayksikön Tampereen tehtaalle. Mittausprosessi kehitetään kenkäpuristinhihnan asennusläpityksen laadunvarmistukseen. Läpityksen mittaus suoritetaan tällä hetkellä manuaalisesti eri mittatyökaluilla työntekijän toimesta. Tuotteelle halutaan kehittää nopeampi, tarkempi ja luotettavampi mittausmenetelmä, joka vie vähemmän aikaa ja työvoimaa.

Työssä käydään ensimmäisenä läpi opinnäytetyön tilaajayritys, laadun perusteita ja käsitteitä, sekä konenäön teoriaa ja toimintaperiaatteita. Lopuksi esitellään opinnäytetyön kohteena oleva tuote. Työn suorittamisosio on salassa pidettävää materiaalia ja mittausprosessin konseptointi on esitetty liitteessä 1., jota ei julkaista. Opinnäytetyö tehdään Valmetilla toteutettavan projektin tukena, jonka tarkoituksena on kehittää viimeistyskoneen toimintaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua laatuun käsitteenä, sekä sen merkitykseen yrityksen toiminnalle. Työssä käsitellään laadun määritelmiä ja konsepteja, sekä laadun standardointi ja siihen johtaneita tekijöitä. Työssä tuodaan myös esille yritykselle mahdollisia ongelmia ja haasteita laadun näkökulmasta, sekä keinoja sen hallintaan ja ohjaukseen.

Toinen opinnäytetyön tavoitteista on perehtyä konenäköjärjestelmien toimintaan ja sen hyödynnettävyyteen laadun työkaluna. Työssä käydään läpi konenäköjärjestelmien komponentteja, niiden toimintaperiaatteita ja käyttökohteita. Tavoitteena on selvittää, miten konenäköä voidaan käytännössä hyödyntää dimensioiden mittauksessa.

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää mittausprosessi kenkäpuristinhihnan läpityksen laadunvarmistukseen. Opinnäytetyö rajataan mittaustekniikan valintaan, testikäyttöön ja kiinnityksen konseptointiin.

2 VALMET

Valmet on 1951 perustettu suomalainen paperi-, sellu- ja energiateollisuuden palveluiden toimittaja. Valmet toimittaa yhteistyökumppaneilleen prosessiteknologian palveluita, automaattioratkaisuja sekä tuotantolinjoja ja komponentteja. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1 Toiminta

Valmetin toiminta on jakaantunut viiteen eri liiketoimintalinjaan

- Palvelut-liiketoimintalinja
- Virtauksensäätö-liiketoimintalinja
- Automaatiojärjestelmät-liiketoimintalinja
- Sellu ja energia-liiketoimintalinja
- Paperit-liiketoimintalinja. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1.1 Palvelut

Palvelut-liiketoimintalinja toimittaa asiakasyrityksilleen sellu-, kartonki-, paperi- ja energiateollisuudessa käyttötarkoituksen mukaan kehitettyjä palveluita prosessien suorituskyvyn ja luotettavuuden parantamiseksi. Valmet toimittaa asiakkailleen kulutus- ja varaosia, komponentteja sekä erilaisia kunnossapito-, seisokki- ja ulkoistuspalveluita. Valmet tarjoaa myös prosessien tukea ja optimointia sekä parannuksia asiakkaiden laitoksille ja tehtaille. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1.2 Virtauksensäätö

Virtauksensäätö-liiketoimintalinja on prosessiteollisuuden virtauksensäätöteknologioiden ja -palveluiden toimittaja. Asiakasyritykset toimivat prosessiteollisuudessa sellu- paperi- ja biotuoteteollisuudessa, öljyn- ja

kaasunjalostuksessa sekä kaivos-, metallinjalostus ja kemianteollisuudessa. Valmet tarjoaa asiakkailleen virtauksensäätöratkaisuja kuten venttiilejä, pumppuja ja venttiiliautomaatiota. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1.3 Automaatiojärjestelmät

Automaatiojärjestelmät-liiketoimintalinja toimittaa asiakkailleen automaatio- ja laadunhallintajärjestelmiä, mittauspalveluita ja teollisen internetin sovellutuksia. Valmet tarjoaa automaatioratkaisulla asiakkailleen mahdollisuuksia liiketoiminnan kannattavuuden ja vastuullisuuden parantamiseksi lisäämällä tuotannon suorituskykyä, laadunhallintaa, energia- ja kustannustehokkuutta. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1.4 Sellu ja energia

Sellu- ja energia-liiketoimintalinja toimii sellun ja energian tuotannon, biomassan jalostuksen ja päästöjen hallinnan teknologiaratkaisujen toimittajana asiakkailleen massan-, sähkön- ja lämmöntuottamisessa. (Valmet lyhyesti n.d.)

Massan valmistuksen ratkaisut toimivat raaka-aineiden käytön optimoinnissa ja veden ja kemikaalien kulutuksen vähentämisessä. Energiatuotteita Valmet tarjoaa lämpö- ja voimalaitoksien muodossa. Muihin tuotteisiin kuuluu esimerkiksi kattiloita, kaasutinlaitteistoja ja ympäristönsuojelu- ja päästöjenhallintajärjestelmiä. (Valmet lyhyesti n.d.)

2.1.5 Paperit

Paperit-liiketoimintalinja tarjoaa asiakkailleen paperiteollisuuteen kokonaisia tuotantolinjoja, laitteistoja ja laitteiston päivityksiä. Valmet pyrkii tehostamaan asiakkaidensa tuotantotehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä tarjoamalla joustavia ja luotettavia ratkaisuja tuotannonhallintaan. (Valmet lyhyesti n.d.)

3 LAATU

Laatu voi olla hankalasti määritettävä käsite, sanan merkitys on muuttunut ajan kuluessa ja laadun määritelmä voi muuttua tarkastelevan henkilön aseman mukaan (Andersson 1997, 16). Nykypäivänä ISO 9000 standardi kuitenkin määrittelee laadun kysymällä, kuinka hyvin tuotteen ominaisuudet täyttävät siihen kohdistetut vaatimukset (Anttila 2016).

