



# Konenäön hyödyntäminen teknisten laminaattien valmistuksessa

Kalle Koljonen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2026

Konetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka

KOLJONEN KALLE:

Konenäön hyödyntäminen teknisten laminaattien valmistuksessa

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Toukokuu 2026

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka konenäköjärjestelmää voitaisiin hyödyntää laadunvalvontaan teknisten laminaattien valmistuksessa. Työn toimeksiantajana toimi Walki Oy:n Valkeakosken yksikkö. Walki Oy on erikoistunut ratamuotoisten kestävien pakkausmateriaalien ja teknisten laminaattien valmistukseen.

Opinnäytetyössä esiteltiin perusteet konenäköjärjestelmän toiminnasta sekä tuotantoprosessin eri osa-alueet ja niissä tapahtuvat häiriöt, jotka aiheuttavat havaittavia pintavikoja tuotteisiin. Analysoimalla aiemmat asiakasreklamaatiot voitiin tehdä johtopäätökset tuotteista, joissa viat ovat kriittisiä asiakkaan kannalta. Kontaktoimalla konenäköjärjestelmiä toimittavia yrityksiä, pystyttiin kartoittamaan suuntaa antavasti teknisiä ratkaisuja sekä investointikustannuksia.

Työn tuloksena saatiin perusteltua tietoa siitä, minkä tuotteen valmistuksessa konenäköä kannattaa hyödyntää laadunvalvonnassa. Työn tuloksia voidaan käyttää perusteina mahdolliselle myöhemmin toteutettavalle konenäköinvestoinnille.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering

**KOLJONEN KALLE**

Utilization of machine vision in the manufacturing of technical laminates

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 0 pages  
May 2026

---

The purpose of this thesis was to examine how a machine vision system could be utilized for quality control in the manufacturing of technical laminates. The commissioning party for the thesis was Walki Oy's Valkeakoski unit. Walki Oy specializes in the production of sustainable packaging materials and technical laminates.

The thesis presented the fundamentals of machine vision system operation, as well as the different stages of the production process and the disturbances occurring within them that cause detectable surface defects in products. By analyzing previous customer complaints, conclusions could be drawn regarding the products in which defects are critical from the customer's perspective. By contacting companies supplying machine vision systems, it was possible to outline potential technical solutions and estimate investment costs.

As a result of the study, justified information was obtained on which product would benefit most from the use of machine vision in quality control. The results of this thesis can be used as a basis for a possible future investment in a machine vision system.

---

Key words: machine vision, quality control, technical laminate

## TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

---

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

## SISÄLLYS

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO .....  | 6  |
| 2 | YRITYSESITTELY .....  | 7  |
| 3 | KONENÄKÖ .....  | 8  |
|   | 3.1 Toimintaperiaate .....                                      | 8  |
|   | 3.2 Laitteisto.....   | 9  |
|   | 3.2.1 Kamera.....   | 9  |
|   | 3.2.2 Valaisu .....   | 10 |
| 4 | TUOTANTOPROSESSI.....   | 11 |
|   | 4.1 Ekstruusiopäällystys .....                                  | 11 |
|   | 4.1.1 Ekstruusiopäällystyksessä havaittavissa olevat viat ..... | 12 |
|   | 4.2 Syväpainolakkaus .....                                      | 14 |
|   | 4.2.1 Syväpainolakkauksessa havaittavissa olevat viat.....      | 15 |
|   | 4.3 Liimalaminointi .....                                       | 16 |
|   | 4.3.1 Liimalaminoinnissa havaittavissa olevat viat.....         | 16 |
|   | 4.4 Flexopainatus.....  | 18 |
|   | 4.4.1 Flexopainatuksessa havaittavissa olevat viat .....        | 19 |
| 5 | REKLAMAATIOANALYYSI.....  | 21 |
|   | 5.1 Analyysi.....   | 21 |
|   | 5.2 Analyysin tulos .....                                       | 24 |
| 6 | KONENÄKÖJÄRJESTELMÄ .....                                       | 26 |
|   | 6.1 Ratkaisut.....  | 26 |
|   | 6.1.1 Manitek Oy .....  | 26 |
|   | 6.1.2 Pixact Oy.....  | 28 |
|   | 6.1.3 Visitronic Oy .....                                       | 29 |
|   | 6.1.4 Afry Oy .....   | 30 |
|   | 6.1.5 Procemex Oy .....   | 31 |
| 7 | POHDINTA .....  | 32 |
|   | LÄHTEET .....   | 34 |

## 1 JOHDANTO

Erilaiset konenäköjärjestelmät ovat yleistyneet teollisuuden prosesseissa viime vuosina. Tämän ovat mahdollistaneet kamera- ja anturitekniikan sekä tiedonkäsittelyn kehitys. Konenäköjärjestelmien avulla automaatiojärjestelmät pystyvät näkemään komponentteja, tuotteita, koodeja tai muita objekteja ja käyttämään informaatiota päätösten teossa.

Laadunvalvonta on yksi merkittävimmistä konenäköjärjestelmien käyttökohteista. Violliset tuotteet aiheuttavat kustannuksia, jätettä sekä mainehaittoja yrityksille. Automatisoimalla laadunvalvontaa, siitä pystytään tekemään nopeampaa, luotettavampaa sekä kustannustehokkaampaa. Monet nykypäivän prosessit ovat myös niin nopeita, että niissä tapahtuvat häiriöt ovat mahdottomia havaita ihmissilmin.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään laadunvalvontaan ratamuotoisten materiaalien jalostusprosessissa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Walki Oy:n Valkeakosken yksikkö. Yritys valmistaa kahdella tuotantolinjallaan erilaisia teknisiä laminaatteja sekä materiaaleja joustopakkausiksi. Työn tarkoituksena on selvittää, minkälaisia silmin havaittavia vikoja tuotteiden pinnoissa esiintyy ja mikä konenäköratkaisu olisi kustannustehokkain tapa näiden havaitsemiseen ottaen huomioon tuotannolliset ja taloudelliset seikat.

Eri tuotteiden pinnat ja niiden valmistukseen käytetyt prosessit eroavat toisistaan suuresti. Opinnäytetyössä käydään läpi tuotantoprosessit ja niissä mahdollisesti esiintyvät virheet. Työssä analysoidaan aiemmat asiakasreklamaatiot, jotta pystytään määrittelemään minkä tyyppiset ja kokoiset virheet ovat kriittisiä eri tuotteissa. Opinnäytetyössä tutkitaan laadunvalvontaa vain asiakasreklamaatioiden kautta, eikä siinä oteta kantaa tuotannossa syntyvään hylkyyn tai tuotteiden sisäisiin hylkäyksiin. Kontaktoimalla eri konenäköjärjestelmien toimittajia pyritään löytämään sopivin ratkaisu laadunvalvontaan konelinjoilla.

## 2 YRITYSESITTELY

Walki Oy on 1930-luvulla Valkeakoskella perustettu yritys, joka on erikoistunut kestävien pakkausmateriaalien ja teknisten laminaattien valmistukseen. Yhtiö on organisoitu kolmelle liiketoiminta-alueelle, joita ovat kuluttajapakkaukset, pakkausmateriaalit ja tekniset materiaalit. Vuonna 2024 Walkin liikevaihto oli 617 miljoonaa euroa ja yhtiö työllistää noin 1 600 henkilöä. Walkilla on yhteensä 15 tuotantolaitosta ja se toimii yhdessätoista maassa. (Walki 2026.)

Yrityksen toiminnassa korostuu vahvasti kestävä kehitys: 92 prosenttia Walkin kokonaisenergiankäytöstä on peräisin uusiutuvista ja ei-fossiilisista energialähteistä. Lisäksi 82 prosenttia Walkin pakkaustuotteista on kierrätettävää, kompostoitavaa tai kierrätystä varten suunniteltua, mikä tukee yrityksen sitoutumista vastuullisiin ja ympäristöystävällisiin ratkaisuihin. (Walki 2026.)

Walki Oy:n Valkeakosken tehtaalla valmistetaan energiaa säästäviä monikerros-laminaatteja rakennusteollisuudelle sekä tuotteita kuluttaja- ja teollisuuspakkauksiin. Tehtaan tuotantokapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa ja se työllistää 160 työntekijää. (Walki 2026.)



KUVA1. Walki Oy Valkeakosken tehdas (Kuva: Walki).

### 3 KONENÄKÖ

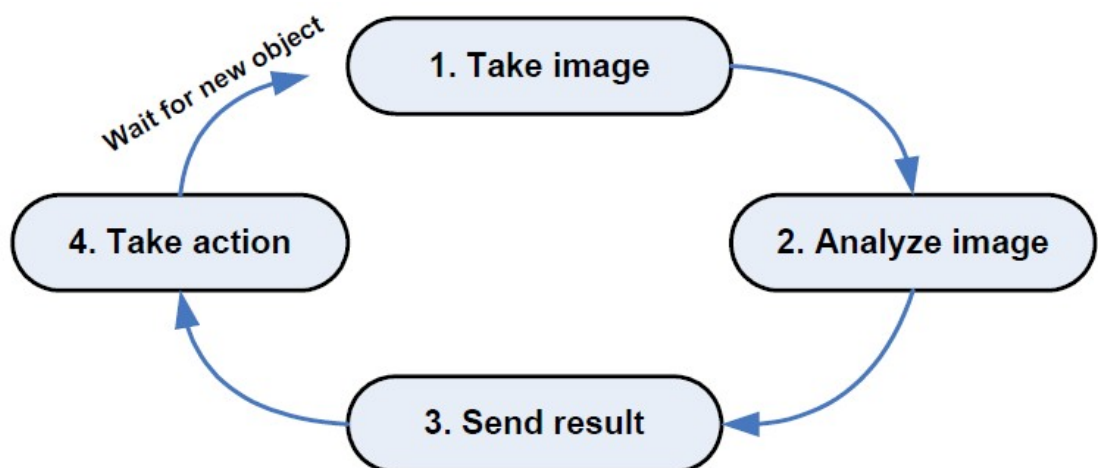
Konenäkö on tekniikka, jolla korvataan tai täydennetään manuaalisia tarkastuksia ja mittauksia digitaalikameroilla ja kuvien prosessoinnilla. Tekniikkaa käytetään eri toimialoilla tuotannon automatisoimiseksi, tuotantonopeuden ja tuotannon lisäämiseksi sekä parantamaan tuotteiden laatua. (SICK 2006.)

