

Mikko Jaakkola

Skannauksen optimoitu työnkulku

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

4.3.2016

Tekijä Otsikko	Mikko Jaakkola Skannauksen optimoitu työnkulku
Sivumäärä Aika	44 sivua 4.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaajat	Toimitusjohtaja Lasse Heerman Lehtori Toni Spännäri
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli luoda pienelle digitaalipainolle selkeä ja värihallittu työnkulku asiakkaiden erilaisten kuvaformaattien skannaukseen. Optimoitu skannauspalvelu tarjoaisi asiakkaille tasaista laatua työajankohdasta ja työntekijästä riippumatta.</p> <p>Työ aloitettiin selvittämällä yrityksen tasoskannerin ominaisuuksia ja sen mukana tulleen hallintaohjelman ominaisuuksia. Myös vaihtoehtoihin skannerin hallintaohjelmiin ja niiden tarjoamiin kuvan säätömahdollisuuksiin perehdyttiin. Työn kiireellisyyden vuoksi selvitykset toteutettiin skannerin valmistajan omalla hallintaohjelmalla. Erilaisten kuvaformaattien skannaukseen kuluvaa aikaa mitattiin eri skannaustarkkuuksilla ja etsittiin paperikuville ja filmeille sopivat tarkkuudet, joilla skannatun kuvan pikselimäärä olisi tarpeeksi suuri asiakkaan valitsemia painotuotteita varten. Skannauksesta pyrittiin tallentamaan suoraan tulostamiseen valmis kuva, joten selvitettiin myös hallintaohjelman terävöinnin, kohinanpoiston, rasterinpoiston ja pölynpoiston vaikutukset. Kullekin kuvaformaatille valittiin sopivat säädöt.</p> <p>Ennen skannerin käyttöönottoa se profiloitiin IT8.7-testikartan avulla, jolloin se saatiin yhdistettyä yrityksen muutoin värihallittuun työympäristöön. Valikoitujen asetusten ja profiloinnin ansiosta skanneri tuottaa väreiltään täsmällistä ja laadultaan tasaista jälkeä.</p> <p>Työn tuloksena luotiin työntekijöille ohjeet eri kuvaformaattien skannausta ja kuvan histogrammin säätämistä varten. Työn pohjalta ehdotettiin myös monipuolisemman ja laadukkaamman hallintaohjelman käyttöönottoa. Ohjelmista tehdään jatkossa vielä lisäselvityksiä, ja vasta myöhemmin päätetään ohjelman hankinnasta. Työn pohjalta laadittujen skannausohjeiden toimivuutta seurataan ja ohjeita muokataan tarvittaessa. Ohjeet voidaan muuntaa muille hallintaohjelmille sopiviksi.</p> <p>Työn mittauksia ja tuloksia ja luotuja ohjeita voidaan käyttää yleisesti oppaana pienten kuvamäärien, niin tulosteiden, valokuvien kuin filmien, digitoimiseen.</p>	
Avainsanat	skanneri, skannaus, kuvanlukija, työnkulku, digitointi, optimointi

Author Title	Mikko Jaakkola Optimized workflow for scanning
Number of Pages Date	44 pages 4 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructors	Lasse Heerman, CEO Toni Spännäri, Senior Lecturer
<p>The purpose of the study was to create a clear and color managed workflow for a small digital printing company for different picture formats delivered by customers. Optimized scanning service would provide steady quality for customers regardless of the employee or working hours.</p> <p>At first, the features of the company's flatbed scanner and the features of its managing software were examined. Also some alternative managing software were inspected. Due to the urgency of the work, the measurements and inspections were run with the scanner manufacturer's own managing software. The amount of time spent on scanning different kind of originals was measured and the suitable resolutions for scanning paper prints and film negatives to achieve necessary pixel dimensions were determined. The objective was to save a ready-to-print file from the scanner, so the sharpening, noise reduction, descreening and dust removal filters of the managing software were studied and the most suitable adjustments were chosen.</p> <p>Before using the scanner for client orders, its color space was defined and a custom profile was made using an IT8.7 test target. After choosing the most suitable filter settings, the profiled scanner produced color accurate and steady quality picture files.</p> <p>Guides for employees for scanning different original formats and for histogram adjustment were created as a result. Based on the study, investing on a more versatile and higher quality managing software was suggested. Further research and a decision about investment will be made later. The functionality of the guides for employees will be monitored and modified if necessary. The guides can be converted for other managing software.</p> <p>The measurements and results of the study can be used as a general guide for digitizing small quantities of paper prints, photographic prints or film negatives.</p>	
Keywords	scanner, scanning, workflow, digitalization, optimization

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Skannauksen työnkulun parantamisen tavoitteet	2
3	Värinhallinta	4
3.1	Valo ja värijärjestelmät	4
3.2	Värinhallintajärjestelmä ja profiilit	5
3.3	Skannerin toiminta	7
3.4	Skannerin värinhallinta	9
3.5	Näytön värinhallinta	12
3.6	Tulostimen värinhallinta	13
4	Skannauksen työnkulun vaiheet	15
4.1	Ohjelmistot	15
4.2	Kohteen vaikutus skannaustapaan	17
4.3	Tarkkuus ja nopeus	18
4.4	Tallennusformaatti ja värisyvyys	22
4.5	Kuvakorjailut	24
4.5.1	Epäterävä maski ja kohinanpoisto	25
4.5.2	Pölynpoisto skannatessa	27
4.5.3	Rasterinpoisto	30
4.6	Värimääritykset	32
4.7	Kuvankäsittely	33
5	Skannauksen optimoitu työnkulku tilaajayritykselle	35
5.1	Filmit	35
5.2	Paperivalokuva	37
5.3	Painettu kuva	38
5.4	Julisteet	38
5.5	Kuvankäsittely	39
5.6	Kehitettävää	39
6	Yhteenveto	41
	Lähteet	42

Lyhenteet

CMYK	Painotekniikassa käytettävä subtraktiivinen (vähentävä) värijärjestelmä, koostuu osaväreistä syaani, magenta, keltainen ja musta (key).
DPI	<i>Dots per inch</i> . Kuvantuottajan tarkkuus: kuinka monta pistettä esimerkiksi tulostin tulostaa tuumaa kohden.
LPI	<i>Lines per inch</i> . Painotekniikassa käytettävä termi, joka ilmoittaa, kuinka monta rasteripisteiden linjaa painetaan tuumaa kohden.
PPI	<i>Pixels per inch</i> . Kuvan resoluutio: kuinka monta pikseliä kuva sisältää tuumaa kohden. Kuvan suositeltu resoluutio on yleensä kaksinkertainen tulostimen linjatiheyteen nähden.
RGB	Digitaalisen kuvantuottamisen additiivinen (lisäävä) värijärjestelmä. Koostuu osaväreistä punainen, vihreä ja sininen.

1 Johdanto

Insinööriyönä tehdään optimoitu skannauspalvelun työkulku. Työn tilaajana on pieni digitaaliseen painamiseen keskittynyt yritys, joka toteuttaa erilaisia ratkaisuja henkilö- ja yritysasiakkaille. Valikoimiin kuuluvat digipainolle tyypilliset tuotteet, kuten kuvakirjat, kortit, esitteet, julisteet ja muut personoidut painotuotteet. Yrityksellä on tulostuspalveluiden lisäksi myös skannauspalvelu.

1960–1990-lukujen suosittu filmikuvat eivät kestä ikuisesti, ja erilaisia formaattejakin on vuosikymmenien aikana kertynyt, kuten erikokoiset negatiivifilmit ja diafilmit sekä niistä vedostetut paperivalokuvat. Osa on hävittänyt alkuperäiset filminsä siinä uskossa, ettei niitä tarvita enää, ja vuosien päästä he kyselevät uutta kopiota paperisesta valokuvastaan.

Työnkulkuja erilaisten alkuperäisformaattien skannaukselle ei ole tilaajayrityksessä tehty. Jokainen skannaustyö tehdään siis alusta loppuun yksilöllisesti ja eri tavoin työntekijästä riippuen. Yritykselle olisi jo yrityksen pienen koon puolesta suurta hyötyä saada skannauksen työkulku organisoitua.

Työn tarkoituksena ei ole luoda yritykselle suurten kuvamäärien digitointipalvelua, vaan optimoida skannauspalvelu tukemaan yrityksen tarjoamia muita tuotteita. Asiakas voisi käyttää paperivalokuviaan ja negatiivejaan esimerkiksi kuvakirjojen kuvittamiseen, kortteihin, julisteisiin tai muihin tarpeisiin. Optimoidulla ja värihallitulla skannauksen työkululla tavoitellaan määrätietoisuutta, nopeutta, tasaista laatua ja sitä kautta asiakastyytyväisyyttä. Yritys toteuttaa suurten määrien digitointipalvelua yhteistyöyrityksen kautta, mutta pienissä kuvamäärissä se tulee hyvin kalliiksi asiakkaalle.

2 Skannauksen työnkulun parantamisen tavoitteet

Insinööriyössä selvitetään tilaajayrityksen skannerin erilaisille kuvaformaateille sopivat optimoidut skannausasetukset tarvittavan laadun ja nopeuden välille. Selvitysten perusteella luodaan työohjeet eri formaateille, jotta skannauksen laatu on yhteneväistä työntekijästä ja ajankohdasta riippumatta. Kuvakopioiden lisäksi yleisimpiä asiakkaan tilaamia tuotteita, joissa aineisto toimitetaan analogisessa muodossa, ovat erilaiset kiitos-, kutsu- ja onnittelukortit. Skannaus pyritään toteuttamaan virtaviivaisesti ilman välimuotoja, eli suoraan valmiiksi tulostettavaksi tiedostoksi. Painotuotetilauksissa asiakkaalle toimitetaan lähtökohtaisesti vain valmis painotuote, ja lisäpalveluna asiakas voi tilata digitaaliset kopiot aineistostaan. Painotuotteissa aineisto hyväksytetään asiakkaalla ennen painamista. Tiedostot ja muut työstä syntyvät materiaalit tallennetaan yrityksen varmentulle kiintolevyllä esimerkiksi uudelleentulostusta varten.

Negatiivi ja digitiedosto

Filmin negatiivi tai diafilmin positiivi ovat analogisen kuvantallennuksen niin sanottuja raakakuvia, samaan tapaan kuin digitaalisen valokuvauksen raakatiedostona on kameran tuottama prosessoimaton, pakkaamaton ja korjailematon kuva, usein päätteellä ARW, CR2 tai NEF, kameran valmistajasta riippuen. Digitaalisen valokuvauksen pimiössä eli raakakuvia tukevassa kuvankäsittelyohjelmassa kuva prosessoidaan muun muassa halutuilla väri-, terävyys- ja valotusasetuksilla kuten vanhanaikaisessa pimiössäkin. Lopulliseksi kuvamuodoksi valitaan usein helposti monilla päätelaitteilla toistettava JPEG-tiedosto, josta voidaan myös tehdä jatkossa vedos esimerkiksi valokuvapaperille. Toisin kuin diafilmin, negatiivifilmin ainoa järkevä katseltava muoto on valokuvapaperille valotettu kuva, kuvan käänteisten värien vuoksi. Diafilmin positiivikuvaa voidaan tarkastella valopöydällä, tai se voidaan heijastaa diaprojektorilla näyttävästi kankaalle. Ilman erittäin tarkkaa ja huolellista varastointia filmit ajan mittaan muuttuvat muun muassa valon ja kaasujen vaikutusten sekä sormenjälkien ja säilytysmateriaalin sisältämien sienitiöiden takia. Niiden säilyvyyden pystyy turvaamaan skannaamalla ne helposti jaettaviksi ja vedostettaviksi digitiedostoiksi. Tämä digitiedosto vastaa digikuvauksen raakakuvasta luotua JPEG-kuvaa. Skannaamisen haittapuolena yleensä onkin negatiivin täyden potentiaalin ja dynamiikan pieni menetys, sillä skannattu kuva on usein vain valituilla parametreilla prosessoitu reproduktio filmistä. Alkuperäistä filmiä ei siis kannata hävittää skannauksen jälkeenkään. (1, s. 21, 63–64; 2, s. 4–5.)