3.1 Laadun määritelmiä

Antiikin kreikan aikaan Aristoteles kuvaili laatua kahdella eri tavalla, se ilmaisee, miten kohde erottuu joukosta ja miten se nähdään hyvänä tai huonona. Nykypäivän arkikielessä laatu kuvaa kohteen erityisesti hyviä ominaisuuksia, laadun avulla korostetaan kohteen onnistumista vaatimukset huomioon ottaen. (Anttila 2016.)

Laatua voidaan tarkastella esimerkiksi seuraavanlaisista löyhästi rajatuista näkökulmista. Tuoteperusteinen määritelmä laadulle tarkoittaa tuotteelle ominaisia piirteitä esimerkiksi auton tehokkuus ja kestävyys tai korun arvometallipitoisuus. Tällä tavalla määritettyä laatua on mahdollista tarkastella objektiivisesti, sillä kohteella, jolla on paremmat ominaisuudet, nähdään usein parempilaatuisena. (Anttila 2016.)

Tuotantoperusteisesta näkökulmasta laatu on tuotteen kyky täyttää siihen kohdistetut vaatimukset. Tämä määritelmä tulee nykyaikaisesta laatutekniikasta, joka perustuu valmistusvirheiden poistamiseen ja tuotantoon spesifikaatioiden ja sopimusten mukaisesti. Tällä tavalla määritelty laatu tarkoittaa tasoa, jolla tuote täyttää sen vaatimukset. Tuotantoperusteinen laatu on siis mitattavissa oleva suure, yleinen tuotannon toimintaohje on, että hyväksyttävän tuotteen laatu on joko hyvä tai virheetön eli nollavirhetasolla. (Anttila 2016.)

Asiakasperusteinen näkökulma perustuu tuotteen asiakkaan asettamiin laatuvaatimuksiin, jotka muodostuvat asiakkaan tarpeiden ja toiveiden pohjalta.

Asiakasperusteiset laatuvaatimukset muuttuvat asiakkaan käyttötarkoituksen mukaan. (Andersson 1997, 18.) Esimerkki asiakkaan kokemasta arvosta voisi olla, hevoscärryä kuljettavalle asiakkaalle tehokas dieselkäyttöinen maasturi voidaan kokea korkealaatuiseksi, kun taas työmatka-autoksi taajaman sisällä ajoneuvon ostavalle asiakkaalle tuotteen laatu on alhaisempi.

Arvoperusteinen laatu syntyy tuotteen asiakkaalle antamasta hyödystä tai arvosta ja tuotteen hinnasta. Näin tarkasteltuna laatu on tuotteen hinnan ja arvon suhde. (Anttila 2016). Tällä tavalla laadukas tuote voi olla vastaava kuin kilpailijoilla, mutta sen hinta on halvempi. Laadukkaampi tuote voi myös olla kilpailijoita vastaava, mutta tällöin tuotteen ominaisuuksien tulee olla paremmat. (Andersson 1997, 19.)

3.2 ISO 9000 -standardi

Laadun ollessa yritystoiminnan ja kaupankäynnin tärkeimpiä käsitteitä, on laadulle määritetty kansainvälinen ISO 9000 -standardisarja. Standardoinnin tavoitteena on ollut koota hajanainen laatumääritelmä täsmälliseksi ja arvioitavaksi, sekä tehdä siitä arkikielessä ymmärrettävä käsite (Anttila 2016).

Suomen standardoinnin keskusjärjestö SFS:n sivuilla, Anttila (2016) kirjoittaa ”viimeisimmissä standardeissa laadun määritelmä on ”degree to which a set of inherent characteristics of an object fulfils requirements” (missä määrin kohteen luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset)”. Määritelmä painottaa laadun suhteellisuutta ja tuotteeseen kohdistuvia vaatimuksia kaikkien tuotteen kanssa tekemisissä olevien tahojen näkökulmasta. (Anttila 2016.)

ISO 9000 -standardisarjaa käytetään maailmanlaajuisesti organisaatioissa parhaiden laadunhallintajärjestelmien perustana (ISO 9000 Laadunhallinnan standardisarja n.d).

3.3 Suunnittelu- ja valmistuslaatu

Kun suunnitellaan uutta tuotetta, tuottajan tulee arvioida tuotteen kustannukset ja ne ominaisuudet, joista mahdollinen asiakas on valmis maksamaan. Tällainen rakenneratkaisu, joka toteuttaa tuotteeseen kohdistetut laatuvaatimukset parhaalla talousteknisellä tavalla, tunnetaan suunnittelulaatuna. Tuote on suunnitteluvaiheessa luotu vastaamaan kaikkia siihen kohdistuneita vaatimuksia ja mahdolliset kustannukset on optimoitu parhaan mukaan. (Andersson 1997, 27.)

Suunnittelulaatu ei kuitenkaan ota huomioon valmistuksessa eteen tulevia muuttujia. Valmistusvaiheessa huomataan, ettei prosessi tuotakaan suunnittelunmukaisia ja virheettömiä tuotteita. Valmistuksessa voi esiintyä mitta- ja materiaalivirheitä ja tämä voi johtaa prosessista hylättyihin tuotteisiin. Tuotantoprosessin virheet voivat kuitenkin johtua myös huonosta suunnittelusta ja uudelleen suunnitteluakin on syytä usein harkita. Usein kuitenkin nämä virheet johtuvat huonosti ohjatuista ja puutteellisista valmistusprosesseista. Virheellisten tuotteiden korjaaminen, uudelleen tarkastaminen tai kokonaan hylkääminen ovat aikaa vieviä toimenpiteitä ja johtavat tuotteen valmistuskustannusten kasvuun. Näihin toimenpiteisiin käytetyt resurssit ja aika, toimitusaikojen pidentyminen, kysynnän ja imagon heikentyminen ovat huonon valmistuslaadun aiheuttamia haittoja yrityksen toiminnalle. (Andersson 1997, 27.)