Konenäkö soveltuu erittäin hyvin laadunvalvontaan nopeissa prosesseissa, joissa havaittavissa olevat virheet saattavat olla todella pieniä. Jatkuva manuaalinen laadunvalvonta on kuormittavaa eikä aina edes mahdollista.

#### 3.1 Toimintaperiaate

Konenäön toiminta voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Nämä vaiheet ovat (kuva 3):

- kuvan muodostaminen tarkasteltavasta kohteesta
- kuvan prosessointi ja analysointi
- kommunikointi prosessia ohjaavan järjestelmän kanssa
- toiminta riippuen konenäköjärjestelmän antamasta tuloksesta.



KUVA 2. Konenäön toiminnan vaiheet (Kuva: SICK).

Konenäköjärjestelmän kuvan analysointi voi perustua kahteen erilaiseen toimintatapaan, sääntöpohjaiseen tai tekoälypohjaiseen toimintaan. Sääntöpohjaiset järjestelmät seuraavat käyttäjän määrittelemiä ja ohjelmoimia vaiheittaisia ohjeita

kuvien tulkitsemiseen ja päätösten tekemiseen. Tekoälyn avulla toimivat järjestelmät käyttävät referenssitietokantaa, jonka avulla ne oppivat tekemään päätöksiä. (Cognex 2025.)

Sääntöpohjaisen konenäön ohjelmoinnissa käytetään IF-sääntöä päätösten tekemiseen kuvan analysoinnissa. IF-sääntö on yksinkertainen looginen ehto, joka toimii jos (IF)-niin (THEN)-periaatteella. Järjestelmä reagoi, jos se havaitsee jonkin ennalta määritetyn kohteen ja suorittaa ohjelmoidun toimenpiteen. Sääntöjä käytetään sellaisten ohjelmien luomiseen, jotka käsittelevät tiettyjä ominaisuuksia, kuten kontrastin vaihteluita vaalean ja tumman välillä. Sääntöpohjaiset järjestelmät soveltuvat hyvin tuotteiden nopeaan ja tarkkaan tarkastukseen prosesseissa, jotka ovat ennustettavia ja johdonmukaisia.

Tekoälypohjainen konenäköjärjestelmä opetetaan tekemään päätöksiä käyttämällä kuvia hyväksytyistä ja hylätyistä tuotteista. Ohjelmoinnissa käytetään satuja erilaisia kuvia, jotka sisältävät vikoja, joita tuotteissa voi esiintyä. Suurin ero sääntöpohjaisiin järjestelmiin verrattuna on se, että tekoälyjärjestelmät oppivat itse erottamaan monenlaisia vikoja ja pelkästään kosmeettisia muunnelmia ilman että niille tarvitsee näyttää kaikkia mahdollisia tuloksia. Tekoälypohjaiset konenäköjärjestelmät soveltuvat hyvin tuotteille, joissa voi olla monia erilaisia vikoja ja niiden variaatioita.

## **3.2 Laitteisto**

Konenäköjärjestelmä koostuu useista erillisistä tai integroiduista osista, jotka toimivat yhdessä. Sen osia ovat: kamerat ja linssit, valaistuksen lähteet, asennus ja kiinnityslaitteisto, prosessointilaitteisto, I/O-liitännät ja sähköliitännät. (Sands, Verhappen & Michael 2018, 518).

### **3.2.1 Kamera**

Konenäköjärjestelmissä käytetyt kameratyypit voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan: Line-scan, Area-scan ja 3D vision. Valinta kameratyyppien välillä tehdään riippuen tuotantoprosessista ja konenäön käyttötarkoituksesta.

Line-scan-kameroita käytetään jatkuvissa prosesseissa, kuten ratamuotoisten materiaalien valmistuksessa. Ne ottavat leveän, mutta hyvin ohuen kuvan materiaalin liikkeessa ohi skannausalueen ja käyttävät ohjelmistoa muodostaakseen kuvan rivi riviltä. Ne ovat huomattavasti nopeampia kuin tavalliset 2D-kamerat. Line-scan tekniikkaa käytetään, kun tarkastetaan esimerkiksi kangasta ja paperia. (Cognex 2025.)

Suurin osa konenäköjärjestelmistä käyttää 2D-kameroita, joita kutsutaan myös Area-scan-kameroiksi. Nämä voivat olla yksinkertaisia, yksikäyttöisiä sensoreita tai kameroita monipuolisemmilla järjestelmillä. Sensorit ovat halvempia, pienempiä ja helpompia ottaa käyttöön kuin kamerat, joissa on laajempi valikoima ominaisuuksia. Täysin varustellut järjestelmät ovat konfiguroitavissa, niillä voi suorittaa monimutkaisempia tehtäviä sekä ottaa suurempia ja korkeamman resoluution kuvia. (Cognex 2025.)

3D vision- järjestelmät lisäävät syvyyttä kuviinsa käyttämällä lasereita etäisyyksien mittaamiseen ja syvyyden laskemiseen. Syvyyden lisääminen voi lisätä monimutkaisuutta ja kustannuksia jossain määrin, mutta joissakin sovelluksissa nämä tiedot ovat kriittisiä. 3D vision- järjestelmiä käytetään esimerkiksi robottien ohjaamiseen ja hitsausprosessien automatisointiin. (Cognex 2025.)

### **3.2.2 Valaisu**

Toimiva konenäkö perustuu valaisuun. Hyvin suunniteltu valaistusjärjestelmä parantaa tarkasteltavia piirteitä, kun taas huono hämärtää ne. Luotettavan konenäköjärjestelmän rakentamiseksi valaistus on suunniteltava erityisesti jokaiselle sovellukselle. Huonosti suunniteltu valaistusjärjestelmä voi tuottaa häikäisyä, varjoja ja kuvia matalalla kontrastilla. Epätasainen valaistus voi pakottaa käyttämään kuvankäsittelyalgoritmeja, jotka voivat olla kalliimpia ja monimutkaisempia kuin olisi tarpeen. Valaistus kannattaa aina optimoida ennen etenemistä muun suunnittelun kanssa. (Batchelor 2012, 284).

## 4 TUOTANTOPROSESSI

Tuotantolinjoilla valmistettavien tuotteiden käyttökohteet vaihtelevat suuresti toisistaan, näin ollen niiden valmistamiseen käytetyt prosessit eivät ole aina samat.

Kaikki tuotteet huomioon otettaessa, pintoihin vaikuttavat prosessit ovat:

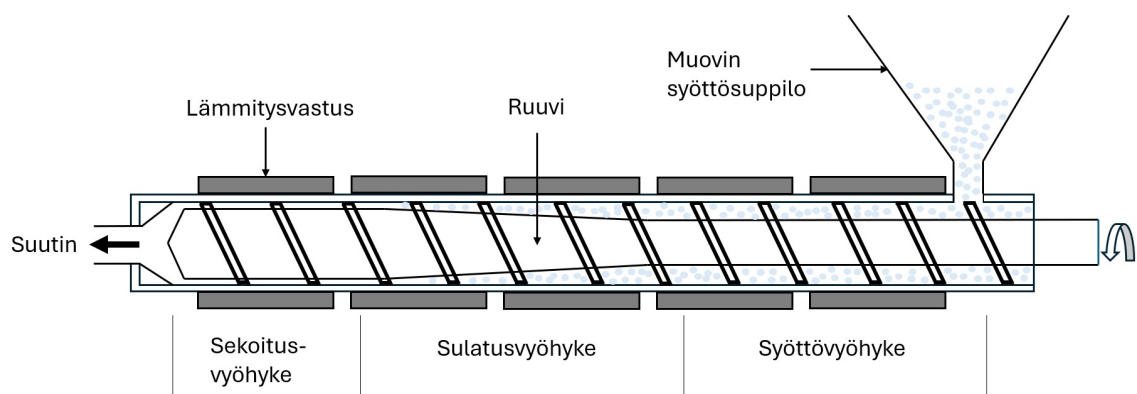
- ekstruusiopäällysty
- syväpainolakkaus
- liimalaminointi
- flexopainatus.

Yksinkertaisimmillaan tuotteen valmistukseen käytetään vain ekstruusiopäällystystä. Teknisillä monikerroslaminaateilla pinnoista on nähtävissä kaikkien prosessien vaikutus.

### 4.1 Ekstruusiopäällysty

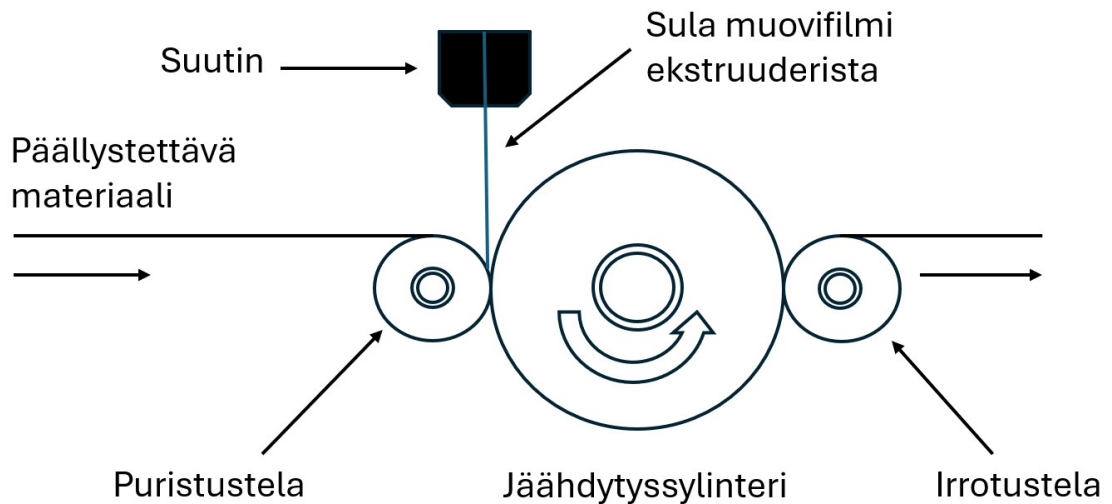
Kun muoviraaka-aine sulatetaan, sekoitetaan mahdollisten lisä- ja väriaineiden kanssa ja pursotetaan tietyn profiilin mukaisen suulakkeen läpi, on kyse ekstruusiosta eli suulakepuristuksesta. (Kurri, Malen, Sandell & Virtanen 2002, 98).