Työnkulun selkeyttäminen

Insinööriyön tilaajayritykselle pyritään toteuttamaan useimpia yleisiä kuvaformaatteja varten värihallitut ja selkeät työnkulut. Ne toteutetaan selvittäen aluksi kunkin formaatin optimaaliset skannaus- ja tallennusasetukset, jotka tallennetaan skannerin ohjelmiston valikkoon. Asetuksista tärkeimmät ovat skannauksen tarkkuus, sen vaikutus skannausnopeuteen ja tarvittavaan tiedostokokoon ja edelleen kustannuksiin. Lisäksi tutkitaan skannerin ohjelmiston pölynpoiston, epäterävän maskin, kohinan poiston ja rasteripisteiden poiston vaikutuksia kuvanlaatuun ja nopeuteen. Haetaan järkeviä ja yksinkertaisia arvoja, joilla skannaaminen ja muu työnkulku formaatista riippumatta on sujuvaa ja nopeaa lopputuotteen laadun kärsimättä. Esimerkiksi kuvan skannaaminen liian suurella tarkkuudella ei välttämättä lisää tarpeellisia yksityiskohtia, mutta sen skannaaminen voi kestää huomattavasti kauemmin. Skannaustarkkuutta nostettaessa skannaamiseen käytetyn ajan lisäksi kuvan tiedostokoko kasvaa, mikä tekee sen käsittelystä hidasta. Kuvan siirtäminen tulostimellekin kestää kauemmin, eikä tulosteen laadussa välttämättä huomaa eroa. Toisaalta myös liian matalalla tarkkuudella skannaaminen ja kuvan käsittely voi olla hyvinkin nopeaa, mutta lopputulosteen laatu ei välttämättä yllä alkuperäisformaatin täyteen potentiaaliin. (1, s. 24.)

Työnkuluista luodaan selkeät ohjeet oikeiden asetusten ja hallitun työnkulun varmistamiseksi työn suorittajasta riippumatta. Ohjeet auttavat yrityksen työntekijöitä tuottamaan tasaista ja optimaalista laatua.

3 Värihallinta

Värihallinta on digipainon työympäristössä erittäin hyödyllistä. Värihallinnalla luodaan prosessin kaikkiin vaiheisiin täsmälliset värit, jolloin esimerkiksi skannattu paperikuva uudelleentulostetaan samansävyisenä kuin alkuperäinen. Värihallinta voidaan toteuttaa hallitusti vain yrityksen sisällä, asiakkaan näyttöön tai tulostimiin ei voida vaikuttaa.

Laitteiston kalibroinnilla saavutetaan kolme tavoitetta: vakaus, optimointi ja simulointi. Optimoitu laite tuottaa toistoavaruutensa mukaisesti parasta mahdollista tai väreiltään tarkinta jälkeä, mitä laite pystyy tuottamaan. Vakaalla ja optimoidulla laitteella pystytään myös helposti simuloimaan muita laitteita, tai esimerkiksi painoprosessissa käytettäviä eri materiaaleja voidaan simuloida näytöltä tulostamatta vielä mitään. (3, s. 23.)

3.1 Valo ja värijärjestelmät

Ihmisen silmän verkkokalvolla on kahdenlaisia valolle herkkiä fotoreseptoreja: sauva- ja tappisoluja. Sauvasolut ovat herkempiä aistimaan valoa ja tappisolut värejä. Pimeässä ihminen näkee lähinnä vain sauvasoluilla, jolloin näkövaikutelma on lähes mustavalkoinen. Verkkokalvon tappisolut ovat herkkiä punaiselle, vihreälle tai siniselle, ja niiden yhdistelmä saa aikaan koko näkyvän valon aallonpituuden. Ihmissilmälle näkyvän valon aallonpituus vaihtelee noin 380 nanometristä 720 nanometriin. Tämä alue tunnetaan näkyvän valon spektrinä, joka voidaan myös jakaa karkeasti kolmen osaan: punaiseen, vihreään ja siniseen. Näistä kolmesta väristä saadaan additiivisen RGB-värijärjestelmän red, blue ja green arvot. Näytöt ja muut additiiviseen eli lisäävään värijärjestelmään perustuvat laitteet tuottavat näiden kolmen värin avulla halutun sävyn, kylläisyyden ja kirkkauden. Lähtökohtana on musta, johon lisätään tarvittavat osuudet kutakin osaväriä halutun värin aikaansaamiseksi ja kaikki kolme osaväriä täydellä teholla tuottavat valkoisen. (3, s. 9–12.)

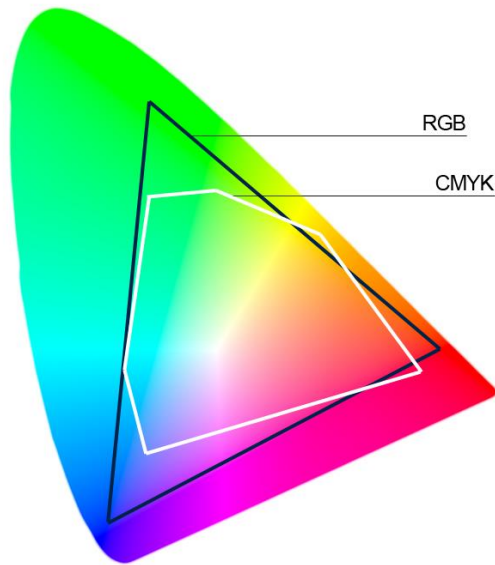
Erilaiset pinnat, kuten paperi, absorboivat eli imevät osan valon aallonpituudesta. Se, minkä värisenä näemme paperin, riippuu, siitä mitä valon aallonpituuksia paperi absorboi ja mitä se heijastaa takaisin. Mikäli paperi esimerkiksi absorboisi kaiken paitsi sinisen värin aallonpituudet, havaitsisimme paperin sinisenä. Kun pinta heijastaa kaiken valon, havaitsemme sen valkoisena, sillä se sisältää valon täyden spektrin ja luo ihmissilmälle

punaisen, vihreän ja sinisen yhteisvaikutelman. Painokoneet toistavat värejä subtraktiivisen värijärjestelmän mukaan, eli ne tuottavat valkoiselle paperille CMYK-värijärjestelmän mukaan syaanin, magentan, keltaisen ja mustan värikerroksia tai sekoituksia, jotka toimivat suodattimina ja näin paperi absorboi osan valon spektristä. Värijärjestelmästä riippumatta kaikilla laitteilla on rajoitettu toistoavaruus. Painokone pystyy toistamaan vain niin kylläisen magentan sävyn kuin magenta painoväri on ja näyttö vain niin kylläisen punaisen kuin näytön punainen suodin tuottaa. (3, s. 9–12, 19.)

3.2 Värihallintajärjestelmä ja profiilit

Commission Internationale d’Eclairage eli CIE on luonut laajojen tutkimusten pohjalta CIExyz- ja CIELab-järjestelmät, jotka sisältävät kaikki ihmisen havaitsemat värit. Aiempi CIExyz kuvaa kahden värin välistä eroa väritilassa matemaattisesti, kun kehittyneempi CIELab huomioi ihmissilmän havaitseman sävyeron. CIELab-värimalli on kolmiulotteinen, jossa kolme arvoa – vaaleus (L), sävyt punaisesta vihreään (a) ja keltaisesta siniseen (b) – muodostavat värin koordinaatit. Näitä värimalleja käytetään värihallinnassa suositusväritiloina, joiden kautta syöttöyksikön RGB-arvot voidaan muuntaa tulostusyksikön CMYK-arvoiksi muuttamatta ihmissilmän havaitsemia värejä. (3, s. 13–16.)

Värihallintajärjestelmän käyttämä yhdysavaruus sisältää kaikki värit, jotka voidaan painaa, skannata tai toistaa näytöllä. Kuvassa 1 on CIExyz-värimalli, jossa on mielivaltaiset AdobeRGB- ja U.S. Web Coated v2 CMYK -ICC-profiilien värintoistoalat. Kuva havainnollistaa, kuinka esimerkiksi CMYK-värein toimiva painokone ei pysty toistamaan yhtä syviä vihreän sävyjä kuin näyttö, jossa on RGB-värit. Vihreät sävyt ovat siis CMYK-värintoistoalan ulkopuolella, eikä niitä voida laitteella toistaa. (3, s. 14, 19.)



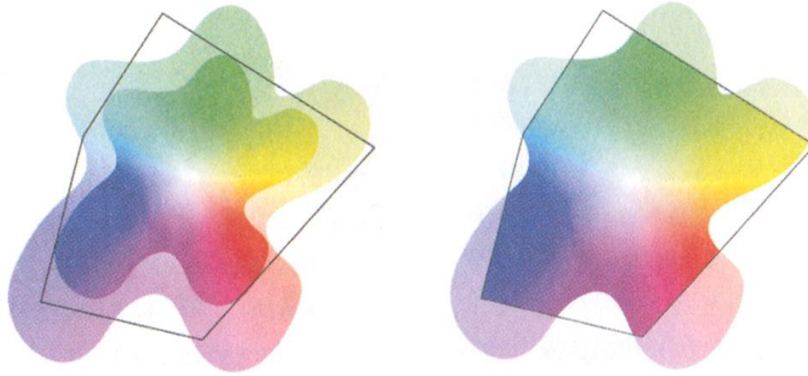
Kuva 1. CIExyz-värijärjestelmän kaksiulotteinen malli, johon on liitetty RGB- ja CMYK-värintoistoalat.

RGB–CMYK-muunnoksessa värinhallintajärjestelmän eli CMS:n (Color Management System) tehtävänä on laskea, mitä värejä syöttöyksikön RGB-arvot ja tulostusyksikön CMYK-arvot edustavat, ja muuttaa arvot siten, että ne toistuvat samanlaisina laitteesta riippumatta. Värinhallintajärjestelmä käyttää muunnoksessa hyödyksi profiileja, suosiväritiloja, värimuunnoslaskinta ja erilaisia värimuunnostapoja. (3, s. 15.)

Värinhallintajärjestelmä laskee ensin, mitä värejä lähdeprofiilin väriarvot edustavat, ja rinnastaa arvot CIELab- tai CIExyz-yhdysavaruuden arvoihin. Sama tehdään myös kohdeprofiilille erikseen. Värinhallintajärjestelmä yhdistää värimuunnoslaskimen laskemat lähde- ja kohdeprofiilien arvot ja luo niiden välille suoran yhteyden. Lähdeprofiilin väriarvot käännetään yhdysavaruuden avulla kohdeprofiilin väriarvoiksi erilaisilla värimuunnostavoilla käyttötarkoituksesta riippuen. (3, s. 15–19.)

Laitteen värintoistoalan ulkopuoliset värit muunnetaan laitteella toistettaviksi. Värimuunnostapoja on neljä erilaista: havainnollinen, kylläisyyden säilyttävä, suhteellisen kolorimetrinen ja absoluuttisen kolorimetrinen. Havainnollinen muunnostapa säilyttää värien keskinäisen suhteen, joka on ihmisilmälle tärkeämpi kuin absoluuttiset väriarvot. Kylläisyyden säilyttävä tapa painottaa värien kirkkautta ja kylläisyyttä, mutta värintoiston tarkkuus menetetään. Havainnollinen ja kylläisyyden säilyttävä värimuunnostapa pe-

rustuvat väritilan supistamiseen (kuva 2), jolloin syöttöyksikön värit supistetaan tulostusyksikölle sopiviksi. Väritila voidaan myös rajata tulostusyksikön toistamaan lähimpään arvoon. (3, s. 19–20.)



Kuva 2. Väritilan supistaminen ja väritilan rajaus (3, s. 20).