Suunnittelulaadun ja valmistuslaadun tunnistaminen ja erottaminen on välttämätöntä yritykselle, joka tavoittelee tuotteelleen korkeaa laatua ja alhaisia valmistuskustannuksia. Pelkkä korkea suunnittelulaatu voi tarkoittaa korkeita kustannuksia, jos valmistuslaatu pyritään nostamaan samalle tasolle, saadaan laskettua tuotteen kustannuksia laadun pysyessä korkealla. (Andersson 1997, 28.)

Organisaation toiminnassa hyvää suunnittelulaatua syntyy, kun asiat tehdään toisin kuin ennen, suunnittelu tekee innovaatioita tuotteen rakenteeseen ja ominaisuuksiin tarpeiden mukaan. Hyvä valmistuslaatu taas syntyy, kun prosessissa on kerran saatu aikaan hyvää tulosta ja prosessi yritetään jatkossa pitää mahdollisimman samanlaisena ilman minkäänlaisia muutoksia. Jos tuotteen suunnittelussa tehdään kaikki tietyllä tavalla ilman muutoksia, tuotteen laatu ei koskaan parane eikä se pysty vastaamaan siihen kohdistuneista

mahdollisesti muuttuvista vaatimuksista. Jos taas valmistusprosessissa tehdään muutoksia eikä toiminta ole standardoitua, esiintyy valmiissa tuotteissa epä johdonmukaisuuksia ja laadun vaihtelevuutta. Tällainen suunnittelu- ja valmistuslaadun erilaiset toimintatavat huomioiva prosessi vaatii organisaatiolta kykyä työskennellä tehokkaasti ja samanaikaisesti erilaisten arvojen mukaan. (Andersson 1997, 28.)

3.4 Laadunhallinta

Laadunhallinta tarkoittaa jatkuvaa laadun varmistamista ja kehittämistä (Andersson 1997). Laadunhallinta voidaan jakaa erilaisiin laadunhallinnan periaatteisiin, joita organisaatio voi hyödyntää suorituskykynsä parantamisessa. Näistä periaatteista muodostuu ISO 9000 -standardisarjan laadunhallintajärjestelmien lähtökohdat. (Laadunhallinnan periaatteet n.d.)

Asiakaskeskeisyys organisaation toiminnassa ja laadunhallinnassa tulee olla ensisijaisena tavoitteena. Toiminnan tulee pyrkiä täyttämään ja ylittämään asiakkaan odotukset ja vaatimukset. Asiakaskeskeisellä toiminnalla organisaatio ansaitsee ja säilyttää asiakkaiden, sekä muiden sidosryhmiensä luottamuksen. Asiakaskeskeisyys parantaa asiakkaan saamaa arvoa organisaation palveluista, nostaa asiakastyytyväisyyttä sekä -uskollisuutta ja täten kasvattaa organisaation mainetta ja asiakaskuntaa. Tämä mahdollistaa organisaation tuoton ja markkinaosuuden kasvun. (Laadunhallinnan periaatteet n.d.)

Johtajuus ja sen toimivuus mahdollistaa olosuhteiden luomisen, joissa ihmiset organisaation sisällä osallistuvat täysin yhteisten laatutavoitteiden saavuttamiseen. Hyvän johtamisen tavoitteena on yhteisen päämäärän luominen, jotta organisaatio voi standardoida prosessinsa, toimintatapansa ja resurssinsa. (Laadunhallinnan periaatteet n.d.)

Organisaation prosessimainen toimintamalli mahdollistaa tarvittaessa resurssien keskittämisen toiminnan tärkeimpiin prosesseihin, joka puolestaan mahdollistaa ennustettavia ja yhdenmukaisia lopputuloksia. Yhdistettynä prosessit

muodostavat organisaatiolle laadunhallintajärjestelmän, jonka suorituskykyä ja tuloksia on mahdollista optimoida. (Laadunhallinnan periaatteet n.d.)

Analysoituun tietoon ja käytännön näyttöön perustuva päätöksenteko parantaa organisaation päätöksentekoprosesseja ja helpottaa prosessin arviointia sekä muutosten perustelua. Prosessin parantaminen ja sen toimivuuden arviointi on helpompaa, kun arviointiin käytetään mitattua tai analysoitua dataa ja informaatiota. Pelkkä prosessin parantaminen itsessään nostaa organisaation toimintakykyä ja asiakastyytyvää. Kun prosessin optimointia ja parannuksia tehdään yhdessä näyttöön perustuvan datan kanssa, saadaan nostettua näiden toimintojen vaikuttavuutta. (Laadunhallinnan periaatteet n.d.)

3.5 Laadunohjaus

Laadunvalvonta tarkoittaa organisaation konkreettisia toimia laatu poikkeamien ja toleranssirajojen ylittävien kohteiden poistamista prosessista, kun taas laadunohjaus on prosessista saadun mittausdatan tai muun havaitun tiedon hyödyntämistä kohteen valmistusprosessin ohjaamisessa (Andersson 1997, 29).

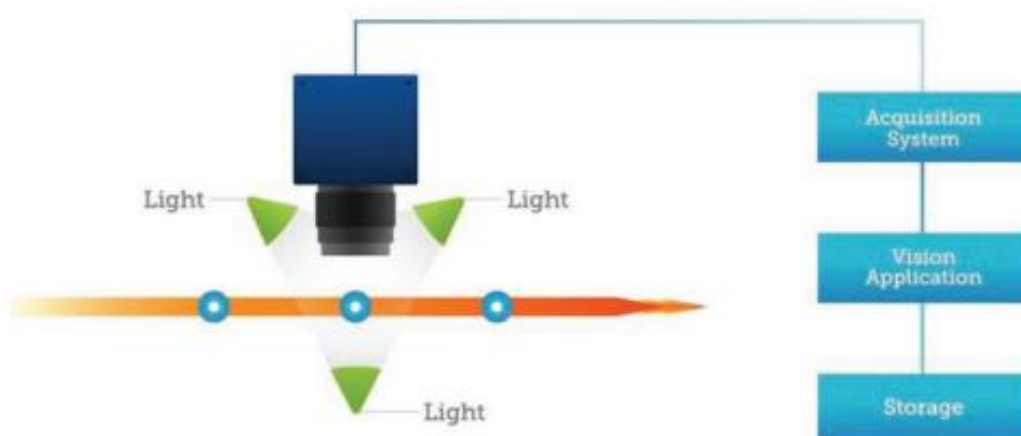
Laadunohjaus tarkoittaa siis prosessin säätämistä palautteiden mukaan, jotta prosessin ulosanti ja toiminta pysyy vakiona. Laadunohjaus on organisaatiolle välttämätön toiminta, sillä pelkästään laatuongelmien poistamisella ei huomioida laaturvirheiden aiheuttavaa tekijää. (Andersson 1997, 29.)