Ekstruuderin muodostuu sylinteristä, jonka sisällä pyörii muotoiltu kierukkaruuvi (kuva 4). Ruuvin tarkoituksena on siirtää muovigranulaatit syöttösuppilosta suuttimelle ja sulattaa se matkalla joko kitkan tai kitkan ja sähkövastusten avulla. (Kurri ym. 2002, 99).



KUVA 3. Ekstruuderin toimintaperiaate (Kuva: Kalle Koljonen).

Ekstruusiopäällystys on menetelmä, jossa ratamuotoista materiaalia päällystetään muovilla. Ekstruuderin ruuvilta tuleva sula muovimateriaali pursotetaan pitkän ja kapean suuttimen läpi päällystettävän radan pintaan. Tämän jälkeen rata kulkee puristustelan ja jäähdytyssylinterin muodostaman puristusnipin läpi, jolloin päällystettävä materiaali sekä sula muovi tarttuvat toisiinsa.

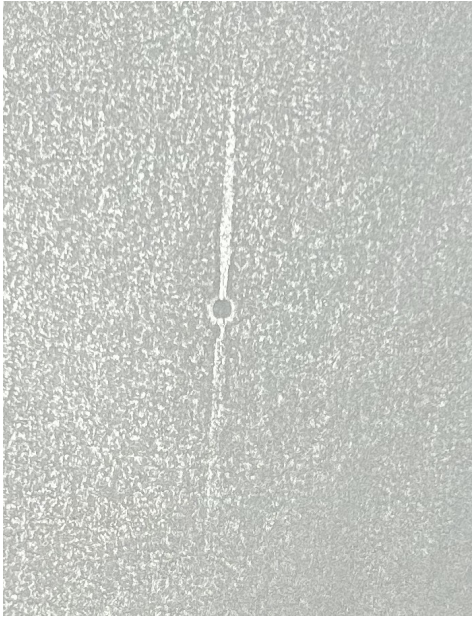


KUVA 4. Ekstruusiopäällystyksen periaate (Kuva: Kalle Koljonen).

#### 4.1.1 Ekstruusiopäällytyksessä havaittavissa olevat viat

Ekstruusiopäällytyksessä havaittavissa olevat häiriöt tapahtuvat joko itse ekstruusio tapahtumassa tai puristustelan ja jäähdytyssylinterin muodostamassa puristusnipissä. Häiriöt voivat olla yksittäisiä, pistemäisiä, satunnaisesti esiintyviä tai radansuuntaisesti jatkuvia.

Geelit ovat halkaisijaltaan noin 3–5 mm sulamattomia tai osittain sulaneita muovigranulaatteja (kuva 6). Riippuen prosessin olosuhteista sekä geelin ominaisuuksista, ne voivat esiintyä muovipäällysteessä sellaisenaan tai ne voivat aiheuttaa reiän muovifilmiin. Yksittäiset geelit, jotka eivät aiheuta reikää, ovat mahdollisia havaita liikkuvasta prosessista silmin. Geelien aiheuttamat reiät ovat radansuuntaisia ja pituudeltaan noin 100–1000 mm. Nämä häiriöt voidaan havaita silmin, mutta tämä vaatii jatkuvaa tarkkailua.



KUVA 5. Geeli muovipäälysteessä (Kuva: Kalle Koljonen).

Jokaisella muoviekstruusiossa käytettävällä muovilaadulla on oma profiilinsa. Tämä tarkoittaa, että muovigranulaatien lämpötilaa kasvatetaan vaiheittain niiden kulkiessa ekstruusioprosessin lävitse. Mikäli lämpötila on liian korkea, muovi voi tarttua kiinni ekstruuderin metallipinnoille. Liian korkea lämpötila voi olla seurausta epäonnistuneesta muovilaadun vaihdosta, vaihdettaessa korkeamman profiilin muovista matalamman profiilin muoviin, tai ekstruuderin hallitsemattomasta pysähtymisestä, jolloin muovin virtaus lakkaa.

Liian korkean lämpötilan aiheuttamat roskat ovat ruskeita tai mustia, kooltaan 0,5–30 mm olevia pisteitä. Kuten geelien tapauksessa, pieniä yksittäisiä roskia on mahdotonta havaita liikkuvasta prosessista silmin. Kooltaan suuremmat roskat voivat aiheuttaa filmiin reiän, jonka voi havaita silmin, mikäli prosessia tarkkaillaan jatkuvasti.

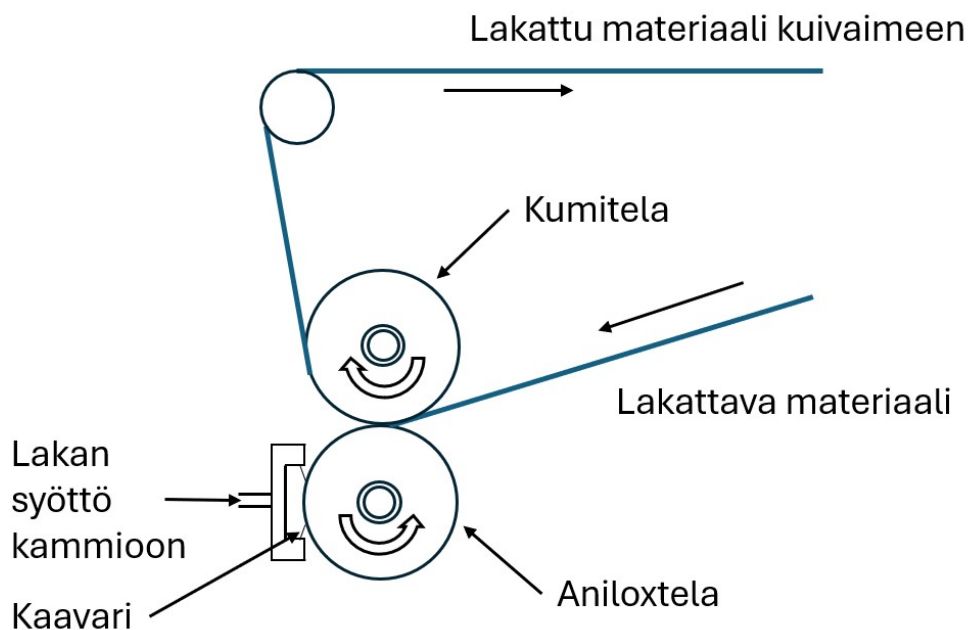
Sulan muovifilmin tullessa ulos ekstruuderin suuttimesta, vapautuu ilmaan höyryjä, jotka sisältävät öljy- ja vahamaisia ainesosia. Suuttimen ympärille on asennettuna näiden höyryjen poistamiseen imujärjestelmä. Öljy- ja vahamaiset aineet pyrkivät kuitenkin tiivistymään järjestelmän metallipinnoille. Kun tiivistymistä on tapahtunut riittävän kauan, voi muodostunut öljy- tai vahapisara pudota päällystettävän materiaalin pintaan. Tahrojen väri vaihtelee kirkkaasta ruskeaan ja niiden koko vaihtelee 30–50 mm. Tahran esiintyvät epäsäännöllisin väliajoin, joten niiden havaitseminen vaatii jatkuvaa tarkkailua.

Mikäli puristusnipin muodostavien puristustelan tai jäädytysylinterin pinnoille kulkeutuu roskia tai muita epäpuhtauksia, aiheuttaa tämä niin sanottua markkeerausilmiötä muovin pintaan. Riippuen epäpuhtauksien koosta, nämä jäljet voivat olla joko pistemäisiä tai radan suuntaisesti jatkuvia.

## 4.2 Syväpainolakkaus

Syväpainolakkaus perustuu syväpainon toimintaperiaatteeseen. Syväpainossa haluttu painatuskuvio on kaiverrettu tai syövytetty metallisen telan pintaan. Painovaiheessa painopinta kastellaan juoksevalla lakalla ja ylimäärä pyyhitään pois metallisella raakeliterällä eli kaavarilla. Lakkaa jää vain painopinnan syvennyksiin. Lakka siirtyy painonipissä sylinteriltä painoalustalle (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 107).

Syväpainolakkauksessa halutaan lakan peittävän koko lakkauksen kohteena olevan materiaalin pinnan. Tämä saadaan aikaan anilox- eli rasteritelalla. Rasteritelan koko pinta on kaiverrettu täyteen rasterikuppeja, joista lakka siirtyy painonipissä painettavaan pintaan. Lakan määrää ja lakkakerroksen paksuutta voidaan säädellä käyttämällä teloja, joissa on erikokoisia rasterikuppeja.



KUVA 6. Syväpainolakkauksen periaate (Kuva: Kalle Koljonen).

#### 4.2.1 Syväpainolakkauksessa havaittavissa olevat viat

Syväpainolakkauksessa havaittavissa olevat viat johtuvat pääsääntöisesti kumitelalla olevista epäpuhtauksista. Näitä voivat olla erilaiset roskat, esimerkiksi alumiinifolion palaset, sekä lakkaroiskeet. Lakattaessa alumiinin pintaa kirkkaalla vesilakalla, lakatun ja lakkaamattoman pinnan välinen kontrastiero on todella pieni (kuva 8), tämä tekee vikojen havaitsemisesta vaikeaa.