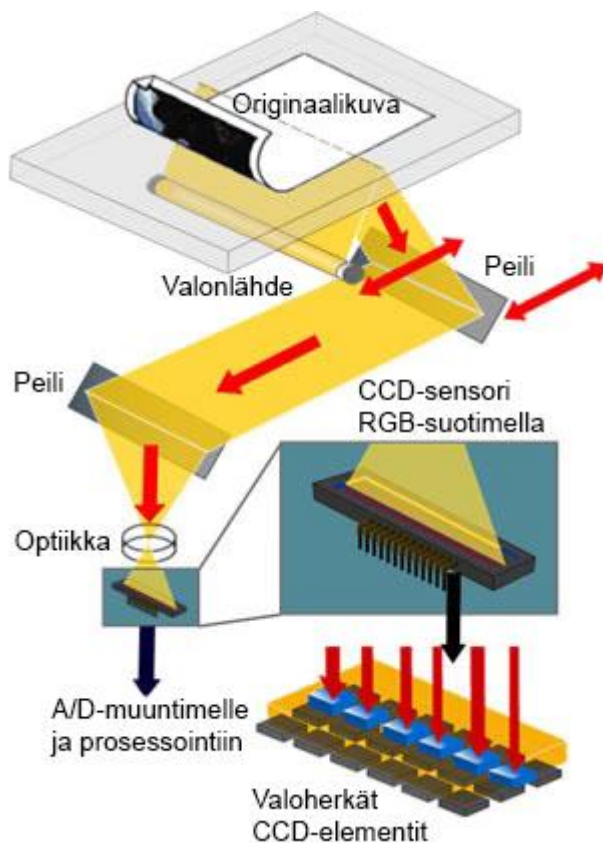
Suhteellisen kolorimetrisessä värinmuunnoksessa värinhallintajärjestelmän värinmuunnoslaskin vertailee syöttöyksikön valkoista pistettä tulostusyksikön valkoiseen ja muuttaa värejä sen mukaan. Suhteellinen kolorimetrisen muunnostapa perustuu ihmissilmän sopeutumiselle paperin valkoiseen. Väritilaa rajataan (kuva 2), jolloin tulostusyksikkö toistaa mahdollisimman monet originaalin värit tarkasti ja säilyttää enemmän alkuperäisiä värejä kuin havainnollinen värinmuunnostapa. Absoluuttisen kolorimetrisessä värinmuunnostavassa värejä ei skaalata tulostusyksikön valkoisen pisteen mukaan, jolloin säilytetään värien tarkkuus. Tätä tapaa voidaan käyttää, kun halutaan tarkastella paperin värin vaikutusta väreihin. Yleisimmin käytössä ovat havainnollinen ja suhteellisen kolorimetrisen värinmuunnos. (3, s. 20.)

3.3 Skannerin toiminta

Charge-Coupled Device eli CCD on yleisin tasoskannereissa käytetty kuvantunnistustekniikka. Muita ovat CIS (Contact Image Sensor) ja muun muassa rumpuskannereissa käytetty PMT (photomultiplier tube), mutta näitä tekniikoita käyttävät skannerit eivät sovellu yhtä hyvin digipainon ratkaisuihin käytettävyyden ja hinnan takia. Yrityksen käytössä on CCD-tekniikkaa käyttävä Epson Perfection V550 Photo -tasoskanneri. Se so-

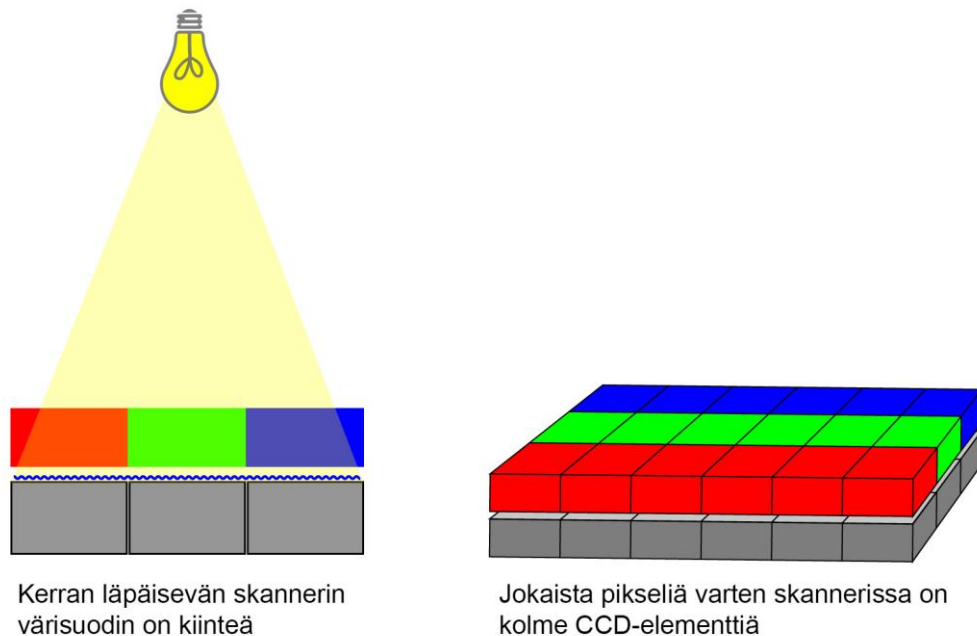
veltuu paperikuvien, asiakirjojen ja filmien skannaamiseen. Skannerin mukana toimitetaan dia- ja kinofilmi sekä rullafilmi niiden skannausta varten. Skannerin tarkkuus on 6 400 dpi ja valonlähteenä toimii valkoinen LED ja infrapuna-LED. (4, s. 110.)

CCD-kennossa on hyvin suuri määrä pieniä valoherkkiä diodeja, jotka kääntävät valon eli fotonit elektroneiksi eli sähkövirraksi. Mitä enemmän fotoneita, eli mitä kirkkaammin valoa yhdelle diodille kohdistuu, sitä suurempi on myös sähkövirta kyseisessä kennon kohdassa, ja näin kenno muodostaa tästä digitaalisen kuvan A/D -muuntimella. Skanneereissa on oma LED-, xenon- tai loistelamppu, joka kulkee skannerin skannauspään mukana. Valo heijastuu materiaalista kennolle usein kahden tai kolmen tarkkaan kohdistetun peilin sekä optiikan ja suotimien kautta (kuva 3). Skannerien kansi suljetaan, jottei ylimääräistä hajavaloa pääsisi skannerin sisälle heikentämään muun muassa kuvan tarkkuutta. (1, s. 22; 5; 6.)



Kuva 3. Valon kulku skannerissa originaalilta kennolle (4).

Valmistajat ilmoittavat skannerien tarkkuudet dpi-lukuna, vaikka skanneri tuottaakin digitaalisen kuvan, joka koostuu pikseleistä, ei pisteistä. Dpi-luku kertoo, kuinka monta valoherkkää sensoria CCD-kennossa on tuumaa kohden. Epson Perfection V550 Photo-skannerin resoluutioksi on ilmoitettu 6 400 x 9 600 dpi, jolloin skannerissa on 6 400 sensoria tuumaa kohden. Skanneri lukee kuvan yhdellä läpäisyllä, eli siinä on jokaiselle kolmelle osavärille omat 6 400 sensoria tuumaa kohden. Vanhemmat skannerit käyvät kuvan läpi kolmesti, jokaisen osavärin suotimen läpi erikseen suotimen siirtyessä ennen kutakin läpäisyä kuvasensorin kohdalle. Kuvassa 4 on havainnollistettuna kerran läpäisevien skannerien periaate. Kennossa on jokaista pikseliä varten siis kolme CCD-elementtiä. Valmistajan ilmoittaman dpi-luvun jälkimmäinen numero kertoo interpoloidun eli ohjelmallisesti resoluutiota nostavan, pikseleitä lisäävän tarkkuuden. (5; 6; 7.)



Kuva 4. Kerran läpäisevän skannerin sensorin periaate (6).

3.4 Skannerin värinhallinta

Laitteiden värinhallinnassa käytetään termejä kalibrointi ja profilointi, joista jälkimmäisellä tarkoitetaan laitteen toistoavaruuden mittaamista ja tallennusta ICC-profiiliksi. Tämä profiili kertoo, kuinka laite pystyy värejä toistamaan. Profiilit ovat taulukoita, jotka sisältävät sarjan RGB- tai CMYK-väriarvoja ja sarjan arvoja suositusväritilassa. Profiili

siis kertoo suositusväritilan avulla, mitä värejä ne edustavat. Kalibroinnilla puolestaan muutetaan laitteen värintoistoa täsmällisten värien toistamiseksi. Erilaisia profiilien luokkia ovat skannerin tai kameran syöttöprofiili, näytön ja videotykin näyttöprofiili ja tulostimien ja painokoneiden tulostusprofiilit. (3, s. 16–17, 21.)

Skannereissa on harvoin säätelymahdollisuuksia värintoiston suhteen, joten niiden kalibroiminen ei ole mahdollista. Skannerit voidaan siitä huolimatta profiloida, voidaan mitata niiden toistoavaruus eli se, kuinka skanneri niin sanotusti näkee värit. Tällöin skannattuun kuvaan voidaan tehdä profiilin pohjalta tarvittavat säädöt täsmällisten värien aikaansaamiseksi. Skannerit profiloidaan käyttämällä niille tarkoitettua testikarttaa, jonka väriruutujen mitta-arvot eli koordinaatit esimerkiksi CIE Lab-värimallissa ovat tiedossa. Fyysisestä testikartasta skannattuja arvoja verrataan referenssitiedostoon, joka sisältää mittaustiedot jokaisesta testikartan väriruudusta. Tällaisia skannereita varten luotuja standadisoituja testikarttoja ovat IT8.7/1 ja IT8.7/2 (kuva 5). IT8.7/1 on tarkoitettu läpinäkyvälle filmikuvulle ja IT8.7/2 valokuvapaperille. Referenssitiedostot usein toimitetaan testikarttojen mukana, ja ne ovat myös ladattavissa valmistajan sivuilta. Kalliimmat testikartat on mitattu erikseen, ja niille on luotu omat referenssitiedostot, kun halvimille testikartoille on mitattu sama referenssitiedosto koko tuotantosarjaa kohden. Halvemmat testikartat voidaan myös mitata itse esimerkiksi kuvan 5 mukaisesti spektrofotometrillä, jolloin profiloinnista saadaan tarkempi. Tasoskanneri, jossa on filmien skannausominaisuus, tulee tarkan värinhallinnan saavuttamiseksi profiloida sekä heijastavalle että läpinäkyvälle originaalille, sillä valonlähde vaihtuu alkuperäisen formaatin mukaan. (3, s. 21, 27; 8.)



Kuva 5. X-Rite Eye One -spektrofotometri ja IT8.7/2-testikartta.

Toisin kuin digitaalikameroissa, skannereissa valonlähde pysyy vakiona, jolloin sen muuttumista ei tarvitse huomioida profiloinnissa. Skannerin tarkkuus ei myöskään vaikuta värintoistoon, joten eri tarkkuuksille ei tarvitse luoda omia profileja. Skanneria profiloitaessa on tärkeää kytkeä pois kaikki ohjelmalliset toiminnot, jotka parantavat kuvaa tai vaikuttavat siihen muuten. Tällaisia asetuksia ovat esimerkiksi histogrammin säätö, terävöinti ja värinparannustoiminnot. Optimaalisesti hallitussa skannerissa alkuperäisformaatin annetaan säilyttää koko väriavaruutensa, jolloin kuvatiedosto sisältää mahdollisimman paljon väritietoa. Kuva tosin tällöin näyttää usein hyvin lattealta, mutta esimerkiksi musta- ja valkopiste ovat helposti säädettävissä. (3, s. 21, 27–28.)

Kuvaan vaikuttavien asetusten sulkemisen jälkeen skannataan testikartta mahdollisimman suurella värisyvyydellä TIFF-muodossa. Ennen skannatun testikartan tuomista profilointiohjelmaan tehdään sille tarpeelliset rajaukset, käännökset ja roskien ja naarmujen poistot Photoshopissa. Samalla varmistetaan, ettei Photoshop tee automaattisia värimuunnoksia tai lisää karttaan väriprofiilia. Skannerin profilointi toteutetaan esimerkiksi SilverFast- tai i1Profiler-ohjelmalla, jossa avataan ensin referenssitiedosto ja syötetään oma skannattu testikartta. Ohjelma vertailee tietoja ja laskee skannerille profiilin, joka tallennetaan halutulla nimellä. (3, s. 27–28; 7.)

3.5 Näytön värinhallinta

Näyttö on värinhallinnan kannalta tärkein profiloitava laite, sillä näyttöjen värintoisto vaihtelee enemmän kuin tulostimien tai skannereiden. Kuvaa myös tarkastellaan ennen skannausta tai painamista näytöltä, jolloin näytön värien täsmällisyys on tärkeää säätöjen varmistamiseksi. (3, s. 23.)