4 KONENÄKÖ

Konenäkö on digitaalisten sensoreiden ja kameroiden avulla suoritettavaa visuaalista tarkastelua, hyödyntäen erilaisia prosessilaitteistoja ja -ohjelmistoja. Konenäkö on monitieteinen ala, joka yhdistää automaatio-, tietokone- ja konetekniikan, sekä optiikan tuottaakseen mahdollisuudet lähes minkälaisen tahansa kappaleen tarkasteluun. Konenäkö on alun perin kehitetty teollisuuteen, mutta ajan saatossa sen hyödyt ovat levinneet lääketieteeseen, tutkimuksen tekoon ja elokuvateollisuuteen. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

Konenäköjärjestelmä yhdistää kuvankaappauksen ja prosessointijärjestelmät digitaalisten siirräntälaitteistojen eli kameroiden kanssa ohjatakseen esimerkiksi laadunhallintajärjestelmiä tai erilaisia laitteistoja, kuten teollisuusrobotteja. Konenäkö on kehitetty teollisiin visuaalisen tarkastelun tarpeisiin, jossa korostuu vaatimuksina nopeus, suurennusmahdollisuudet, ympärivuorokautinen toiminta ja toistettavuus. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

Yksinkertaistettu konenäköjärjestelmä (kuva 1) toimii siten, että hyvin valaistu tarkasteltava kohde liikkuu konenäkö kameran tarkastusalueen läpi.



KUVA 1. Konenäön toiminta (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

Kamera tallentaa kohteesta saadun kuvan ja lähettää sen eteenpäin prosessointijärjestelmään, järjestelmä tekee tarvittavat toimenpiteet kuten virheilmoituksen ja varastoi sen esimerkiksi laadunohjausjärjestelmään, jossa kuvaa voidaan tarvittaessa tarkastella. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

4.1 Konenäkö ja laatu

Konenäöllä voidaan korvata työllistäviä, yksitoikkoisia ja yksinkertaisia tarkastustehtäviä, jonka tehokkaaseen suorittamiseen vaaditaan työntekijältä vahvaa keskittymistä pitkillä aikaväleillä. Tällaisissa tehtävissä konenäköjärjestelmät tuovat organisaatiolle tuotannon tehtäviin useita hyötyjä. Konenäkö suorittaa kyseiset tehtävät työntekijää suuremmalla tarkkuudella, johdonmukaisuudella ja nopeudella. Konenäkö osana tuotantolinjaa auttaa tunnistamaan ja korjaamaan virheet tuotannossa automaattisesti, tämä puolestaan voi vähentää työntekijäkustannuksia, nostaa tuotantomääriä ja vähentää laatuvirheiden syntymistä. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

Konenäköjärjestelmä voi pitää sisällään niin monta kameraa, kuin prosessille on tarpeellista. Kaikki kamerat syöttävät kuvadataa konenäön ohjausjärjestelmälle samanaikaisesti ja vertailee sitä ennalta annettuihin toleransseihin ja vaatimukseen. Tämä mahdollistaa konenäöllä automatisoidut monivaiheiset ja nopeutta vaativat tarkastukset, kuten erilaiset mittaukset ja aseman- tai virheen tunnistukset. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

4.2 Perusosat ja komponentit

Konenäön monien eri alojen sovellutuksien takia konenäkö komponenttien tulee olla standardoituja, mutta helposti muokattavia. Konenäköjärjestelmän komponenteilla on jokaisella oma tehtävänsä prosessissa, tämä helpottaa rikkiäisten osien korvaamista tai järjestelmän päivittämistä ilman ylimääräisiä toimenpiteitä.

4.2.1 Kamera

Konenäköjärjestelmässä on aina yksi tai useampi kamera, jotka tallentavat kuvaa tarkasteltavasta kohteesta. Kameraa valittaessa tulee olla tiedossa prosessille tarvittava näkökenttä ja kuvauksen tarkkuus vaatimukset. (Basics of Understanding Machine Vision, n.d.)

Linssi on konenäkökameran komponentti, joka tallentaa kuvan ja lähettää sen kameran kennoille. Linssi määrittää kameran polttovälin ja kenno kuvan resoluution. Kameran kennot jaetaan yleisesti kahteen eri kategoriaan, charge-coupled device eli CCD ja complementary metal-oxide semiconductor eli CMOS. (Anand & Priya 2020, 47.)

Kummatkin kenno tyypit toimivat samalla toimintaperiaatteella. Kenno on käytännössä verkko valoherkkiä soluja eli pikseleitä, joihin kuvattavasta kohteesta tallennettu valo heijastuu. Valo tallentuu pikseliverkkoon ja muuntautuu elektronivaraukseksi. Kenno tyypit eroavat siinä, miten pikseliverkkoa tulkitaan. (Anand & Priya 2020, 47.)

CCD-kennossa elektronivaraus siirretään ja tulkitaan rivi kerrallaan erillisen ohjauspiirin avulla. Lopuksi signaali muutetaan analogisesta digitaaliseksi analogidigitaaliksi muuntimella. CMOS-kennossa jokaisella pikselillä on oma piirinsä, jonka avulla elektronivaraus muunnetaan jännitteeksi ja siirretään eteenpäin. CCD-kenno kuluttaa enemmän virtaa, tuottaa tarkempaa kuvaa ja ovat kalliimpia valmistaa. CCD-kenno muuntaa signaalin, kun kaikki varaukset on kerätty, joten kuvan kohina on pienempi ja laatu parempi. CMOS-kennossa jännitemuunnos tapahtuu jokaisen pikselin kohdalla erikseen, joten energiaa kuluu vähemmän ja kennojen valmistaminen on halvempaa. (Anand & Priya 2020, 47–49.)