Lakattavassa materiaalissa olevat viat, kuten venymät ja vekiit, voivat aiheuttaa osittain lakkaamattomia rypyjä kumitelan ja anilox-telan muodostamassa nipissä.

Lakan syötön häiriintyminen aiheuttaa radansuuntaista jälkeä lakatun materiaalin pintaan. Nämä ovat helposti havaittavissa, mutta edellyttävät jatkuvaa prosessin tarkkailua.

Kumitelan pinnassa olevat painaumat sekä kumitelan riittämätön tai osittainen kuormitus anilox-telaa vasten aiheuttavat lakattomia kohtia materiaalin pintaan. Nämä häiriöt tapahtuvat tyypillisesti laadunvaihdon yhteydessä prosessia käynnistettäessä ja ovat havaittavissa laadunvaihtohylyn pinnasta.



KUVA 7. Syväpainolakkauksen vika (Kuva: Kalle Koljonen).



teloille radan reunan ulkopuolelle. Liimalaminoitavissa materiaaleissa olevat laatu-  
poikkeamat, kuten venymät ja painaumat, aiheuttavat häiriöitä liimansivelyssä  
sekä laminoinnissa.

Tyypillisesti havaittavissa olevat viat ovat kuplia liimaa imemättömässä materiaa-  
lissa (kuva 10) tai lopputuotteen mukaan hieman rataa kirkkaampia kohtia liimaa  
imevässä materiaalissa. Vikojen koko vaihtelee pienistä 1 mm pisteistä pitkiin ra-  
dan suuntaisiin viivoihin. Jatkuvalle tarkkailulle kooltaan suuret viat ovat havait-  
tavissa, pienten vikojen havaitseminen liikkuvasta prosessista silmin on mahdo-  
tonta.

Kumitelan pinnassa olevat painaumat sekä kumitelan riittämätön tai osittainen  
kuormitus anilox-telaa vasten aiheuttavat laminoimattomia kohtia materiaaliin.  
Nämä häiriöt tapahtuvat tyypillisesti laadunvaihdon yhteydessä prosessia käyn-  
nistettäessä ja ovat havaittavissa laadunvaihtohylyn pinnasta.

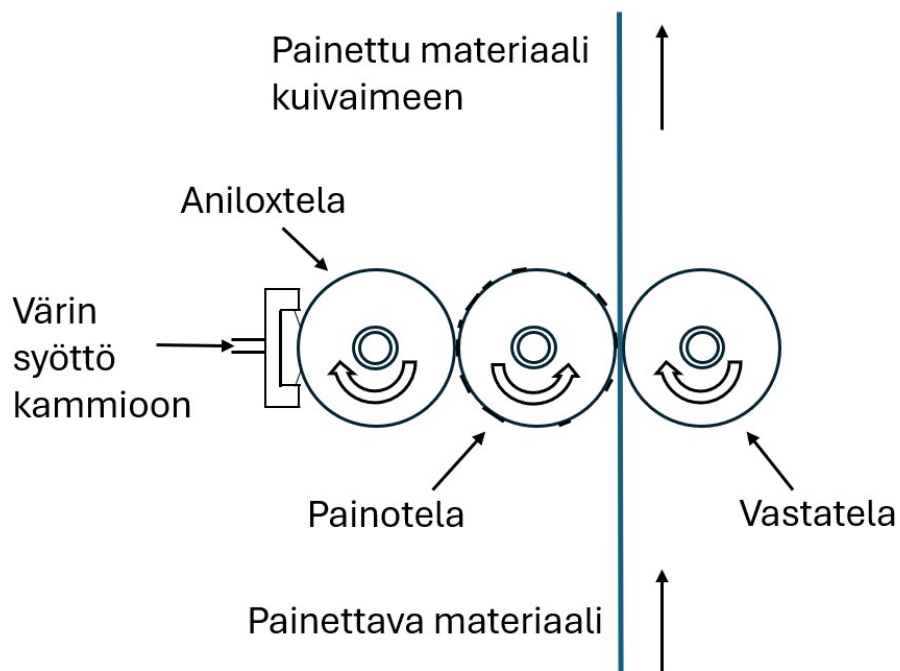


KUVA 9. Häiriö liimalaminoinnissa on havaittavissa liimaa imemättömän materi-  
aalin pinnasta (Kuva: Kalle Koljonen).

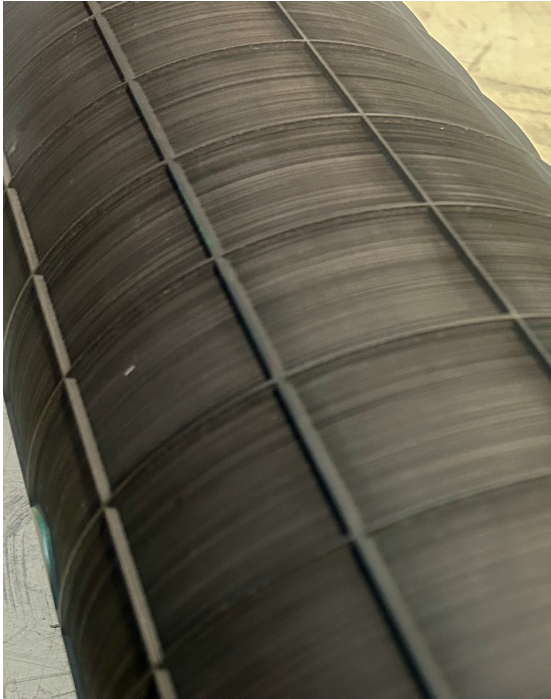
#### 4.4 Flexopainatus

Flexopainatus on kohopainomenetelmä, jossa käytetään joustavia painolevyjä, -laattoja tai painoholkkia. Flexopainatus soveltuu pakkauspainatukseen joustavuutensa ansiosta: sillä voidaan painaa paperille, kartongille, aaltopahville, muoville ja erilaisille laminaateille (Karhuketo ym. 2004, 116).

Flexopainon painoaihe on kohokuviona eli reliefinä joustavasta materiaalista valmistetulla painolevyllä tai laatalta (kuva 12). Juokseva, matalaviskoottinen painoväri annostellaan painolevylle rasteri- eli anilox-telalta, jonka rasterikuppirakenne muistuttaa syväpainsylinteriä. Väri siirtyy painolevyn koholla oleville pinnoille ja niiltä painonipissä painettavalle materiaalille. (Karhuketo ym. 2004, 117).



KUVA 10. Flexopainatuksen periaate (Kuva: Kalle Koljonen).

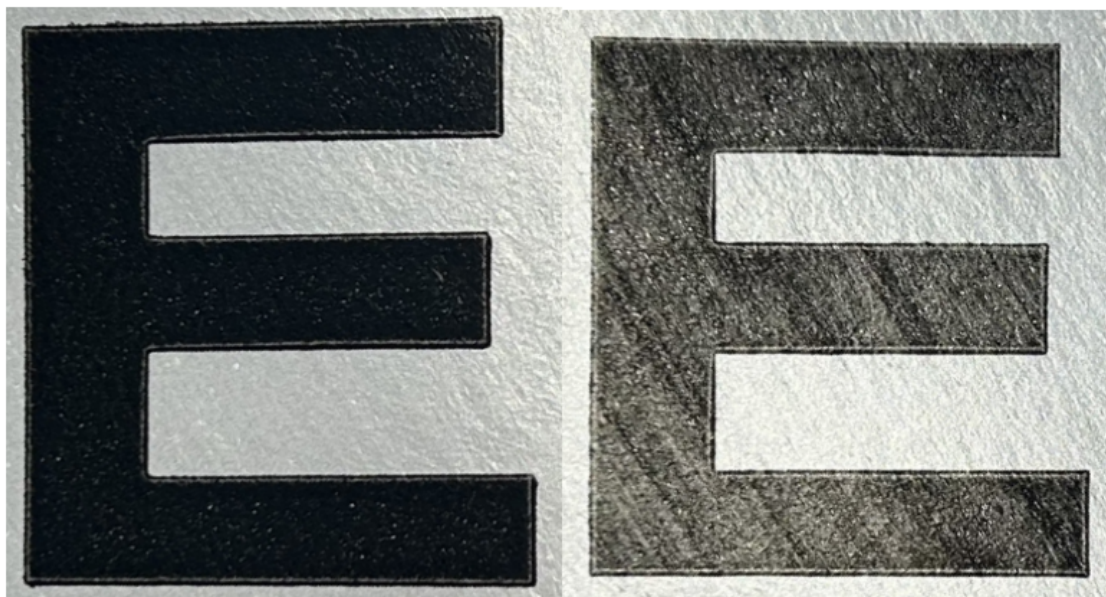


KUVA 11. Flexopainossa painoaihe on kohokuviona painoholkin pinnalla (Kuva: Kalle Koljonen).

#### 4.4.1 Flexopainatuksessa havaittavissa olevat viat

Flexopainatuksessa havaittavissa olevat viat ovat yleisimmin häiriöt painoväriin annostelussa, painatuskuvion vaillinaisuus, epäpuhtaudet painotelalla sekä painoväriroiskeet radan pinnalla. Vikojen havainnointi painokoneen kameran ja prosessin jatkuvan tarkkailun avulla on mahdollista. Skannaavaa kameraa käytettäessä satunnaisesti tapahtuvat häiriöt kuten roiskeet, voivat jäädä helposti huomaamatta. Skannaava kamera liikkuu radan reunasta toiseen kuvaten vain osan tuotteesta kerrallaan.

Painoväriin annostelun häiriöt ovat värin syötön katkeaminen ja värisävyn muuttuminen. Annosteltaessa painoväriä anilox-telalle ja siitä edelleen painotelalle, pieni osa väristä jää rasterikuppien pohjalle. Ajan kuluessa tämä rasterikuppien pohjalle jäänyt painoväri kuivuu ja näin täyttää osan kuppien tilavuudesta. Tämä aiheuttaa sen, että painettavan materiaalin pintaan päätyvän painoväriin määrä pienenee ja painatuskuvion värisävy muuttuu.