Näytöt voidaan kalibroida visuaalisesti ilman mittaustyökalua, mutta tällaista ihmissilmään perustuvaa tapaa ei suositella, mikäli tarkoituksena on luoda värinhallittu työnkulku. Näyttöjen kalibroimisessa voidaan käyttää samaa spektrofotometriä kuin skannerin profiloinnissa. Näyttöjen profilointi siihen sopivalla ohjelmalla on suhteellisen helppoa näytölle ilmestyvien ohjeiden seuranta ja toteuttamista. Itse kalibrointi toteutuu automaattisesti spektrofotometrin mitatessa näytölle syötettyjä väriarvoja. Käyttäjän tehtäväksi jää huolehtia työpisteen tasaisesta valaistuksesta, värilämpötilan valitsemisesta, käytettävästä gamma-arvosta ja kirkkauden ja kontrastin tasapainosta. (3, s. 23–25.)

Näytön värilämpötila kertoo, minkä sävyiseltä kuva näyttää. Värilämpötila ilmoitetaan kelvinasteina. Värilämpötilan kasvaessa valon väri muuttuu punaisesta siniseen. Päivänvalon värilämpötila on noin 5 600 K, jonka sävy on neutraalin valkoinen. Näyttöjen värilämpötila on säädettävissä usein välillä 5 000–9 300 kelviniä. Vedostusta varten näytön värilämpötila asetetaan 5 000 kelviniin. Useimmat näytöt on asetettu valmiiksi 9 300 kelviniin, jolloin värilämpötilan laskeminen 5 000 kelviniin voi aiheuttaa kellertävän ja kontrastittoman kuva katsojan silmissä. Joillekin näytöille saattaa olla riittävän valovoiman puutteen vuoksi haastavaa tuottaa hyvää kuvaa 5 000 kelvinin värilämpötilassa. Kompromissina värien latteudelle voidaan käyttää 6 500 kelviniä. (3, s. 23–25.)

Kalibrointiohjelma auttaa näytön kirkkauden ja kontrastin tasapainottamisessa. Gamma-arvoksi on vakioituneet arvot 1,8 graafista tuotantoa varten ja 2,2 video- ja webjulkaisua varten. Värinhallintajärjestelmät tosin kompensoivat gamma-arvojen eroja, jolloin täsmälleen samaa gamma-arvoa ei välttämättä tarvitse koko työnkulussa käyttää. Spektrofotometrin mittausten ja käyttäjän tekemien säätöjen jälkeen tallennetaan näytön profiili. Uutta profiilia voi verrata edelliseen ennen sen käyttöön ottamista. Näytön kalibroinnin täsmällisyys voidaan todeta vertailemalla profiloitua ja oikein vedostetun vertailukuvan avulla vakioitua, 5 000 kelvinin valonlähteen alla. Työtilan valaistuksen muuttuessa kalibrointi on hyvä tehdä uudelleen. Kalibrointi on näytön vanhetessa suositeltavaa tehdä muutoinkin sopivin väliajoin. (3, s. 23–26.)

3.6 Tulostimen värinhallinta

Tulostusprofiilit luodaan jokaiselle tulostimelle erikseen, sillä jokaisella tulostimella on oma toistoavaruutensa, vaikka ne olisivatkin samaa mallia. Profiilit tulee tehdä myös jokaiselle käytettävälle paperilaadulle erikseen niiden erilaisten ominaisuuksien vuoksi. Paperinvalmistukseen tehtävien muutosten tai painovärien vaihtuessa profilointi täytyy mahdollisesti tehdä uudelleen. Paperin ja painovärien lisäksi erilaisia muuttujia on hyvä kontrolloida värinhallinnan sujuvuuden vuoksi. Värin tai paperin vaihtamisen vaikutusta voidaan ehkäistä kalibroimalla yksikkö toistamaan jälleen oikeat värit tai se voidaan profiloida kokonaan uudelleen. Vaihtoehtoisesti voidaan myös luoda profiili, joka kuvastaa yksikön keskimääräistä värintoistoa. (3, s. 21–22.)

Tulostusprofiilit auttavat värinhallintajärjestelmää luomaan väriarvot ja kertovat värinhallintajärjestelmälle, mitä värejä tulostin pystyy toistamaan, ja näin pystytään tuottamaan mahdollisimman täsmälliset värit alkuperäiseen nähden. Profiilin avulla voidaan myös simuloida tulostimen paperivedosta näytöltä jo ennen varsinaista tulostusta ja puuttua mahdollisiin virheisiin ennen painoprosessia. (3, s. 29–30.)

Tulostimet profiloidaan myös testikarttojen avulla. Profiilointiin ja kalibrointiin tarkoitettujen työkalujen, kuten käsikäyttöisen EyeOne Pron, ohjelmiston mukana toimitetaan värimäärittelmätön testikarttatiedosto. Testikartassa on pienempi määrä väriruutuja kuin automaattisten mittauslaitteiden mukana toimitetuissa, sillä käsin mitatessa virheellisten mittausten riski kasvaa ja näin kasvaa myös profiilin virheellisyydenkin riski. Testikartta avataan Photoshopissa sen tarkkojen värinhallinta-asetuksien takia. Edelleen on tärkeää varmistaa, ettei Photoshop muuta testikartan väritietoja. Testikartta tulostetaan ja väriarvot lähetetään Photoshopista muuttumattomina tulostimelle. Tulostettu testikartta mitataan spektrofotometrillä, jonka mittaustuloksia profilointiohjelma vertaa referenssitiedostoon ja luo tulostimelle oman profiilin. (3, s. 30.)

Lasertulostimien eli elektrofotografisten tulostimien värinhallinnassa tulee huomioida myös tilan olosuhteet, kuten lämpötila ja ilmankosteus. Ilmankosteus vaikuttaa paperin kosteuteen, jolloin sen staattinen sähköisyyskin vaihtelee. Elektrofotografisessa digipainokoneessa laser kirjoittaa kuvan elektrostaattisesti varatulle kuvarummulle, johon väriaine kiinnittyy sähköisesti. Edelleen väriaine siirtyy staattisen sähköön avulla paperille, ja se kiinnitetään lämmöllä. Siksi matala ilmankosteus vaikeuttaa värin siirtymistä paperilla

ja luo epävakaisemman värintoiston laitteelle, joten ilmankosteus tulisikin pyrkiä pitämään tasaisena vuoden ympäri. Lasertulostimella testikartan tulostamisen ajankohta määräytyy tulostimen kalibroinnin tiheydestä. Mikäli tulostinta ei kalibroida päivittäin, tulostetaan useampi testikartta tasaisin väliajoin kalibroitajankohtien välillä. Näistä rakennetaan tulostimen keskimääräinen toistoavaruus. Päivittäin kalibroitavan tulostimen profilointi on yksinkertaisempaa ja testikartta voidaan tulostaa kerran, juuri kalibroinnin jälkeen, jolloin luotu profiili kuvaa tulostimen optimaalisinta värintoistoa. (3, s. 22, 31–32.)

4 Skannauksen työnkulun vaiheet

Skannattavien originaalien materiaali ja ominaisuudet vaihtelevat. Tällöin täysin samaa työnkulkua samoilla asetuksilla ei voida käyttää esimerkiksi negatiivifilmille tai negatiivista valotetulle paperikuvalle. Tässä esimerkissä suurin ero tulee jo skannaukseen käytetystä valosta, joka paperikuvassa heijastuu sen pinnasta ja negatiivissa valo syötetään sen läpi. Lisäksi filmit sisältävät usein enemmän informaatiota kuin niistä valotettu vedos. Kuvaoriginaalin tyyppi vaikuttaa myös tarvittaviin säätöihin ja suotimiin, joilla saadaan skannatusta kuvasta muun muassa terävämpi ja puhtaampi. Työnkulussa tulee siis huomioida alkuun originaalin skannaustapa, minkä jälkeen valitaan tarvittava skannaustarkkuus ja tehdään kuvalle originaalille sopivat säädöt. Säättöjen tehokkuuteen vaikuttaa myös käytetty skannerin hallintaohjelma.

4.1 Ohjelmistot

Skanneri vaatii sen ohjaamista ja kuvan tallentamista varten sille tarkoitetun ohjelmiston. Ohjelmiston avulla käyttäjä voi määrittää, minkä alueen tasosta skanneri lukee, kuinka tarkasti kuva luetaan ja kuinka luettua dataa käsitellään. Dataa voidaan käsitellä manuaalisesti esimerkiksi säätämällä skannerin automaattivalotuksen tasoa tai gamma-arvoa tai voidaan muokata kuvan värejä jo ennen tallennusta. Ohjelman avulla skannerin lukema kuva voidaan myös jättää korjailematta värien osalta tai lisätä kuvaan skannerin oma toistoprofiili. Epson V550 -tasoskannerin mukana tulee EpsonScan-ohjelmisto, jonka ominaisuuksiin jatkossa enimmäkseen perehdytään. Epsonin ohjelmistossa on paljon puutteita kuvan säätämisen ja värinhallinnan osalta. Vaihtoehtoisia ohjelmistoja, joissa esimerkiksi skannerin suora profiloiminen IT8-testikartan avulla on mahdollista, ovat muun muassa VueScan ja SilverFast. Niistä jälkimmäisessä on mahdollista profiloida skanneri puoliautomaattisesti: ohjelma tunnistaa skannerin tasolle asetetun testikartan automaattisesti ja vertailee skannerin tuottamia arvoja referenssitiedostoon. Käyttäjän tehtäväksi jää vain profiilin tallennus. EpsonScania käytettäessä skannerille voidaan erikseen luoda profiili muulla ohjelmalla, jota EpsonScan voi hyödyntää skannaessa. Negatiiveille tosin on mahdotonta luoda täsmällisiä profiileja, sillä filmeille ei haluta tuottaa niiden varsinaisia värejä vaan niiden vastavärit. Eri filmityypeille on silti eri ohjelmistoissa luotu melko tarkkoja näennäisprofiileja. (1, s. 23, 26; 9; 10.)

Resurssien vuoksi yritys käyttää vielä EpsonScan-ohjelmistoa. Epson V550 tuottaisi SilverFast-ohjelmistolla väreiltään tarkkaa ja laadukasta jälkeä, mutta ohjelmiston versio, joka sisältää täydet profilointimahdollisuudet, maksaa noin 300 euroa ja testikartan voi tilata samalla halvimmillaan noin 50 euron lisähintaan. Skannerin hintaan nähden investointi SilverFast-ohjelmistoon ei ainakaan tällä hetkellä ole yrityksen aikeena. Myös VueScan tarjoaa skannerin profilointia ja profiilin hyödyntämistä suoraan ohjelmassa. Ohjelmisto on myös SilverFastiin verrattuna hyvin edullinen, hinta on noin 70 euroa. (9; 10; 11.) Taulukossa 1 on esitetty tärkeimpiä hyviä ja huonoja puolia kolmessa eri ohjelmistossa.

Taulukko 1. Skannausohjelmistojen vertailua.