4.2.2 Valaistus

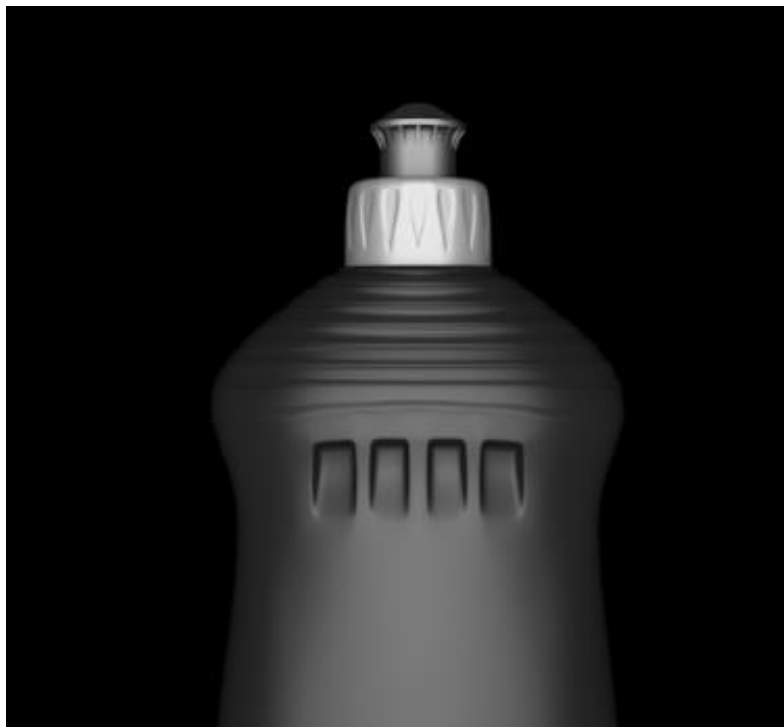
Valaistus on konenäköjärjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia. Tarkasteltavan kohteen huonosti suunniteltu valaistus voi aiheuttaa tarvittavan tiedon tai yksityiskohtien puuttumisen mittausprosessista. Valaistuksessa on otettava huomioon sopiva valaistustekniikka ja valonlähteen etäisyys mitattavasta kohteesta. (Components of Machine Vision n.d.)

Esimerkiksi juomapulloa tarkastellessa konenäön avulla suoralla valon lähteellä, tulee kiinnittää huomiota valaistuksen etäisyyteen kohteesta (kuva 2).



KUVA 2. Juomapullon tarkastelu (Cognex Lighting Advisor työkalu)

Tässä tilanteessa, kun valonlähde on liian lähellä tarkasteltavaa kohdetta, huomataan yksityiskohtien puuttuminen juomapullon korkista. Jos valonlähdettä yksinkertaisesti siirretään kauemmaksi kuvattavasta kohteesta, saadaan yksityiskohdat paremmin näkyviin ja tulkittaviksi (kuva 3).



KUVA 3. Muokattu valonlähde (Cognex Lighting Advisor työkalu)

Näissä esimerkeissä käytettiin High-Powered Integrated Light (HPIL) eli kameraan sisällytettyä suoraa valonlähdettä. Toinen itse kameraan sisällytetty yleinen valaistustekniikka on In-Sight Integrated Light (ISIL) eli integroitu laaja-alueinen ja yhtenäinen valaistus, joka vähentää varjojen syntymistä ja tuottaa tasaisemmin valaistun kuvan mattapintaisilla tuotteilla. (Components of Machine Vision n.d.)

4.2.3 Kuvan käsittely

Kuvan käsittely tarkoittaa prosessia, jossa järjestelmä käsittelee kameras tallentaman tiedon kohteesta. Yleisesti kuvankäsittely tapahtuu konenäköjärjestelmästä ulkoisen tietokoneen ohjelmistossa. Kamera lähettää kuvan järjestelmälle, mahdollisten haluttuja yksityiskohtia korostavien esiprosessointien jälkeen, jossa konenäköohjelmisto paikantaa ja mittaa kohteet. Lopuksi järjestelmä ilmoittaa kuvauksesta saadut tulokset ja ratkaisut. (Components of Machine Vision n.d.)

4.2.4 Kommunikaatio

Konenäköjärjestelmän koostuessa erilaisista komponenteista ja osista, joista jokaisella on oma tehtävänsä, tulee näiden osasten pystyä kommunikoimaan keskenään. Tämä tapahtuu erilaisten siirräntäsignaalien avulla, jotka tuovat dataa kameralta ohjausjärjestelmien käyttöön. Ohjausjärjestelmä voi varastoida mittausdataa ja tehdä toimenpiteitä tuotantolinjalla esimerkiksi virheellisten kohteiden poistamiseksi ja hylkäämiseksi. (Components of Machine Vision n.d.)

4.3 Kameratyypit

Konenäkö järjestelmissä käytetään yleisesti kolmea erilaista kameratyyppiä. Yleisimpiä kameratyyppejä on viivakamera, matriisikamera. Viivakamera tallentaa kuvan pikselirivinä ja matriisikamera tallentaa kohteesta pikselimatriisin. Kolmas kamera on älykamera, jossa on sisäänrakennettuna kuvankäsittely. (Anand & Priya 2020, 49.)