KUVA 12. Anilox-telan tukkoisuus vähentää painettavalle pinnalle päätyvän värin määrää (Kuva: Kalle Koljonen).

Painotelan päällä käytettävän painoholkin kumipinnassa kohokuviona oleva painatuskuviointi on altis kulumiselle sekä mekaanisille vaurioille. Käytettäessä liiallista puristusta painatusprosessissa telojen välillä, aiheutetaan kohokuvion kulumista. Mekaaniset vauriot voivat tapahtua painoholkkia käsiteltäessä tai prosessissa tapahtuvan ratakatkon seurauksena. Nämä seikat aiheuttavat sen, että painatuskuvioista tulee joiltain osin vaillinainen.

Painovärien sisältämät pigmentit kerääntyvät ja kuivuvat värin syötössä käytettävän kammion päätytiivisteiden sekä kaavareiden pinnoille. Tämä aiheuttaa sen, että kammio saattaa menettää tiivyyttään ja väriä alkaa roiskumaan ulos. Radan pinnassa olevat yksittäiset roiskeet ovat vaikeita havaita. Mikäli vuoto on suurempaa, se voi aiheuttaa koko radan radansuuntaisen värjäytymisen. Tämä on helppo havaita silmin.

## 5 REKLAMAATIOANALYYSI

Reklamaatioanalyysissä käytiin läpi molempien konelinjojen asiakashuomautukset ja reklamaatiot vuosilta 2023–2025. Analyysin tarkoituksena oli tunnistaa tuotteet, joiden valmistuksessa konenäön hyödyntämisestä laadunvalvonnassa olisi eniten hyötyä. Analyysin avulla voitiin myös selvittää prosessit, jotka tuottavat eniten pintavikoja valmistettaviin tuotteisiin.

Reklamaatioaineisto analysoitiin kvantitatiivisesti, luokittelemalla virheet eri vikatyyppeihin ja tarkastelemalla niiden prosentuaalista jakaumaa sekä kustannusvaikutusta.

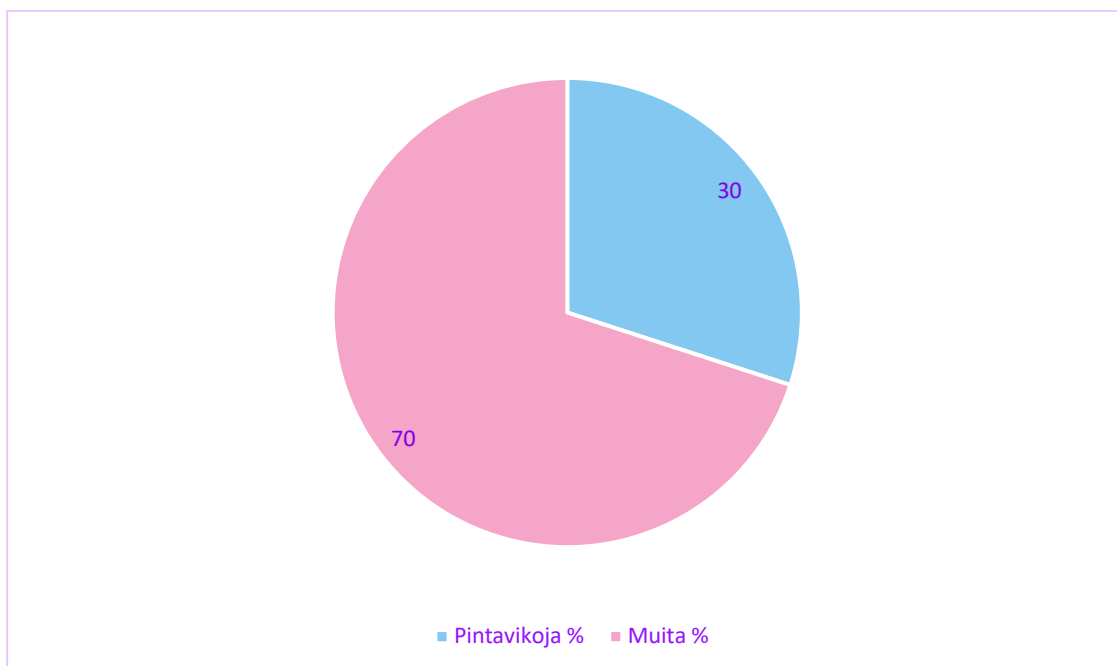
Analyysin avulla tunnistettiin:

- pintavikojen osuus reklamaatioista
- eri vikojen kustannusvaikutukset
- kriittisimmät tuoteryhmät.

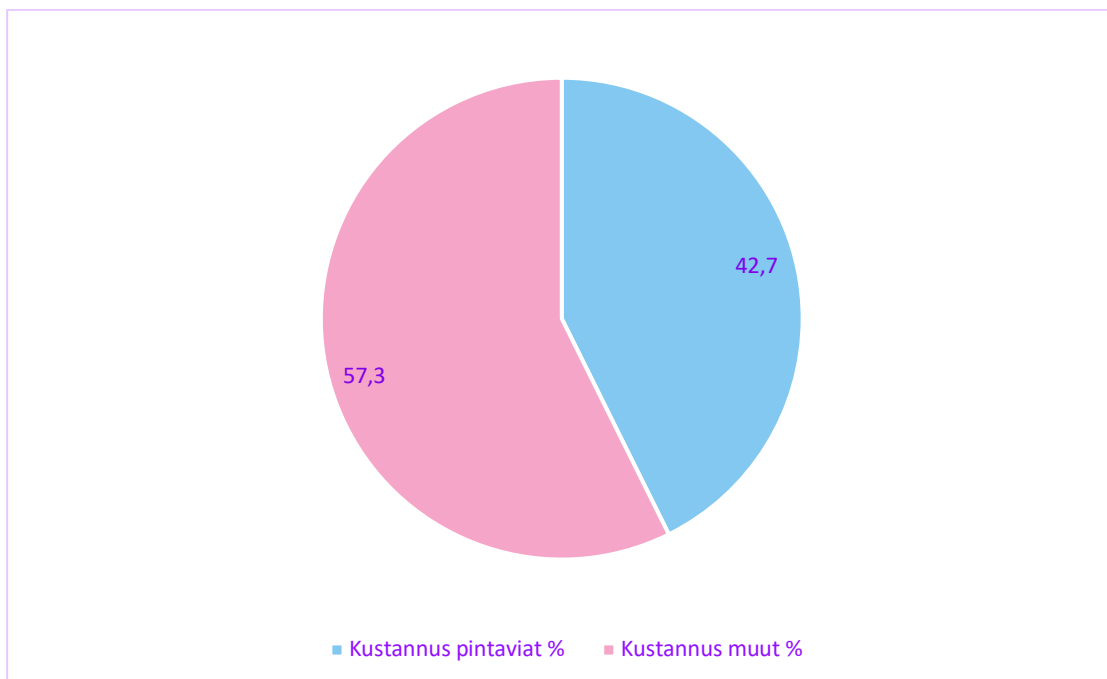
Koska analysoitava materiaali sisältää salassa pidettävää tietoa yrityksestä, yksityiskohtaisia tuloksia ei tähän opinnäytetyöhön voida lisätä. Analyysin tarkat tulokset sekä laskelmat toimitetaan työn toimeksiantajalle.

### 5.1 Analyysi

Analyysin avulla selvitettiin pintavikojen ja muiden reklamaatioiden prosentuaaliset osuudet, kustannukset ja kustannusten jakaantuminen. Analyysi osoitti, että 30 % reklamaatioista tulee pintavioista (kaavio 1). 70 % reklamaatioista muodostuu tuotteiden rakenteellisista vioista, dimensioista sekä kuljetusvaurioista. Pintavikojen aiheuttamat kustannukset muodostavat kuitenkin 42,7 % reklamaatiokustannuksista (kaavio 2), joka on suurempi kuin niiden lukumäärällinen osuus.

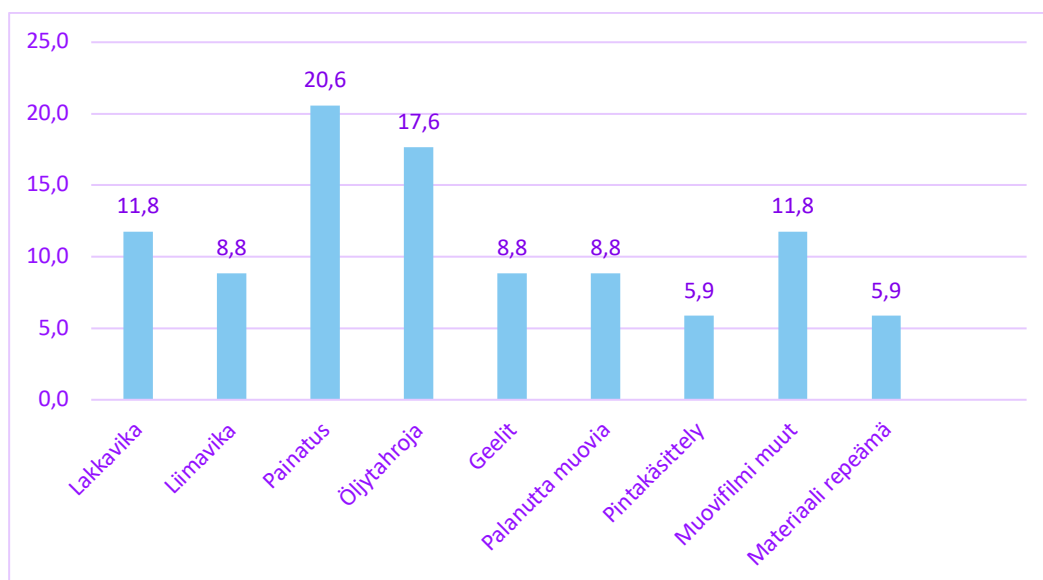


KAAVIO 1. Reklamaatioiden prosentuaalinen jakautuminen.