EpsonScan	VueScan	SilverFast Ai
Aloittelijakin voi käyttää tehokkaasti	Profilointi ohjelmassa	Yksinkertainen, toimiva ja monipuolinen värinhallinta ja profilointi
Tarvittavat ominaisuudet	Profiilit filmeille	Profiilit filmeille
Histogrammin ja värien säätö	Monipuoliset ominaisuudet	Monipuoliset ominaisuudet
Ilmainen	Hinta	Automaattinen kuvan reunan tunnistus ja kierto
Profiloinnin puute	Monimutkaisempi	Pölynpoisto (SDRx) säädeltävissä
Pölynpoisto (ICE) päällä/pois		Hinta
		Jokaista skanneria varten oma lisenssi
		Vaikeampi käyttää hallitusti

EpsonScanin yksinkertainen käyttöliittymä, skannaamiseen tarvittavat ominaisuudet ja histogrammin säätö tekevät siitä hyvän työkalun skannaamista varten. Näistä ominaisuuksista huolimatta EpsonScan ei ole kolmesta vaihtoehdosta parhaiten soveltuva täsmälliseen työskentelyyn. VueScan- ja SilverFast-ohjelmistoissa on skannerin profiloimiseen tarvittavat työkalut ja myös valmiita profiileja erilaisille filmeille ja niiden herkkyysarvoille. Profiloimisen ansiosta skanneri tuottaa laadukasta ja täsmällistä jälkeä ilman käyttäjän tekemiä aikaa vieviä värisäätöjä. SilverFastin ominaisuuksiin kuuluvat myös

kuvan reunojen automaattinen tunnistus, rajausta ja kalliusta, jolloin kuvat voivat olla hieman vinossa skannerin tasolla. Epsonin ohjelmassa paperikuvat voidaan rajata melko helposti ja nopeasti, mutta vinoa kuvaa ei voida kallistaa, jolloin kuva joudutaan joko uudelleen kohdistamaan tasolle tai tekemään lopullinen rajausta kuvankäsittelyohjelmassa. Monipuolisempien ominaisuuksien ja monimutkaisemman käyttöliittymän takia VueScan- ja SilverFast-ohjelmistot ovat aloittelijalle vaikeampia käyttää. Työntekijöitä joudutaan täten kouluttamaan tai opastamaan ohjelmien käyttöä oikein, ja varsinkin SilverFast kaikkine ominaisuuksineen on varsin kallis. SilverFastin pystyy lisensoimaan vain yhdelle skannerille, jolloin esimerkiksi uuden skannerin hankinta johtaa uuden lisenssin ostamiseen. (9; 10.)

4.2 Kohteen vaikutus skannaustapaan

Filmit ovat läpinäkyviä, joten niiden skannaamiseen tarvitaan taustavalo eli valo läpäisemään kuva skannerin sensoreille. Epson V550 -tasoskannerin kanssa on taustavalo, joten erilaisten läpinäkyvien formaattien skannaaminen onnistuu. Filmien skannaamiseen tasoskannerilla käytetään kuvan 6 mukaisia pidikkeitä. Pidikkeitä on erikokoisia eri filmeille. Ne pitävät filmin paikoillaan ja kohdistavat filmin taustavalon kohdalle. Epsonin filmipidikkeissä ei ole filmiä litistävää lasitasoa, mutta skannerille on mahdollista tilata kolmannen osapuolen lasitasollinen pidike säädettävällä korkeudella skannerin parhaan tarkkuuden tavoittamiseksi. Filmit asetetaan pidikkeille emulsiopuoli ylöspäin eli kiiltävä kuvapinta lasitasoa kohti. Epsonin skannerilla voidaan skannata kerralla kaksi 35 mm:n kinofilmiluiskaa eli yhteensä 12 kuvaa, 4 kehystettyä diakuvaa tai enintään 22 cm:n pituinen liuska 6 cm:n korkuista keskikoon rullafilmiä. Määrät ovat suuria skannausmääriä varten suhteellisen pieniä, jolloin optimoinnin tärkeys korostuu. (4, s. 17–26; 12.)



Kuva 6. Epson V550 -tasoskannerin kinofilmi- ja diapidike.

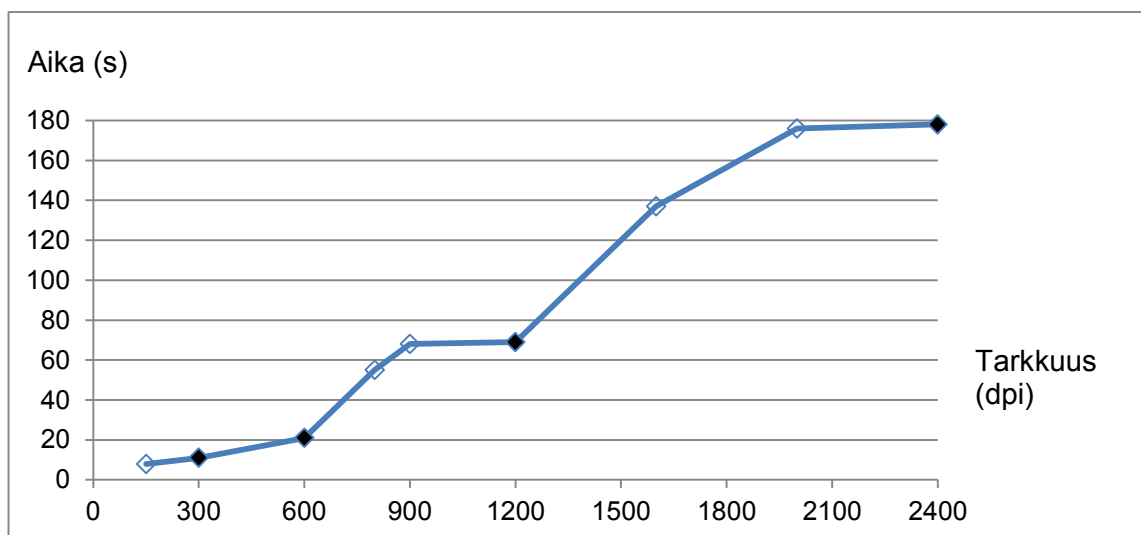
Heijastavat formaatit eli paperille tulostetut tai valotetut valokuvat skannataan ilman pikkkeitä kuvapinta myös lasitasoa vasten. Skannerin asiakirjan enimmäiskooksi on ilmoitettu 216 x 297 mm eli hieman yli A4. Perinteisiä 10 x 15 cm:n kokoisia kuvia siihen mahtuu siis vain kolme kerrallaan. (4, s. 110.)

4.3 Tarkkuus ja nopeus

Käytetty skannaustarkkuus vaikuttaa skannauksen nopeuteen ja syntyvän kuvatiedoston kokoon sekä sen käytettävyyteen. Paperikuvat voidaan skannata paljon pienemmällä tarkkuudella kuin filmit, sillä ne sisältävät kokoonsa nähden vähemmän informaatiota, ja tarkkuutta kasvattamalla vastaan tulee lopulta raja, jossa tiedostokoko kasvaa kuvan terävyyden pysyessä samana. Optimaalinen skannaustarkkuus riippuu myös vedostustekniikasta: vanha postikortti voi olla painettu alle 300 ppi:n resoluutiolla, jolloin yli 300 dpi:n skannaustarkkuus ei välttämättä lisää terävyyttä. Painettuja kuvia korkeilla tarkkuuksilla skannattaessa tulevat myös kuvan rasteripisteet näkyviin. Nyquistin teoreeman mukaan signaalista tulee ottaa näytteitä yli kaksinkertaisella taajuudella alkuperäiseen nähden,

jolloin näytteistä voidaan muodostaa alkuperäistä vastaava signaali. Paperikuvien skannaukseen tätä voi soveltaa skannaamalla 300 ppi:n tarkkuudella tulostettu kuva 600 dpi:n tarkkuudella. (1, s. 17; 13, s. 22–23; 14.)

10 x 15 cm:n kokoisen värikuvan skannaamista 24-bittiseksi JPEG-kuvaksi testattiin eri tarkkuuksilla, ja selvitettiin ajallisesti ja laadullisesti järkevin paperikuvan skannaustarkkuus. Kuvaajasta 1 näkee, kuinka skannaukseen käytetty aika kasvaa tarkkuutta nostettaessa. Skannausaika ei ole lainkaan suoraan verrannollinen tarkkuuden suhteen. 300 dpi:n tarkkuudella 10 x 15 cm:n kokoisen kuvan skannaukseen käytetty aika on noin 11 sekuntia, ja 600 dpi:n tarkkuudella aika kaksinkertaistuu. Nostamalla vain kolmannes tarkkuutta 600:sta 800:aan skannaukseen käytetty aika moninkertaistui, ja 900:sta 1200:aan nostamalla eroa tuli vain sekunti, jolloin 900 dpi:in käyttäminen on yrityksen töissä turhaa.



Kuvio 1. 10 x 15 cm:n kokoisen paperikuvan skannaamiseen käytetty aika eri tarkkuuksilla.

Testin perusteella tällä skannerilla paperikuvien skannauksessa hyödyllisimmät tarkkuudet ovat 300, 600 ja 1200 dpi. Yli 1200 dpi:n tarkkuuksilla ei saavuteta laadukkaissakaan tulosteissa lisää terävyyttä tai yksityiskohtia, ja skannausaikakin kasvaa lähes kolminkertaiseksi 1200:sta 2400:aan nostettaessa. Siitä huolimatta suuremman tarkkuuden käyttäminen lisää pikseleiden määrää, mikä tarkoittaa parempaa kuvanlaatua hyvin suurissa kuvasuurenoksissa: 2400 dpi:n tarkkuus on käytännöllinen, mikäli 10 x 15 cm:n kokoisesta paperikuvasta aiotaan tehdä yli 40 x 60 cm:n kokoinen juliste.

Kuvassa 7 vasemmalla on osa 300 dpi:n tarkkuudella skannatusta 10 x 15 cm:n kokoisesta kuvasta, joka on interpoloitu 60 x 90 cm:n kokoiseksi eli kuvaan on lisätty pikseleitä ympäröivine pikseleiden arvojen mukaisesti. Oikealla on sama kuva 1 200 dpi:n tarkkuudella skannattuna ja suurennettuna. Vasemmanpuoleisen kuvan vähäisen pikselimäärän vuoksi suurennoksen laatu heikkenee etenkin kuvan tasaisissa tummissa alueissa, jonne muodostuu suuria värilaikkuja. Kuvan suurentaminen lisää siis myös värikohinaa. Täten suurienkin tarkkuuksien käyttäminen pikselimäärän vuoksi suurennoksia varten on suositeltavaa. (13, s. 20–21.)



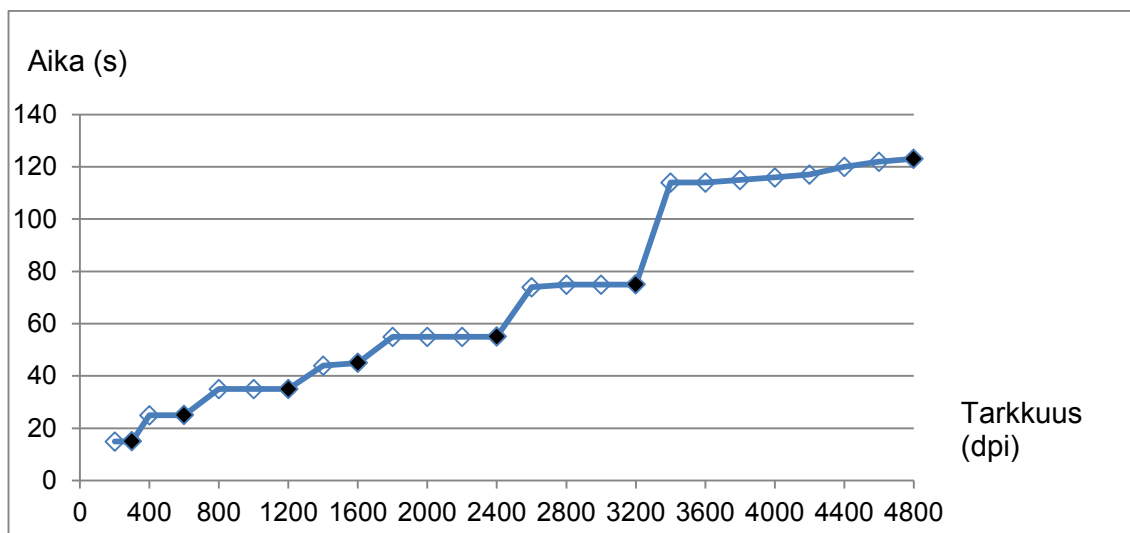
Kuva 7. Interpoloinnin vaikutus erikokoisissa kuvissa.

Paperille tulostettuihin tai valotettuihin kuviin verrattuna filmikuvat ovat hyvin eri asia: kinofilmien kuvakoko on 36 x 24 mm, jolloin edes 600 dpi:n tarkkuudella skannattu negatiivikuva olisi vain 850 x 566 pikselin kokoinen. Näin pieniresoluutioisena painettu kuva on vain noin 7,5 x 5 cm:n kokoinen. Paperikuvalla toteutetun testin tulokset eivät ole siis päteviä filmeille.