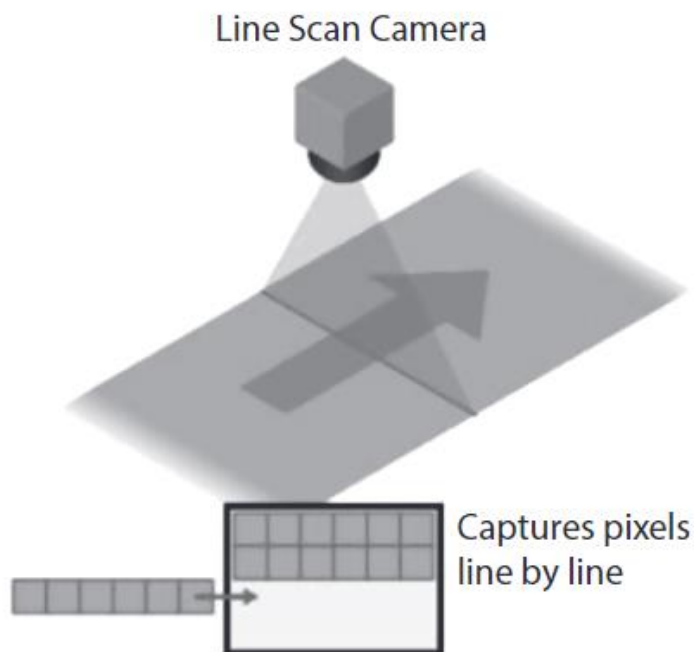
4.3.1 Matriisikamera

Matriisikameralla on helppo kuvata kokonaisia alueita ja tästä syystä ne ovat yleisimmin käytettyjä kameroita konenäköjärjestelmissä. Kamera tallentaa pikselimatriisin avulla kuvatusta kohteesta 2D kuvan yhdellä kuvauskerralla, kun taas viivakamera kuvaa kohdetta jatkuvasti. Matriisikamerat toimivat parhaiten kohteille, jotka ovat kuvaustilanteessa paikallaan edes hetkellisesti. (Anand & Priya 2020, 50.)

4.3.2 Viivakamera

Viivakamera rakentaa yhden vaakasuoran pikselirivin avulla kohteesta kokonaisen kuvan. Kamera kuvaa jatkuvasti kohdetta ja rakentaa halutun kuvan rivi kerrallaan, kun kohde liikkuu kameran kuvausalueen läpi (kuva 4). Viivakameraa käytettäessä on erityisen tärkeää kohteen liikkeen ja

kuvaustaajuuden oikeanlainen yhteensovittaminen. Viivakamerat soveltuvat parhaiten sovelluksiin, joissa käytetään korkeita nopeuksia, kuten kuvattaessa liukuhihnalla liikkuvia kohteita. Viivakameralla on myös mahdollista kuvata esimerkiksi sylinterimäisiä pintoja, sillä kokonainen kuva rakentuu vasta jälkepäin. (Anand & Priya 2020, 51.)



KUVA 4. Viivakameran toiminta (Anand & Priya 2020, 50.)

4.3.3 Älykamera

Älykamerat ovat tiettyyn tarkoitukseen suunniteltuja konenäkö kokonaisuuksia, joissa kuvankäsittelyohjelmisto on kameraan sisäänrakennettuna. Älykameran etuja muihin konenäköjärjestelmiin on nopea käyttöönotto ja ohjelmointitaitojen tarpeettomuus. Älykamera järjestelmällä on helppo tehdä yksinkertaisia mittauksia, ilman investointeja suuriin konenäköjärjestelmiin. (Anand & Priya 2020, 52.)

4.4 Kontrasti

Kontrasti tarkoittaa kuvattavan kohteen ominaisuuksien kirkkauseroja. Kontrasti erottaa kohteen pimeät ja valoisat kohdat, kontrastia kasvattamalla saadaan tummempia kohtia tummemmiksi ja valoisia kohtia kirkkaimmiksi. Kuvauksen selkeät kontrastitasot mahdollistavat useiden konenäkötoimintojen, kuten reunan tunnistuksen, tehokkaan toiminnan. (Anand & Priya 2020, 27.)

4.5 Resoluutio

Konenäköjärjestelmän kamera antaa kuvatusta kohteesta tietyn suuruisen pikselijoukon. Kuvan pikselimäärän ja kuvausalueen avulla voidaan laskea yhden pikselin pituus eli resoluutio kaavalla 1.

$$R_s = \frac{FOV}{P}, \quad (1)$$

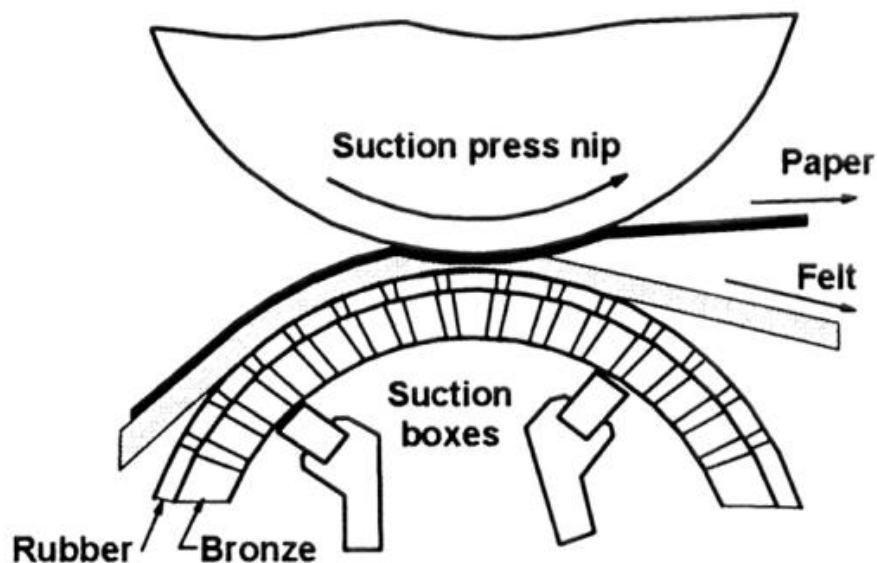
jossa R_s on resoluutio, FOV kuvausalueen koko ja P kuvan pikselimäärä x tai y suunnassa. Kun kuvan resoluutio on selvillä, voidaan laskea kuvatusta kohteesta yhden pikselin pituus ja tämän avulla mitattu etäisyys millimetreinä. (Dimension measurement n.d.)