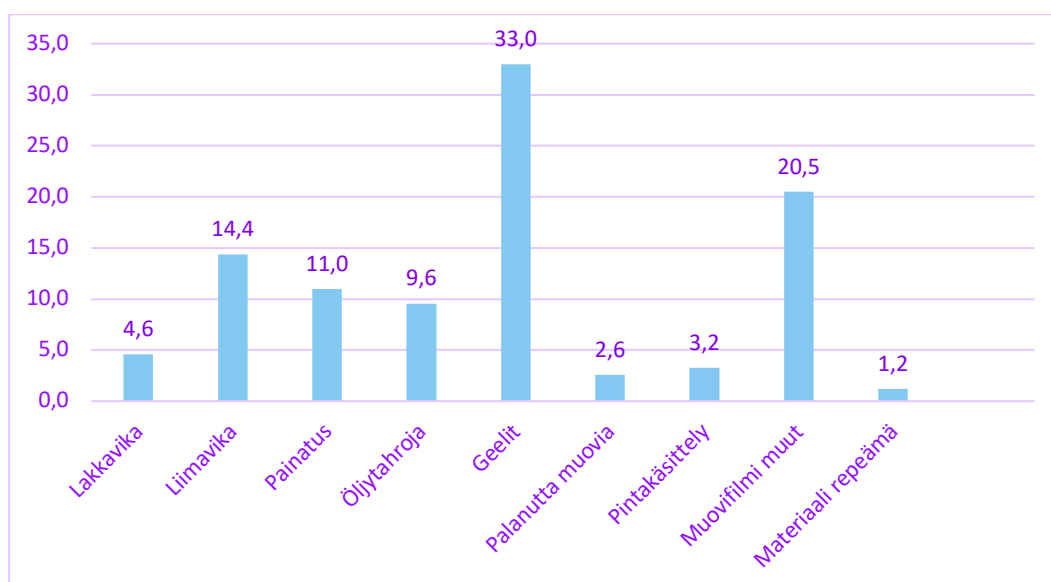
KAAVIO 2. Reklamaatiokustannusten prosentuaalinen jakautuminen.

Tarkasteltaessa pintavirheiden syiden prosentuaalisia osuuksia (kaavio 3), eniten vikoja syntyy painatuksessa 20,6 % sekä ekstruusiossa muodostuvien höyryjen aiheuttamista öljytahroista 17,6 %. Muiden prosessien aiheuttamat viat jakaantuvat melko tasaisesti niiden ollessa 5,9 % - 11,8 %.



KAAVIO 3. Pintavikojen prosentuaalinen jakautuminen.

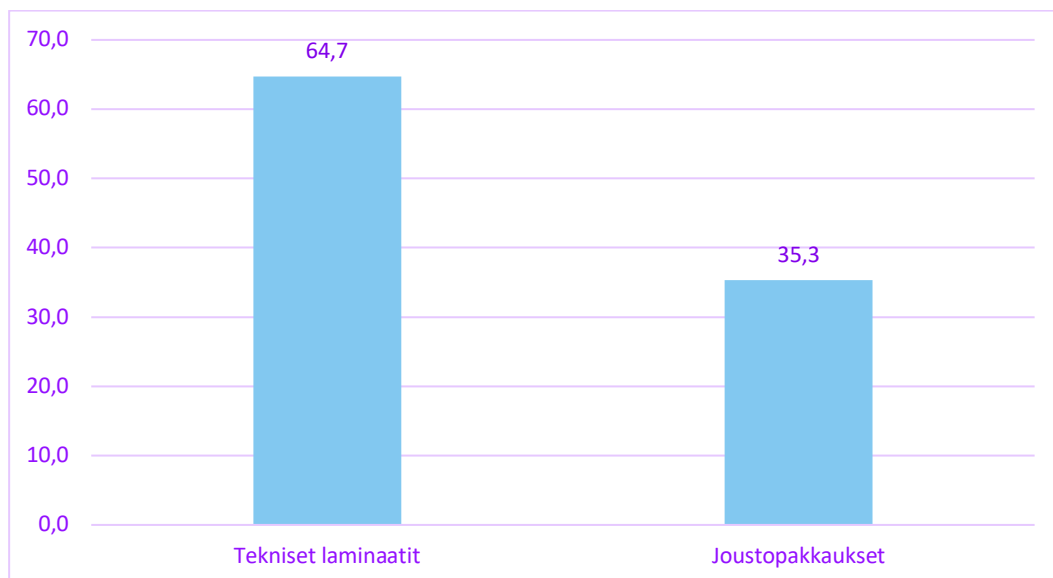
Painatuksessa ilmenneiden vikojen ollessa määrällisesti suurin, niiden aiheuttamat kustannukset ovat kuitenkin vain 11 % pintavikojen aiheuttamista reklamaatiokustannuksista (kaavio 4). Suurimmat kustannukset aiheuttavat ekstruusiopäällysteessä esiintyvät geelit 33 % sekä muovifilmissä olevat muut häiriöt 20,5 %.



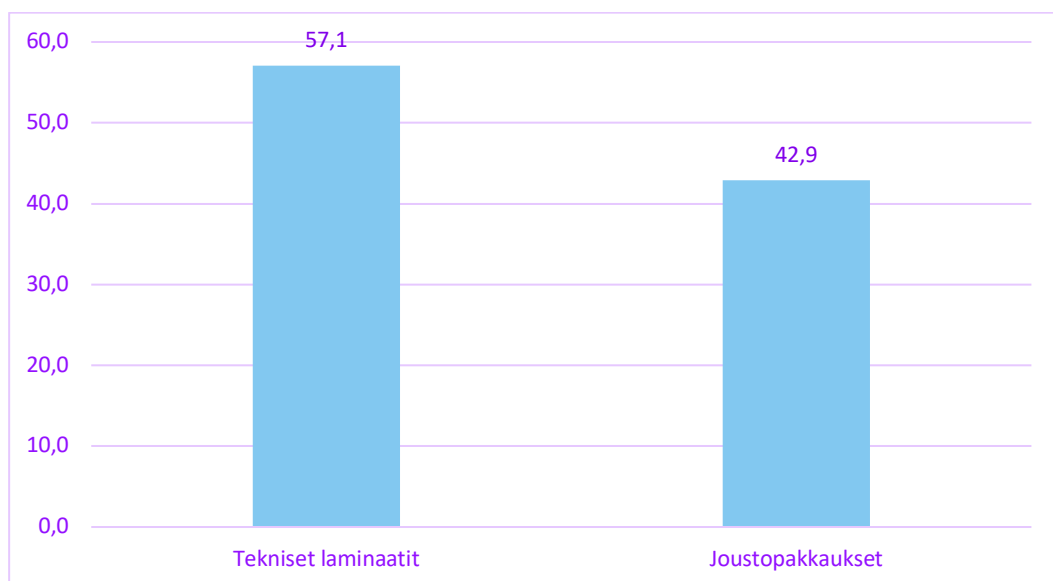
KAAVIO 4. Pintavikojen kustannusten prosentuaalinen jakautuminen.

Tuoteryhmittäin jaoteltuna (kaavio 5) pintavioista 64,7 % esiintyy teknisissä laminaateissa ja 35,3 % joustopakkausissa. Tarkasteltaessa kustannuksia (kaavio

6) ero on pienempi teknisten laminaattien muodostaessa 55,9 % ja joustopakkausten 42,9 % reklamaatiokustannuksista.



KAAVIO 5. Pintavikojen prosentuaalinen jakautuminen tuoteryhmittäin.



KAAVIO 6. Pintavikojen kustannusten jakautuminen tuoteryhmittäin.

## 5.2 Analyysin tulos

Analyysin tulos osoitti, että tarkastellulla ajanjaksolla suurempi osuus pintavikojen aiheuttamista reklamaatioista sekä kustannuksista muodostui teknisistä laminaateista. Vaikka absoluuttisesti tarkasteltuna suurin osa pintavioista kohdistuu

tekniisiin laminaatteihin, tämä johtuu sen merkittävästi suuremmasta tuotantomäärästä. Kun otetaan huomioon tuotantomäärät, jotka olivat vuosina 2024–2025 keskimäärin teknisillä laminaateilla 12,5 kertaa suuremmat kuin joustopakkausilla, on joustopakkausten pintavikatiheys noin 6,8 kertainen verrattuna tekniisiin laminaatteihin.

Teknisissä laminaateissa havaittujen pintavikojen ehkäisemiseen on suoritettu ja suoritetaan parhaillaan tuotannollisia parannuksia. Toisen tuotantolinjan Inline-painokoneen modernisointi sijoittui ajallisesti tarkastelujakson loppupuolelle, jonka jälkeen painatuksesta johtuneet reklamaatiot ovat vähentyneet. Yhdellä ekstruudereista on myös käynnissä projekti, jolla muovipäällysteen laatua on jo pystytty parantamaan.

Analyysissä esiin nousseet pintaviat: geelit, öljytahrat, palanut muovi ja pintäkäsittelyn viat esiintyivät lähes poikkeuksetta joustopakkauksissa. Joustopakkauksissa esiintyvien vikojen ennalta ehkäisemiseksi on kehitetty toimintaprosesseja sekä tuotantolaitteisiin on tehty parannuksia. Ekstruuderin höyryjen poistojärjestelmän osat sekä esikäsittelylaite puhdistetaan ennen joustopakkausten tuotannon aloittamista. Nämä toimenpiteet eivät kuitenkaan ole osoittautuneet riittäviksi, jotta kaikki pintaviat pystyttäisiin ehkäisemään.



KUVA 13. Vasemmalla öljytahra, keskellä palanut muovipartikkeli, oikealla pintäkäsittelystä aiheutunut jälki (Kuva: Walki).

Joustopakkaustuotteiden loppukäyttötarkoitus huomioon ottaen, kaikki nämä viat tulisi havaita ja poistaa, eikä niitä voida hyväksyä asiakkaille toimitettavissa rullissa. Näin ollen konenäköjärjestelmä tulisi suunnitella ensisijaisesti joustopakkausten laaduntarkkailua ajatellen.