Toteutettiin uudelleen pieni testi, jonka tarkoituksena oli selvittää optimaalinen suhde skannauksen keston ja sen tarkkuuden välille, jolla kinofilmistä saadaan kuvakirjoihin pikselimäärältään sopiva kuva. Yritykseltä tilattujen kuvakirjojen yleisin koko on A4. Yhden A4-kokoisen sivun täyttäminen yhdellä kuvalla vaatii kovalta noin 8,5 megapikseliä. Vaikka asiakas harvoin käyttää yhtä sivua yhtä kuvaa varten, käytetään sivukokoa skan-

nauksen tavoitteena, jotta riittävä pikselikoko saavutetaan ja kuva voidaan helposti pienentää. Testissä käytettiin kolmea kinofilmikuvaa, joiden skannaamiseen käytetystä ajasta laskettiin keskiarvo.

Kuvaajasta 2 selviää, kuinka skannaustarkkuuden nostaminen korostaa skannaamiseen käytettävää aikaa jyrkemmin korkeilla tarkkuuksilla. Kinofilmin skannaaminen 2400 dpi:n tarkkuudella tuottaa noin 8 megapikselin kuvan, ja sen skannaaminen kestää keskimäärin noin 55 sekuntia. 2400:sta 2 600:aan dpi:n tarkkuuteen nostaminen taas kasvattaa skannaamiseen käytettävää aikaa 20 sekuntia eli noin 37 %, ja 3200 dpi:n tarkkuudella skannaaminen vie yhtä paljon aikaa kuin 2600 dpi:n tarkkuudella skannaaminen. Mikäli siis on tarvetta käyttää hieman 2400 dpi:ä suurempaa tarkkuutta, kannattaa suoraan kohottaa tarkkuus 3200:aan. Tämä johtuu skannerin teknisistä ominaisuuksista. Kuvaajaan on merkitty mustilla pisteillä myös muut käytännölliset tarkkuudet, joita ovat 300, 600, 1200, 2400, 3200 ja 4800 dpi. Nämä tarkkuudet ovat suoraan valittavissa EpsonScan-ohjelmiston alasetoalistasta. Skanneri pystyy laskemaan näille tarkkuuksille tarkat skannauspään askeleet, kun väliin jääville tarkkuuksille käytetään seuraavaksi suuremman tarkkuuden askelia, mutta interpoloidaan pikseleitä välistä halutun tarkkuuden aikaansaamiseksi. (15.)



Kuvio 2. Kinofilmin skannaamiseen käytetty aika eri tarkkuuksilla.

Skannerin optista 6400 dpi:n tarkkuutta ei käytännössä tarvita, sillä se ylittää reilusti kinofilmistä saadun informaation ja tuottaa hyvin suuren kuvakoon. Optisella enimmäistarkkuudella skannattu kinofilmikuva tuottaa noin 55-megapikselisen kuvan. Laaduk-

kaalle filmille laadukkaalla optiikalla valotetun kinofilmikuvan teoreettinen enimmäistarkkuus on noin 20 megapikseliä, mutta käytännössä se jää noin 4–16 megapikseliin. Tämän lisäksi kuvien käyttötarkoitus, eli kuvakirjat ja julisteet, huomioiden skannerin maksimitarkkuutta ei käytetä kino- tai diafilmien skannauksessa. A3-kokoinen tuloste 300 ppi:n tarkkuudella tulostettuna vaatii kuvatiedoston tarkkuudeksi noin 17 megapikseliä, joka saadaan skannaamalla kinofilmi 3600 dpi:n tarkkuudella. Tällä tarkkuudella skannaus kestää noin 115 sekuntia, ja 4800 dpi lisää aikaa alle 10 sekuntia, mikä tekee siitä hieman käytännöllisemmän julistekäyttöön sen kasvattamasta kuvakoosta huolimatta. (16.)

Rullafilmi eroaa kinofilmistä vain kooltaan, materiaali ja toimintaperiaate ovat samoja. 6 cm:n korkuisen rullafilmin yksi kuva on kuvasuhteesta riippuen pinta-alaltaan noin 3–5,5 kertaa suurempi kuin kinofilmin. Tällöin samalla tarkkuudella skannattaessa siihen käytettävä aika kasvaa huomattavasti tallennettavan kuvan kuvakoon ohella. Rullafilmit voidaan skannata 1200–1600 dpi:n tarkkuudella, joka tuottaa vastaavan digitaalisen kuvakoon kuin kinofilmi 2400 dpi:n tarkkuudella.

4.4 Tallennusformaatti ja värisyvyys

Skannattujen kuvien yleisimmät tallennusformaatit ovat TIFF ja JPEG. TIFF-tiedosto voidaan tallentaa häviöttömästi, jolloin sen uudelleen muokkaaminen ei vaikuta kuvanlaatuun, mutta se vie usein moninkertaisesti enemmän tilaa kuin JPEG. JPEG on häviöllinen kuvatiedostomuoto, joka menettää kuvatietoa jokaisen uudelleen tallentamisen yhteydessä, mutta myös suurilla tarkkuuksilla skannatut kuvat voivat olla hyvinkin vähän tilaa vieviä. (1, s. 21; 13, s. 27–28; 17.)

Digitaalinen kuva muodostuu kolmen osaväriin – punaisen, vihreän ja sinisen – yhdistelmästä. JPEG-kuvassa jokaisella osavärillä on enintään 8 bitin värisyvyys eli esimerkiksi sinisen värin pikselit voivat saada arvoja väliltä 0–255 riippuen värin tiheydestä kuvan kyseisellä alueella. Arvo 0 vastaa osaväriin tummintaa arvoa ja 255 kirkkainta ja kylläisintä. Näin kolmen osaväriin JPEG-kuvan kokonaisvärisyvyys on 24 bittiä, ja erilaisia mahdollisia värejä kuvassa voi esiintyä noin 16,8 miljoonaa. TIFF-kuva tukee 48-bittisiä värejä, jossa jokaisen osaväriin värisyvyys on 16 bittiä eli ne saavat arvoja väliltä 0–65 535, jolloin kuvassa voi olla jopa 281 miljoonaa erilaista sävyä. Suuren värisävjen määrän vuoksi

TIFF-kuva on paremmin muokkailtavissa, eivätkä esimerkiksi tasaisesti vaihtuvat värialueet posterisoidu yhtä helposti kuin JPEG-kuvissa. (13, s. 25–26; 17; 18.)

Posterisaatio ilmenee kuvan 8 taivaassa epätasaisena väriliukuna ja raitauminena. Posterisaatiovaikutus syntyy, kun kuvan värisävyt eivät kata kaikkia tasaisesti vaihtuvan liukuvan värialueen sävyjä ja ihmissilmä kykenee erottamaan näiden ongelmallisten värisävyjen eron. (19; 20.)



Kuva 8. Posterisaatiovaikutus kuvan taivaassa.

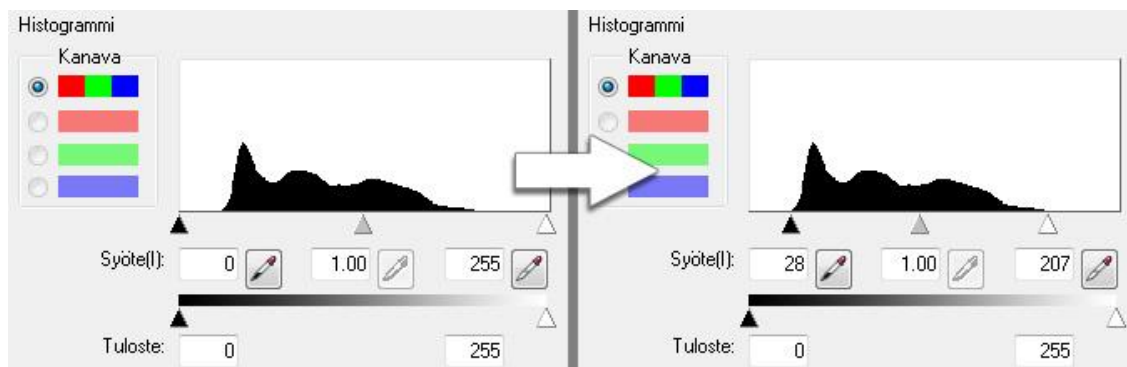
Ongelmana 48-bittisen kuvan käyttämisessä on yleisimpien näyttöjen 24-bittinen eli osaväriä kohden 8-bittinen värintoisto. Vaikka kuva olisikin 48-bittinen, näemme sen vain 24-bittisenä useimmilta näytöiltä katseltaessa. Siitä huolimatta kuvatiedosto sisältää myös näennäisesti puuttuvat värisävyt. On myös olemassa 30-bittisiä (10 bittiä kanavaa kohden) näyttöjä kuvankäsittelyyn ja ammattikäyttöön, mutta ne vaativat 30-bittisen tuen myös näytönohjaimelta. (20.)

Skannerin havaitsemien sävyjen vuoksi on suotavaa käyttää harmaasävykuvissa 16-bittistä ja värikuvissa 48-bittistä syvyyttä, varsinkin jos kuva käy läpi useita työvaiheita vielä skannaamisen jälkeen.

4.5 Kuvakorjailut

Lähtökohtaisesti pyritään tuottamaan alkuperäistä vastaava, joissakin tapauksissa mahdollisesti hieman kirkkaampi, väreiltään syvempi ja kontrastikaampi kuva. Tällöin EpsonScanin automaattiset kuvakorjailut eivät tuota haluttua tulosta eikä jatkuvaa automaattivalotusta kannata käyttää. Kuvan sävyjen korjailuun ohjelmassa on mahdollista säätää kuvan histogrammia, minkä vaikutukset näkyvät reaaliajassa kuvan esikatseluikkunassa. Histogrammi esittää kuvan sävyjakauman. Näkemättä kuvaa histogrammista selviää, kuinka paljon kuvassa on tummia alueita ja vaaleita alueita ja onko esimerkiksi tumma pää tukossa.

8-bittinen harmaasävykuva sisältää 256 sävyarvoa mustasta valkoiseen ja 24-bittinen värikuva 256 sävyarvoa jokaista väriä kohden. Yleisesti pyritään luomaan kuvalle mahdollisimman laaja sävyskaala, eli teknisesti laadukkaan kuvan vaalein kohta olisi täysin valkoinen ja tummin kohta täysin musta, jolloin kuvan sävyarvot ulottuvat 0:sta 255:een. Kuvassa 9 vasemmalla on ilman sävykorjailuja esiskannatun harmaasävykuvan histogrammi ja oikealla histogrammi, jonka musta ja valkoinen piste on asetettu. Alkuperäisen syötteen alkupään arvo on 0 ja loppupään arvo 255, mutta kuvan tummat ja vaaleat alueet eivät osu näihin ääripäihin. Kuvan tummin arvo on noin 28 ja vaalein arvo noin 207. Täten kuvassa ei ole lainkaan tummia arvoja väliltä 0–28 tai vaaleita arvoja väliltä 207–255, ja kuva on hieman lattea. Siirtämällä syötteen musta piste sävyjakauman alkupäähän ja valkoinen piste jakauman loppupäähän kuvan latteus häviää ja kontrasti kasvaa. Värikuville tämän saman voi tehdä jokaiselle osavärille erikseen, ja se onkin suotavaa tarkkojen väriarvojen vuoksi. Tärkeää histogrammin valkoisen ja mustan pisteen siirrossa on huomioida, ettei kumpikaan leikkaa jakaumaa, jolloin menetetään ulkopuolelle jäävät sävyt ja kuvasta tulee tumma ja tukkoinen tai ylivalottunut.



Kuva 9. EpsonScanin histogrammin säätö.

Mikäli kuvan keskisävyt ovat vielä liian tummia tai vaaleita mustan ja valkoisen pisteen asettamisen jälkeen, voidaan keskisävyjä korjata niin sanotulla gammakorjauksella. Gammakorjauksessa harmaata pistettä siirretään vasemmalle vaalennettaessa keskisävyjä ja oikealle tummennettaessa keskisävyjä. Lineaarisen kuvan harmaapiste tosin on usein 1,0, mutta sopivat arvot kuvasta ja käytetystä painotekniikasta riippuen ovat usein välillä 0,85–1,80. (13, s. 53, 55–59; 21, 22, 23.)