5 KENKÄPURISTIN

Kenkäpuristin on paperikoneen puristinosalla toimiva puristin, jonka tarkoituksena on poistaa paperirainasta mahdollisimman paljon vettä ennen varsinaista kuivausvaihetta. Paperirainan puristaminen parantaa valmiin paperin fyysisiä ominaisuuksia kuten tiheyttä ja kestävyyttä ja auttaa vähentämään energiankäyttöä itse kuivausvaiheessa. (Samani n.d.)

5.1 Kehittäminen

Kenkäpuristimilla korvataan perinteinen puristimella käytetty telapuristin (kuva 5). Telapuristin toimii kahdella telalla, jonka välissä paperiraina kulkee puristaen vettä pois rainasta puristinhuopaan. (Press Section of a Paper Machine n.d.)

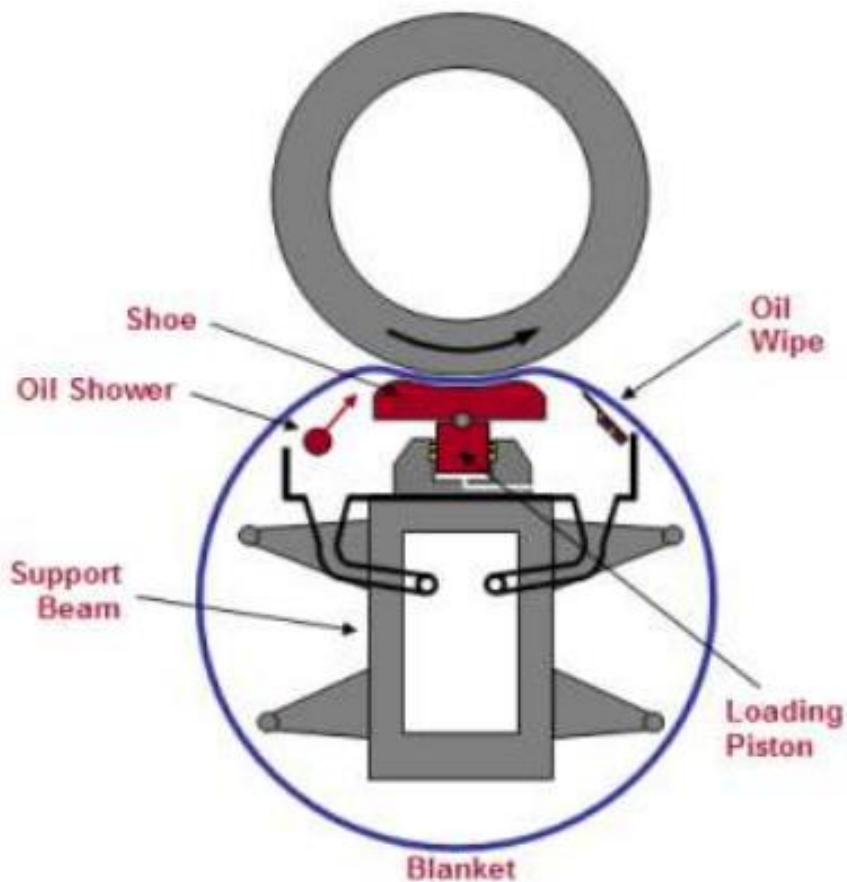


KUVA 5. Perinteinen telapuristin (Press Section of a Paper Machine)

Rainan puristuksen kolme tärkeintä osa-aluetta ovat mahdollisimman pitkä puristusmatka eli nippi ja huippupaineen ja rainan vahingoittumisen minimointi. Telapuristimella näiden osa-alueiden optimointi voi osoittautua hankalaksi. Puristuksen voimaa voidaan vähentää, mutta tämä johtaa rainan kuivattamisen heikentymiseen. Myös puristustelojen kokoa ja nippiä voidaan kasvattaa, mutta

tämäkin onnistuu vain tiettyyn pisteeseen asti ja merkittävää nippiä on hankalaa saada isommaksi kuin kymmeniä millimetrejä. (Halsall 2012.)

Puristustehokkuuden parantamiseen kehitetty kenkäpuristin toimii korvaamalla toinen teloista puristinkengällä (kuva 6). Tela painaa paperirainan kengän muodostamaan taskuun, joka mahdollistaa puristusmatkan nousemisen jopa 250 millimetriin. (Halsall 2012.)



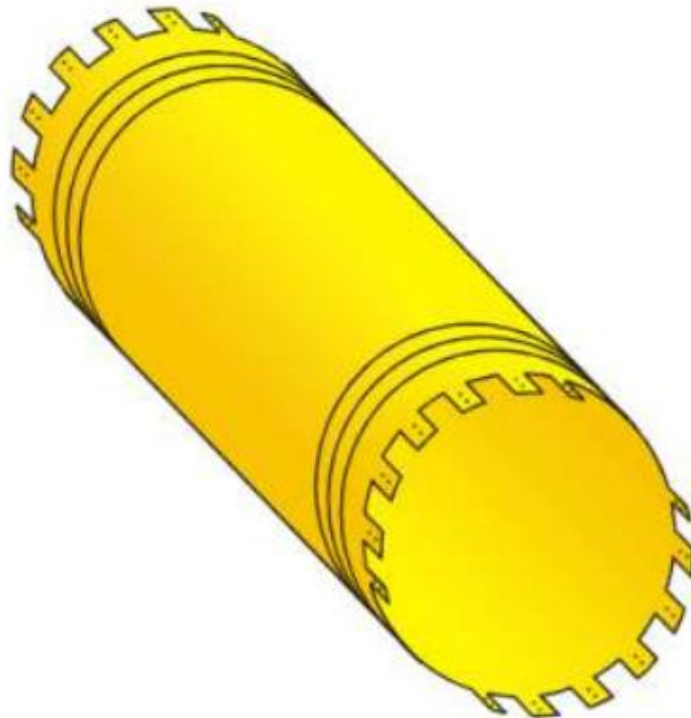
KUVA 6. Kenkäpuristimen komponentit (Halsall 2012)

Koska puristinkengän täytyi olla kiinteä ja liikkumaton komponentti, kehitettiin kenkäpuristimeen kenkäpuristinhihna kulkemaan telan ja kengän välissä. Kenkäpuristinhihna kiinnitetään kummastakin päästä puristimeen, muodostaen suljetun vaipan, ja sitä liikutetaan kengän yli neljän pienen telan avulla. Kengän ja hihnan väliin suihkutetaan öljyä kengän toiselta puolelta kitkan vähentämiseksi. (Halsall 2012.)