## 6 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄ

Kartoitettaessa konenäköratkaisua joustopakkausten laadunvalvontaan, kontaktoitiin eri järjestelmätoimittajia ja tiedusteltiin heidän tarjoamistaan ratkaisuisista. Optimaalisessa tilanteessa toimittajille tulisi lähettää näytteitä viallisista tuotteista sekä heidät tulisi perehdyttää tarkemmin tuotantoprosessiin. Tämän työn puitteissa tähän ei kuitenkaan ollut resursseja, joten tiedustelut pidettiin teoreettisella tasolla. Järjestelmätoimittajille lähetettiin kuvia pintaviallisista tuotteista, kerrottiin prosessin parametrit sekä määriteltiin kaikki detektoitavat viat. Tuotantoprosessin parametreilla on merkittävä vaikutus järjestelmään valittaviin komponentteihin. Prosessin parametreiksi määriteltiin:

- pohjamateriaalina valkoinen, toiselta puolelta päällystetty paperi
- paperin päällystämätön mattapuoli päällystetään muoviekstruusiolla
- maksimi rataleveys on 1650 mm
- ratanopeus 130–350 m/min
- viat esiintyvät satunnaisesti koko radan leveydellä.

Tuotteissa esiintyviä vikoja, jotka konenäöllä tulisi havaita ovat:

- öljy- ja vahatahrat, koko >5 mm, väri ruskea
- palaneet muovipartikkelit, koko >1 mm, väri ruskea/musta
- esikäsitteilyn aiheuttamat palamisjäljet paperiin, koko >0,5 mm, väri ruskea/musta
- geeleistä aiheutuvat muovipäällysteen reiät tai muovipäällysteen puuttuminen, koko >5 mm.

### 6.1 Ratkaisut

Tiedustelut lähetettiin seitsemälle eri konenäköjärjestelmiä toimittavalle yritykselle. Näistä saatiin kattavat vastaukset neljältä. Järjestelmien lopullinen soveltuvuus ja kustannustasot edellyttävät tarkempaa kohdekohtaista kartoitusta, näin ollen ratkaisuja voidaan pitää vain suuntaa antavina.

#### 6.1.1 Manitek Oy

Manitek Oy on erikoistunut aiemmin viulun ja vanerin vikojen tunnistamiseen konenäköjärjestelmien avulla. Heidän ratkaisunsa perustuu 4K-resoluution matriisivärikameraan, jota operoidaan line scan -periaatteella lukemalla sensorilta yksi

kapea pikselirivi kerrallaan synkronoituna ratanopeuteen. Laskennallisesti järjestelmä mahdollistaa 0,5 mm kokoisten virheiden havaitsemisen, mikä on riittävä tarkkuus muun muassa esikäsittelystä aiheutuvien palamisjälkien havaitsemiseen.

Valaistusratkaisuksi esitetään radan levyisiä palkkimallisia teolliseen käyttöön tarkoitettuja valaisimia (kuva 14), joita käytettäisiin sekä pinnan valaistukseen että taustavalona. Taustavalon värillisuus, esimerkiksi punainen valo, parantaisi erityisesti muovipäällysteessä esiintyvien reikien erotettavuutta suhteessa muihin virheisiin.



KUVA 14. LNSD-1700SW palkkimallinen LED-valaisin (Kuva: CCS Inc).

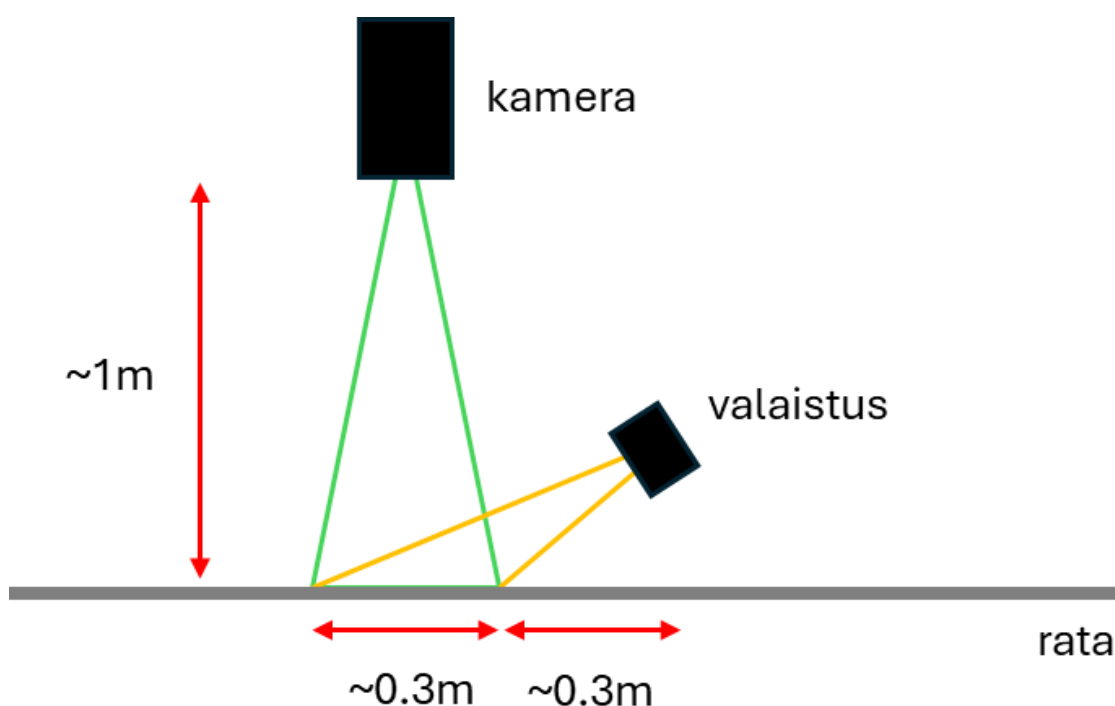
Virheiden tunnistaminen ja luokittelu perustuisi ensisijaisesti perinteisiin koneäköalgoritmeihin ilman koneoppimista. Virheet jaettaisiin erillisiin luokkiin, joille määritettäisiin sallitut koko-, määrä- ja pinta-alakohtaiset raja-arvot. Järjestelmän käyttöliittymä on verkkopohjainen ja se mahdollistaa kuvantamis- ja laatuokitteluun liittyvien parametrien määrittelyn.

Laitteiston asennus edellyttää noin 2 metriä vapaata tilaa radan yläpuolelle kameralle sekä tilaa radan ylä- ja alapuolelta valaistukselle ja suojarakenteille. Koko järjestelmän suuntaa antava kustannusarvio sijoittuu noin 150000–200000 euron välille.

### 6.1.2 Pixact Oy

Pixact Oy:n erikoisalaa on kehittää ja toimittaa optiseen kuvantamiseen perustuvaa inline-mittausteknologiaa. Heidän ratkaisunsa mukaan pinnanlaadun valvonta voidaan toteuttaa koko ratalevyvedellä kahdella GigE-väyläisellä värikameralla.

Valaistusratkaisuksi suositellaan yläpuolelta viistosti toteutettua etuvalaistusta tehokkailla strobo-LED-valolla (kuva 15). Tämän arvioidaan mahdollistavan erilaisien pintavirheiden havaitsemisen väri- ja kiiltoerojen avulla. Lämpivalaisua ei pidetä tässä ratkaisussa tarpeellisena.



KUVA 15. Viistosti toteutettu etuvalaistus (Kuva: Pixact Oy).

Virheiden tunnistus perustuu poikkeamien erottamiseen normaalista pinnasta. Tunnistetuille virheille määritetään koko, muoto ja väri, joiden perusteella ne luokitellaan ennalta määriteltyihin virheluokkiin. Luokittelu toteutetaan koneoppimiseen perustuvalla tekoälymallilla, jota koulutetaan tuotannosta kerättävällä ja manuaalisesti luokitellulla aineistolla. Järjestelmää voidaan kehittää edelleen lisäämällä koulutusdataa sekä virheluokkia.

Järjestelmä tarjoaa graafisen käyttöliittymän, jossa esitetään virheisiin liittyvää numeerista dataa ja aikatreendejä sekä kuvat tunnistuksista. Järjestelmä voidaan liittää automaatiojärjestelmiin yleisten teollisuusrajapintojen kautta.

Asennustilantarpeen arvioidaan olevan noin 1 metri kameralle radan yläpuolella ja 30–50 cm vapaata tilaa radan suunnassa. Järjestelmän kustannustaso sijoittuu Pixact Oy:n arvion mukaan todennäköisemmin yli 100000 €:n kuin alle kyseisen rajan.

### **6.1.3 Visitronic Oy**

Visitronic Oy on erikoistunut teollisuuden laadunvalvontaan konenäön avulla. Heidän mukaansa soveltuvin kamera ratkaisu olisi line-scan kamera. Line-scan kameran etuna on sen kyky muodostaa tasalaatuista ja jatkuvaa kuvaa liikkuvasta materiaaliradasta.

Valaistukseksi Visitronic Oy suosittelee valovoimaista viivavalonlähdettä, joka on yhteensopiva line-scan-kameran kanssa. Valaistuksen suunnittelussa tulee huomioida, että vastakkaisen puolen kuviot tai rakenteet eivät heijastu kuvantamispuolelle ja näin heikennä tunnistettavuutta. Erityisesti geelivirheiden havaitsemiseksi valaistus voidaan suunnitella siten, että kuvaan saadaan hallittua pinnan heijastumista. Tällä tavoin mattapintainen muovipäällyste ja siitä poikkeavat virheet erottuvat selkeämmin.

Yrityksen arvion mukaan kaikki tarkasteltavat pintavirhetyypit erottuvat kuvasta kontrastinsa puolesta selkeästi. Tästä syystä virheiden tunnistus voidaan tehdä käyttäen perinteisiä tunnistusalgoritmeja. Mikäli virheitä halutaan luokitella yksityiskohtaisemmin tai erottaa pintavikatyyppensä toisistaan, järjestelmään voidaan liittää myös koneoppimiseen perustuvia ominaisuuksia.