Vaikeuksia aiheutuu asiakkaan filmin skannaajalle asiakkaan ja skannaajan taiteellisten näkökulmien eron vuoksi. Kuva saattaa olla tarkoituksellisesti alivalotettu, jonka harmaan pisteen skannaaja saattaa asettaa histogrammissa liikaa vasemmalle ja tehdä kuvasta niin sanotusti oikein valotetun. Heikossa valaistuksessa kuvatusta kuvasta saattaa myös todellisuudessa puuttua täysin mustat ja täysin valkoiset arvot valotuksesta riippuen.

4.5.1 Epäterävä maski ja kohinanpoisto

Photoshopistakin tuttujen dodge- ja burn-työkalujen tapaan myös unsharp mask eli epäterävä maski on lähtöisin vanhanaikaisesta pimiöstä. Nimestään huolimatta epäterävä maski terävöittää kuvaa, mutta se tekee sen epäterävän, sumean maskin avulla. Digitaalisesti epäterävä maski toteutetaan kopioimalla alkuperäinen kuva ja sumentamalla sitä hieman. Tämä sumennettu kuva vähennetään alkuperäisestä, jotta saadaan kuvan reunat näkyviin. Epäterävä maski siis käyttää ylipäästösuodatinta hyväkseen. Näiden reunojen kontrastia valikoivasti kasvatetaan eli tummennetaan tummia arvoja ja vaalennetaan vaaleita arvoja, jolloin niiden välinen reuna saadaan näyttämään terävämmältä. (24; 25; 26; 27, s. 85.)

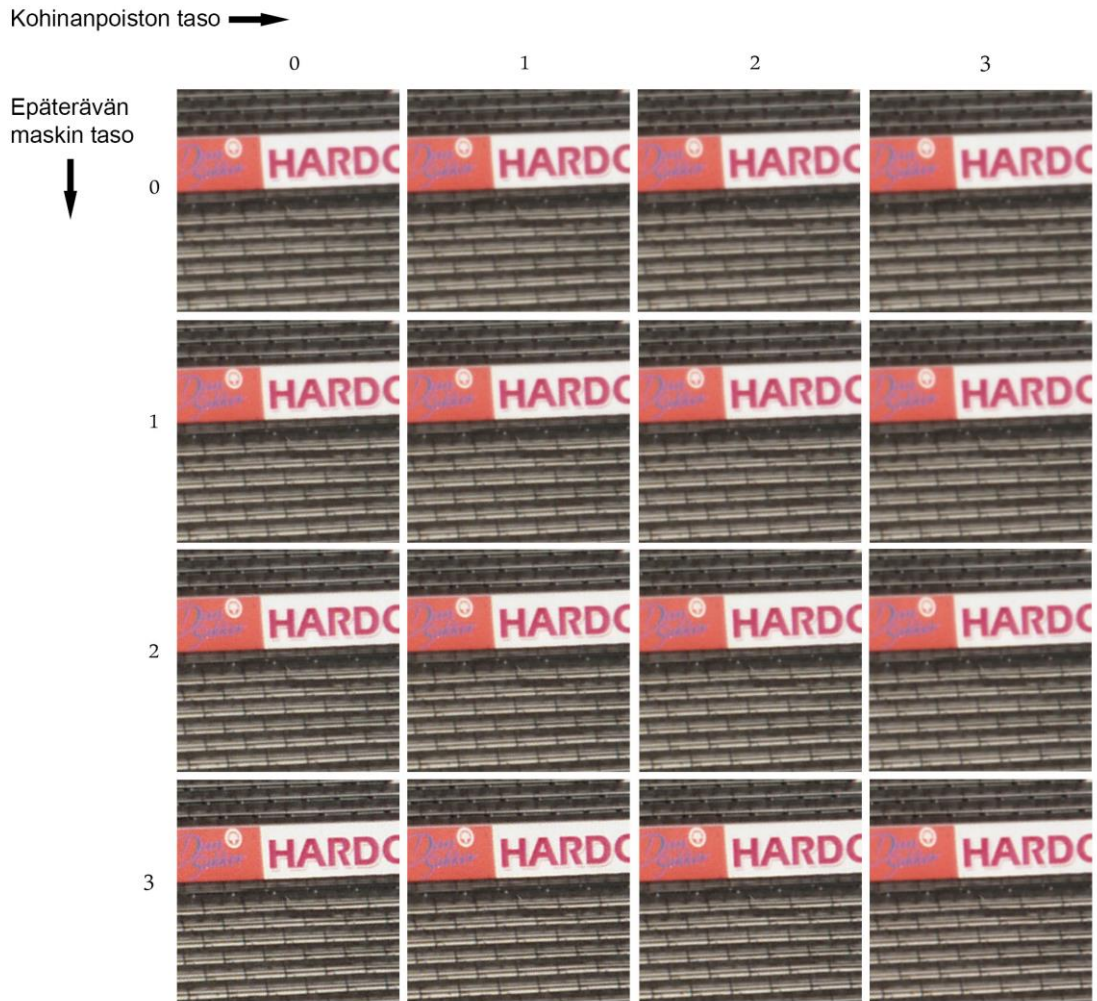
Epäterävän maskin ansiosta kirjaimet USM ponnahtavat paremmin esille kuvasta 10, mutta yliterävöinti on aiheuttanut vaaleaa hohtoa kirjainten reunoille (28).



Kuva 10. Epäterävä maski kuvan USM-kirjaimissa.

Kohina on signaalin vastaanoton virhe. Digitaalisissa kuvissa kohina esiintyy vääränlaisia pikseleinä, esimerkiksi tummina pikseleinä vaaleilla alueilla tai vaaleina pikseleinä tummilla alueilla. Kohinaa on olemassa erilaista sen syntyperästä riippuen. Kohinaa voi syntyä esimerkiksi kuvakennon lämmitessä, liian vähäisestä fotonien määrästä pikseliä kohti tai kennon epätarkkuudesta. Skannatessa kohinaa syntyy skannerin A/D-muuntimessa eli analogisesta signaalista digitaaliseen muotoon käännettäessä. Digitaaliselle kuvalle on olemassa useita vaihtoehtoja kohinanpoistoon, kuten kuvasignaalin mediaaniin tai keskiarvoon perustuvia. Yhteisenä tavoitteena on silti kuvan kohinan vähentäminen terävyyden pysyessä mahdollisimman koskemattomana. (29, s. 175.)

Terävöinti kasvattaa vierekkäisten pikselien välistä kontrastia, jolloin se myös korostaa kohinaa kuvassa. Epsonin ohjelman yksinkertaisten terävöinti- ja kohinanpoistoasetusten takia kuviin jouduttiinkin hakemaan hyvää suhdetta näiden välille. Skanneriohjelmiston kohinanpoiston ja epäterävän maskin yhteisvaikutusta testattiin muutamilla testikuvilla. Kuvat skannattiin värinegatiivista jatkossa käytettävällä 2400 dpi:n tarkkuudella. Testiskannauksiin kuluva aika mitattiin ja havaittiin, ettei kohinanpoiston tai epäterävän maskin käytöllä ole juurikaan vaikutusta skannauksen keston. Testiskannausten kestot vaihtelivat 53 sekunnista 57 sekuntiin, ja keskiarvo oli 55,4 sekuntia. Näin voitiin valita kohinanpoiston ja terävöinnin miellyttävän yhteisvaikutus ajattelematta niiden tuomia viiveitä skannaukseen. Kuvista luotiin havainnollisuuden vuoksi pienet 100 %:n suurennokset käytetyt kohinanpoisto- ja terävöintitasot vierekkäin ja allekain (kuva 11).



Kuva 11. Kohinanpoiston ja epäterävän maskin yhteisvaikutus asteittain.

Epsonin ohjelmallinen kohinanpoisto alkaa viedä yksityiskohtia selkeästi jo keskitasolla (2). Terävöinti tällä tarkkuudella tuo esiin lisää yksityiskohtia matalalla (1) tasolla, mutta luo jo liikaa kohinaa keskitasolla (2). Korkealla tasolla epäterävä maski luo jo niin paljon kohinaa, että se vaikeuttaa pienempien tekstien lukemista. Kuvien perusteella valittiin käytettäväksi matalaa tasoa sekä kohinalle että terävöinnille. Matalalla tasolla kohinanpoisto toimii hieman pehmentäen tasaisia pintoja poistamatta yksityiskohtia ja terävöinti hieman korostaa näitä yksityiskohtia entisestään.

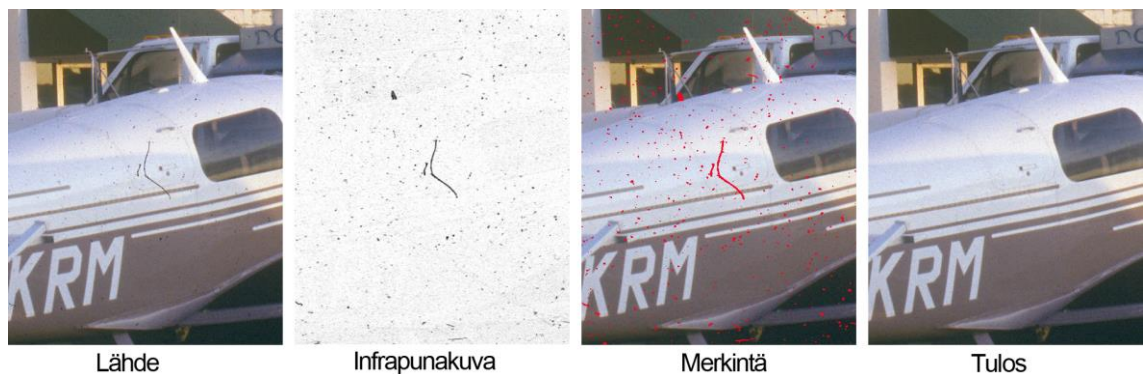
4.5.2 Pölynpoisto skannatessa

Huoneilma on täynnä pieniä, huomaamattomia pölyhiukkasia, jotka tarttuvat helposti filmin pintaan pieninkin staattisuuden avulla. Filmit tulisi säilyttää viileässä, suojassa pölyltä, valolta ja ilmavirralla. Vaikka filmit eivät enää reagoi valoon, valo heikentää filmin

värintoistoa ja ilmavirtauksien mukana kulkee filmin pintaa vahingoittavia epäpuhtauksia. (2, s. 4–5.)

Skannattaessa filmejä on suositeltavaa käyttää puuvillakäsineitä ja puhdistaa filmin pinta enimmästään pölyistä. Mikrokuituliinalla negatiivin hankaaminen saattaa aiheuttaa naarmuja. Liinaa parempi puhdistusväline on ilmapuhallin tai pehmeä harja. Filmin pinnalle jääneet pölyt ja naarmut voidaan poistaa myös skannattaessa erilaisilla pölynpoistotoiminnoilla tai kuvankäsittelyohjelmassa skannauksen jälkeen. (1, s. 22.)

Kuvassa 12 on havainnollistettuna infrapunatekniikka, jota Digital ICE- ja LaserSoft Imaging iSRD -tekniikat käyttävät. Infrapunavaloon perustuvat tekniikat toimivat vain skannereissa, joissa skannerin valo kykenee toistamaan aallonpituuksia valon infrapuna-alueelta. Skanneri läpäisee kuvan kahdesti: kerran normaalisti tallentaen värikuva ja kerran tallentaen vain infrapuna-alueen vastaavan kuvan. Infrapunasäteily läpäisee tavallisen värifilmin todella hyvin, jolloin syntyvä kuva on lähes täysin valkoinen. Filmin pinnalla sijaitsevat pölypisteet absorboivat infrapunavaloa, eli infrapunavalo ei läpäise pölyä, jolloin skannerin näkemään kuvaan syntyy mustia pisteitä pölyn kohdalle. Nämä pölypisteet voidaan helposti huomioida infrapunavalon synnyttämästä mustavalkoisesta kuvasta ja kompensoida skannattuun värikuvaan kehittyneillä algoritmeilla. (30; 31; 32.)



Kuva 12. LaserSoft Imaging iSRD-tekniikka pölyn- ja naarmujenpoistoon (29).