Tarkastelemalla kenkäpuristinta aikaisemmin mainittujen kolmen tärkeimmän osa-alueen kannalta, puristusmatka, huippupaine ja rainan kunnan säilyttäminen, nähdään kenkäpuristimen hyödyt selkeästi. Puristusmatkaa saadaan kasvatettua ja näin parannettua kuivattamisominaisuuksia. Pidemmän puristusmatkan ansiosta puristusvoimaa voidaan kasvattaa ilman, että paineet nousevat liian korkeiksi ja näin rainan vahingoittumisen mahdollisuudet pienenevät. Kenkäpuristimilla on mahdollista käyttää lähes kymmenkertaisia puristusvoimia, kuin perinteisillä telapuristimilla. (Halsall 2012.)

5.2 Kenkäpuristinhihna

Kenkäpuristinhihna eli beltti on puristinkengän ja telan väliin asennettu polyuretaanisekoituksesta valmistettu yleensä noin viiden millimetrin vahvuinen suljettu vaippa (kuva 7), joka pitää kengän voiteluaineet poissa kosketuksista puristihuovasta sekä paperirainasta ja mahdollistaa rainan liikkumisen kengän ja telan välissä. (Halsall 2012.)



KUVA 7. Kenkäpuristinhihna (Halsall 2012)

Puristinhihna valmistetaan polyuretaanisekoituksesta, se pitää sisällään yhden tai useamman kerroksen lujitelankaa ja sen pinta on uritettu tai sileä käyttötarkoituksen mukaan. Hihnassa on molemmissa päissä kiinnitysläpät (kuva 8), joilla se kiinnitetään liu'uttamalla paikalleen kenkäpuristimeen. Kenkäpuristinhihna on kulutusosa ja sen tyypillinen käyttöikä on yli 200 päivää 800 m/min nopeuksilla. (Halsall 2012.)



KUVA 8. Kenkäpuristinhihnan läpitys (Halsall 2012)

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää mittausprosessi kenkäpuristinhinnan läpityksen laadunvarmistukseen. Laatu ja sen hallinta on yritykselle erityisen tärkeä osa-alue, kun halutaan maksimoida yrityksen tuottoa ja vähentää hukkaa. Tekemällä mittauksia varmistutaan tuotteen laadun tasosta ja spesifikaatioiden mukaisuudesta.

Opinnäytetyöprojekti päästiin aloittamaan Valmetilla vasta tammikuussa ja vaikka projekti etenikin hitaasti, saavutettiin projektille ja opinnäytetyöllä asetetut tavoitteet alkuperäisen aikataulusuunnitelman mukaisesti.

Lopullinen valittu mittaustekniikka ja -prosessi vastaa mittaukselle asetettuja toimintavaatimuksia. Mittauksella on mahdollista tarkistaa kaikki halutut piirteet tuotteesta tarkasti ja nopeasti.

Seuraavat opinnäytetyön ulkopuolelle jäävät toimenpiteet mittausprosessin käyttöönotossa on kiinnityksen suunnittelu, sekä mittauksen käyttöönotto ja sisällytys tuotantoon. Mittauksen tulee olla läpitykseen mukautuva, joten prosessia tulee jatkuvasti kehittää eri läppätyyppien mukaan.

Opinnäytetyön kirjoittamisprosessissa parannettavaa löytyi teoriaosuuden suunnittelemisessa ja tavarantoimittajien hyödyntämisessä. Teoriaosuuden kirjoittamisprosessia hankaloitti huono suunnittelu, koska teoriaosuus muuttui työn aikana kokonaan. Jos suunnitteluun olisi käytetty enemmän aikaa, olisi lopullinen teoriatausta saatu kirjoitettua heti aluksi. Myös tavarantoimittajiin olisi voitu olla heti yhteydessä, jolloin demotilaisuuksia ja testikäyttöjä olisi voitu järjestää jo aiemmin.

LÄHTEET

Anand, S. & Priya, L. 2019. A Guide for Machine Vision in Quality Control. New York: Taylor & Francis Group

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY

Anttila, J. & Jussila, K. 2016. Mitä laatu on? Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>

Basics of Understanding Machine Vision. n.d. Teledyne Dalsa. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 https://www.imveurope.com/sites/default/files/210414_wp_BasicsMVision.pdf

Cognex Lighting Advisor. n.d. Cognex. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://www.cognex.com/resources/interactive-tools/lighting-advisor>

Components of Machine Vision. n.d. Cognex. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/components>

Dimension Measurement. n.d. Keyence. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://www.keyence.com/ss/products/vision/visionbasics/use/inspection03/>

Halsall, S. 2012. Shoe Press Design and Applications. Indian Pulp & Paper Technical Association. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024. https://ippta.co/wp-content/uploads/2021/01/2012_Issue_3_IPPTA_Article_12.pdf

ISO 9000 Laadunhallinnan standardisarja. n.d. SFS. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/iso-9000-laadunhallinnan-standardisarja/>

Laadunhallinnan periaatteet. n.d. SFS. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/johtaminen/laadunhallinnan-periaatteet/>

Press Section of a Paper Machine. n.d. Fibrelab. Viitattu 16.4.2024 <https://www.fibrelab.ubc.ca/files/2013/01/Topic-14-Papermaking-Pressing-text.pdf>

Samani, N. n.d. Paper Manufacturing Process: How Paper is Made? Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://www.deskera.com/blog/paper-manufacturing-process-how-paper-is-made/#what-is-paper-manufacturing>

Valmet lyhyesti. n.d. Valmet. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024 <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

LIITTEET

Liite 1. Työn suorittaminen