Konenäköjärjestelmän käyttöliittymä räätälöidään asiakkaan tarpeen mukaisesti. Käyttöliittymä sekä laitteisto valitaan siten, että tarvittavat kommunikointirajapinnat tuotantojärjestelmiin ovat käytettävissä. Visitronic Oy:llä on kokemusta etenkin Zebra/Matrox tarjoamista kuvantamisratkaisuista.



KUVA 16. Zebra 4Sight EV6 on erityisesti kuvantamiskäyttöön tarkoitettu teollisuustietokone (Kuva: Zebra).

Järjestelmän vaatima asennustila riippuu valituista komponenteista, kuten kamerasta, optiikasta ja valaistusratkaisusta. Kameran etäisyys radasta määräytyy käytettävän optiikan perusteella. Mikäli järjestelmä pidetään kohtalaisen yksinkertaisena, olisi kustannusarvio Visitronic Oy:n toimittamana 17000–20000 €:n tasolla.

#### 6.1.4 Afry Oy

Afry Oy tarjoaa suunnittelu-, projektinhallinta ja konsultointipalveluita eri toimialoille. Erilaiset konenäköratkaisut ovat yksi heidän erikoisaloistansa.

Afry Oy:n ratkaisussa käytössä on line-scan-kamera tai vaihtoehtoisesti matriisikamera. Valaistukseen he suosittelevat suoraa valaistusta LED-valolla, joka on integroituna kameraan tai erillisenä yksikkönä.

Myös heidän ratkaisussaan käytetään perinteisiä tunnistusalgoritmeja. Järjestelmä tunnistaa pohjana olevan tuotteen ja kaikki siitä poikkeavat kohteet aiheuttavat hälytyksen. Tekoälypohjaisia ominaisuuksia voidaan lisätä mukaan, mikäli koetaan tarvetta luokitella vikoja tarkemmin.

Järjestelmän liitettävyyys ja käyttöliittymä muokataan asiakkaan tarpeen mukaan. Tilaa kameralle vaativat 1–2 metriä radan yläpuolelta ja radan pituussuunnassa 30–40 senttimetriä. Tyypillinen hinta luokka liikkuu 30000–50000 €:n luokassa.

### 6.1.5 Procemex Oy

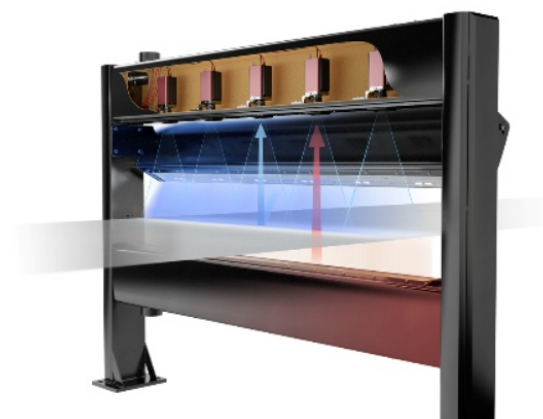
Procemex Oy on erikoistunut paperi-, kartonki- ja jatkuvatoimisten materiaalira-  
tojen konenäköjärjestelmiin. Procemexin ratkaisussa käytetään yrityksen omaa  
älykamerateknologiaa, joka on suunniteltu pitkäikäiseen teolliseen käyttöön.

Virheiden tunnistus ja luokittelu perustuvat hajautettuun arkkitehtuuriin, jossa äly-  
kamerat suorittavat valtaosan analyysistä. Procemexin mukaan noin 95 % virhei-  
den tunnistuksesta tehdään suoraan kameratasolla. Palvelimen tehtävänä on tal-  
lentaa vikakuvat ja -tiedot sekä suorittaa jakoluokittelu niissä tapauksissa, joissa  
virhe ei ole yksiselitteinen.

Valausratkaisuksi suositellaan korkeakulmaista heijastusvalaistusta sekä tar-  
vittaessa läpivalaisua (kuva 17). Näiden samanaikainen käyttö mahdollistaa sen,  
että jokaisesta virheestä saadaan kaksi erilaista kuvaa, tämä parantaa vikojen  
havaittavuutta ja luokittelun tarkkuutta.

Järjestelmän käyttöliittymä perustuu pitkään kehitettyyn ohjelmistoalustaan, joka  
sisältää laajat ominaisuudet vikojen tarkasteluun, luokitteluun ja raportointiin.  
Käyttöliittymä on mahdollista liittää myös tuotannonohjausjärjestelmiin.

Asennuksen osalta järjestelmä vaatii tilaa 20–40 cm radansuuntaisesti, 70 cm  
radan alla sekä 120 cm radan yläpuolella. Koko järjestelmän kustannusarvio on  
110000–130000 €.



KUVA 17. Procemex Oy:n konenäköratkaisu (Kuva: Procemex Oy).

## 7 POHDINTA

Reklamaatioanalyysin tulokset osoittivat, että pintavikojen aiheuttamat kustannukset ovat suhteessa suuremmat kuin niiden osuus kaikista reklamaatioita aiheuttavista vioista. Analyysin perusteella joustopakkaustuotteet nousivat selkeästi esiin kriittisimpänä tuoteryhmänä konenäön hyödyntämisen näkökulmasta. Vaikka teknisissä laminaateissa esiintyi absoluuttisesti enemmän pintavikoja, tämä selittyy suuremmilla tuotantomäärillä. Kun reklamaatiot suhteutettiin valmistusmääriin, joustopakkausten pintavikatiheys osoittautui monikertaiseksi verrattuna teknisiin laminaatteihin. Joustopakkausten pintavikojen kriittisyyttä lisää myös tuotteen loppukäyttötarkoitus, jossa reklamaatioita aiheuttavia vikoja ei voida hyväksyä.

Konenäköjärjestelmän käyttöönottoa tarkasteltaessa on myös huomioitava ylilaa-dun tekemisen riski. Liian tiukaksi määritellyt laadunvalvontakriteerit voivat johtaa tilanteeseen, jossa asiakkaan näkökulmasta hyväksyttäviä tuotteita hylätään tarpeettomasti. Tämä voi aiheuttaa tuotannon läpimenoa heikentymistä sekä hyllyn määrän kasvua. Tästä syystä konenäköjärjestelmää ei ole tarkoituksenmukaista hyödyntää kaikissa tuotteissa, vaan sen käyttö tulisi kohdentaa niihin tuotteisiin, joissa havaittavat viat ovat kriittisiä asiakkaan kannalta. Tämän vuoksi konenäköjärjestelmän kohdentaminen joustopakkausten laadunvalvontaan on tuotannollisesti ja taloudellisesti perusteltua.

Työssä kartoitetut konenäköratkaisut osoittivat, että tarkasteltavien pintavirheiden havaitseminen on teknisesti mahdollista useilla eri toteutustavoilla. Ratkaisujen välillä havaittiin kuitenkin merkittäviä eroja kustannustasoissa ja teknisissä toteutuksissa. Sääntöpohjaisiin algoritmeihin perustuvat konenäköratkaisut soveltuvat hyvin sellaisten pintavirheiden havaitsemiseen, jotka erottuvat selkeästi kontrastin, koon tai muodon perusteella. Tekoälypohjaiset ratkaisut puolestaan tarjoavat joustavuutta ja kehitettävyyttä tilanteissa, joissa vikojen ulkonäkö vaihtelee ja halutaan yksityiskohtaista vikaluokittelua.

Työn tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että joustopakkausten laadunvalvon-nassa kustannustehokkain ja tarkoitukseen parhaiten soveltuva laitteisto on

sääntöpohjaisiin algoritmeihin perustuva järjestelmä. Viat, joita konenäöllä halutaan havaita, erottuvat tuotteesta kontrastinsa sekä kiiltonsa puolesta. Näiden havaitseminen onnistuu perinteisin sääntöpohjaisin keinoin, mikäli kameratekniikka ja valaistus on oivat oikein valittu.

Työn tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että reklamaatioanalyysi perustui vain asiakkailta saatuun palautteeseen. Tuotannossa syntyvä hylky ja tuotteiden sisäiset hylkäykset rajattiin pois tutkimuksen piiristä, sillä näistä ei ole saatavilla tarkkaa tilastoitua tietoa. Jatkokehityksen kannalta keskeinen kehittämisehdotus on tuotannon sisäisten hylkäysten ja hyllyn nykyistä tarkempi ja järjestelmällisempi tilastointi. Yksityiskohtainen tilastointi mahdollistaisi tuotannonkehittämiseen ja laadunvalvontaan liittyvien investointien paremman perustelun. Lisäksi sisäisen hyllyn analysointi auttaisi tunnistamaan juurisyitä tuotannossa syntyville virheille.

Opinnäytetyö onnistui etukäteen asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Työn tuloksia voidaan hyödyntää Walki Oy:ssä päätöksenteon tukena, mikäli konenäköjärjestelmän käyttöönottoa harkitaan tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Walki. 2026. Walki: About Us. Verkkosivu. Viitattu 8.3.2026.

<https://www.walki.com/aboutus/walkiinbrief.html>

SICK. 2006. SICK: Machine Vision introduction. PDF-dokumentti. Viitattu

25.3.2026. [https://www.academia.edu/38693358/Machine\\_Vision\\_Introduction2\\_2\\_web](https://www.academia.edu/38693358/Machine_Vision_Introduction2_2_web)

Cognex. 2025. Cognex: Introduction to Machine Vision. Verkkosivu. Viitattu

26.3.2026. <https://www.cognex.com/en/tools-and-resources/resource-center/introduction-to-machine-vision-guide>

Sands, N. P., Verhappen, I. & Michael, D. 2018. Vision Systems. In A guide to the automation body of knowledge. 3.uud. painos. Carolina: ISA

Batchelor, B. G. 2012. Machine vision handbook. 2012 painos. Lontoo: Springer.

Kurri, V., Malen, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. uud. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Karhuketo, H., Seppälä, M.J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus. 2. uud. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Kuusipalo, J. 2008 Paper and Paperboard Converting. 2. uud. painos. Helsinki: Finnish Paper Engineer`s Association/Paperi ja Puu Oy