Infrapunatekniikkaa soveltava pölynpoisto ei toimi kaikilla mustavalkofilmeillä, sillä osassa mustavalkofilmejä käytetään hopeaa, joka pölyn tavoin absorboi infrapunavaloa. Hopeaa sisältävä mustavalkofilmä skannattuna Digital ICE -pölynpoistotekniikkaa käyttäen tuottaa kuvaan paljon virheitä liiallisen ”pölyn” ja kuvakorjailun takia. (33.)

Epson V550 -tasoskannerissa on mahdollista käyttää Digital ICE -teknologiaa, joka hyvin tarkasti poistaa pölyä ja korjaa naarmuja värifilmeistä ja valokuvista. Skannerilla Digital ICE -teknologian käyttö tosin lisää merkittävästi skannaamiseen käytettävää aikaa. Lyhyessä testissä Digital ICE -teknologian käyttö pidensi skannaamiseen käytettävän ajan yli kolminkertaiseksi. Testi suoritettiin skannaamalla yksi kinofilmikuva 1200 dpi:n tarkkuudella.

Epson V550 -skannerissa on myös infrapunavaloon perustuvalla laitteistopohjaiselle pölynpoistolle ohjelmallinen vaihtoehto. Ohjelmallinen pölynpoisto on huomattavasti nopeampi kuin Digital ICE -teknologia, mutta ei toimi yhtä tarkasti edes korkeimmalla asetuksella. Epsonin ohjelmallinen pölynpoisto lisää skannaamiseen kuluvaan aikaa vain noin 15 %. Kuvassa 13 vasemmanpuoleisimmassa kuvassa ei ole käytetty pölynpoistoa, keskimmaisessa on käytetty ohjelmallista pölynpoistoa korkeimmalla asetuksella ja oikealla on Digital ICE -teknologian tuottama kuva. Ohjelmallinen pölynpoisto poistaa tehokkaasti pölypisteitä jo matalalla tasolla, mutta korkeimmallakin tasolla sivuuttaa helposti pitkulaiset pölyt ja karvat, jotka infrapunatekniikkaa käyttävä pölynpoisto korjaa lähes varmasti.



Kuva 13. Erilaisten pölynpoistotekniikoiden vaikutus kuvaan.

Ohjelmallinen pölynpoisto hävittää myös pieniä yksityiskohtia, kuten kiviä tai joidenkin tekstiilien kuviota kuvasta. Myös hyvin paljon kohinaa sisältävissä kuvissa ohjelmallinen pölynpoisto erehtyy luulemaan runsasta kohinaa pölyksi ja poistaa näin yksityiskohtia kuvasta. Ohjelmallisen pölynpoiston suurin ongelma tulee esiin kuvissa, joissa on hen-

kilöiden kasvoja. Pölynpoisto tuhoaa kasvojen, erityisesti silmien ja huulien reuna-alueita. Digital ICE -teknologia ei ole täydellinen, ja parhaaseen lopputulokseen päästään oikealla filmin säilytyksellä ja hyvällä puhdistuksella. (1, s. 22.)

4.5.3 Rasterinpoisto

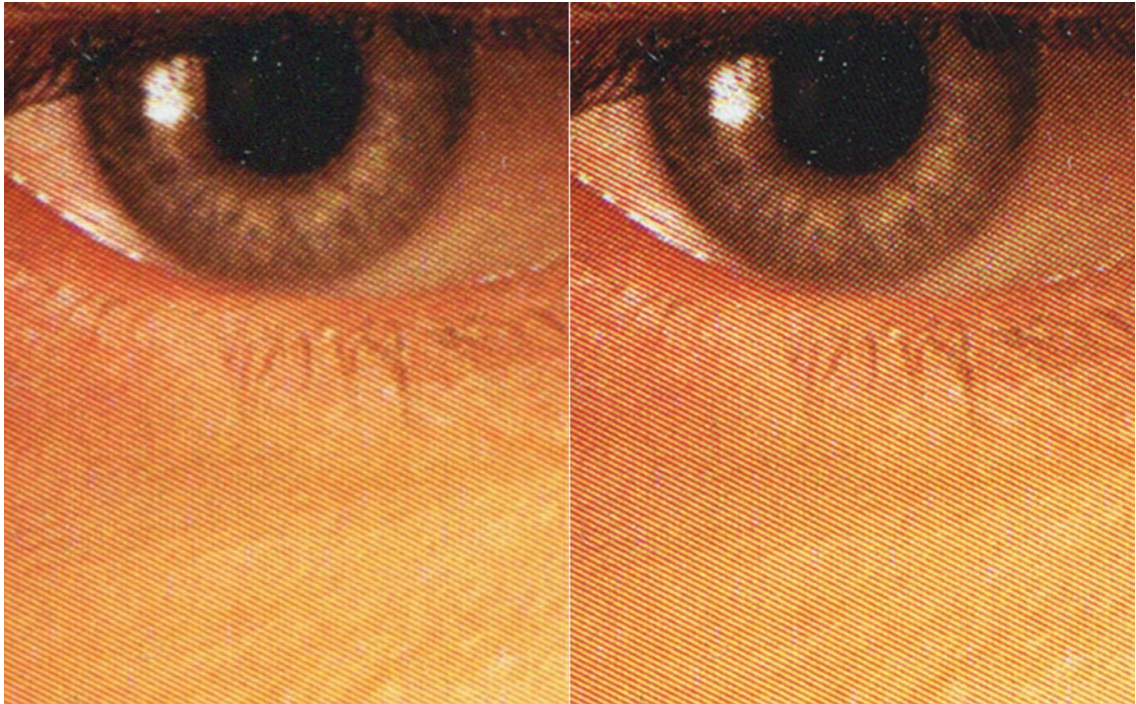
Rasteripisteet ovat painetun kuvan ominaisuus. Painotekniikassa värikuva yleensä syntyy neljän osaväriin – syaanin, magentan, keltaisen ja mustan – yhdistelmästä. Painoteknisistä syistä osavärit erotellaan, rasteroidaan ja painetaan erikseen. Osavärien rasteripisteiden yhdistelmä määrittää, millaisena kuva näkyy ihmissilmälle, kuten kuvasta 14 huomaa. Siksi valokuvaprosessilla valotettuihin paperikuviin verrattuna painetuissa kuvissa on usein selkeää rasterikuviointia, joka erottuu suurilla tarkkuuksilla skannatessa helposti. (13, s. 22–23.)



Kuva 14. Painetun kuvan rasterikuvio Fotoyks-valokuvakuoressa.

Suurella tarkkuudella skannatussa ja edelleen uudelleen tulostetussa kuvassa rasterikuviointi näkyy alkuperäistä herkemmin. Kuvioinnin selkeys on verrannollinen painoprosessissa käytettyyn linjatiheyteen: mitä harvempi linjatiheys, sitä helpommin havaittava kuviointi. Sanomalehdissä käytetyn 85–100 lpi:n linjatiheyden takia rasterikuvio on paljon selkeämmin havaittavissa kuin arkkii- tai taidepainotuotteissa, joissa linjatiheys on välillä 150–200 lpi. (13, s. 24.)

Kuvassa 15 on vertailtuna 600 dpi:n ja 1200 dpi:n tarkkuuksilla skannatut Canon C6010 -digipainokoneella painetut kuvat. Käytössä on ollut linjapohjainen rasterointi. Vasemmalla 600 dpi:n tarkkuudella skannatun painetun kuvan rasterikuvio jää vielä melko huomattomaksi, kun oikeanpuoleinen 1200 dpi:n tarkkuudella skannattu kuva on tarkempi ja täten rasterikuvioikin selkeämpi. 1200 dpi:n tarkkuudella skanneri siis poimii enemmän yksityiskohtia, myös mahdollisesti haitallisia, ja vaatii tällöin tarvittaessa rasterikuvioinnin poiston.



Kuva 15. Suurennos samasta kuvasta 600 dpi:n ja 1200 dpi:n tarkkuuksilla skannattuna.

Painettaessa kuvan rasterikuvio voi aiheuttaa Moiré-ilmiön. Moiré eli interferenssikuvio syntyy, kun kaksi esimerkiksi raita- tai ruutukuviota asetetaan päällekkäin ja osa kuvioiden kohdista yhdistyy aiheuttaen oman kuvionsa. Moiré-kuvio voi helposti syntyä painettujen tuotteiden skannatuissa uudelleentulostuksissa alkuperäisen rasterikuvion säännöllisyyden vuoksi. Ohjelmallinen rasterikuvion poisto tehokkaasti poistaa rasterikuvion, mutta pehmentää myös kuvaa paljon ja poistaa haluttuja yksityiskohtia. Tällöin epätevän maskin käyttö rasteripisteiden poiston yhteydessä on välttämätöntä. Rasteripisteiden poisto voi perustua esimerkiksi Gaussian blur -suodattimen eli Gaussin funktion eli normaalijakauman ja mediaanisuodattimen sumentamisen yhteisvaikutukseen ja sen jälkeiseen terävöintiin tai Fourier'n muunnokseen. Fourier'n muunnoksen avulla rasterikuvion poiston lisäksi muut toistuvat kuvioinnit, kuten paperin tekstuuri voidaan hävittää

skannatusta kuvasta. SilverFast-ohjelman rasterinpoisto perustuu Fourier'n muunnokseen. Rasterikuviota voidaan myös häivyttää skannaamalla kuva hyvin suurella tarkkuudella, esimerkiksi 2400 dpi, minkä jälkeen kuva pienennetään haluttuun kokoon 300 ppi:n resoluutiolla tulostettavaksi. Pienennettäessä rasterikuvio sumenee ja kuva pehmenee, joten terävöinti on pienentämisen jälkeen suotavaa. Huonona puolena tekniikassa on suurella skannaustarkkuudella kuvan skannaukseen käytetty aika sekä ylimääräinen kuvan pienentäminen kuvankäsittelyohjelmassa. (13, s. 52–53; 33, s. 3; 35.)

4.6 Värimääritykset

Ennen skannausta määritellään skannerin värien hallinta. EpsonScanin määrityksissä on valittavissa jatkuva automaattivalotus, jonka tasoa voi säätää 7 pykälällä ja asettaa gamma-arvoksi joko 1,8 tai 2,2. Automaattivalotuksella skanneri tekee kuviin automaattiset värisäädöt ohjelman tulkinnan mukaan. Varsinkin negatiivia skannatessa kuvan kontrasti on hyvin korkea, tummat sävyt ovat tukossa ja kuvan vaaleat alueet ylivalottuneita. Usein värit ovat myös normaalista poikkeavat. Vaikka eri filmeillä on muun muassa omat kontrasti- ja kylläisyysominaisuutensa, pitäisi värien olla filmeissä melko normaaleja. Nurmikon sävy voi vaihdella paljonkin, mutta liian kellertävän tai sinertävän vihreä nurmikko kiinnittää huomiota. Väärät värit voi huomata erityisesti ihmisen ihon sävystä. (3, s. 21, 26.)

Automaattivalotuksen lisäksi voidaan skannata täysin ilman minkäänlaista värikorjausta. Tätä vaihtoehtoa käytetään vain testikartan skannaukseen ja skannerin profilointiin, jossa tärkeää on saada skannerin näkemä täysi väriskaala ilman värikorjailuja tai väriprofiileja tallennetuksi referenssitiedoston vertailua varten. (3, s. 27–28.)

Skannerin profiloinnin jälkeen täsmällisimpien värien ja syvimmän sävyskaalan aikaansaamiseksi kuvien skannauksessa käytetään EpsonScanin kolmatta vaihtoehtoa: skannerin syöttöprofiiliin eli tässä tapauksessa lähdeprofiilin muuntamista valittuun kohdeprofiiliin eli haluttuun työväritilaan. Automaattisesti värimäärittelemättömän kuvan värit voidaan säätää täsmällisiksi histogrammin käsittelyllä, ja skannattuun kuvaan saadaan liitettyä haluttu väriprofiili kuvaamaan värien arvoja jatkoimenpiteitä varten. Lähdeprofiiliksi valitaan testikartan avulla luotu skannerin profiili. Kohdeprofiiliksi valittavissa on muun muassa näytön oma profiili, sRGB ja AdobeRGB. Suoraan skannerin työpisteeltä tulostettavaksi tarkoitettuihin kuviin on hyödyllisintä käyttää sRGB-väriavaruutta, jolloin

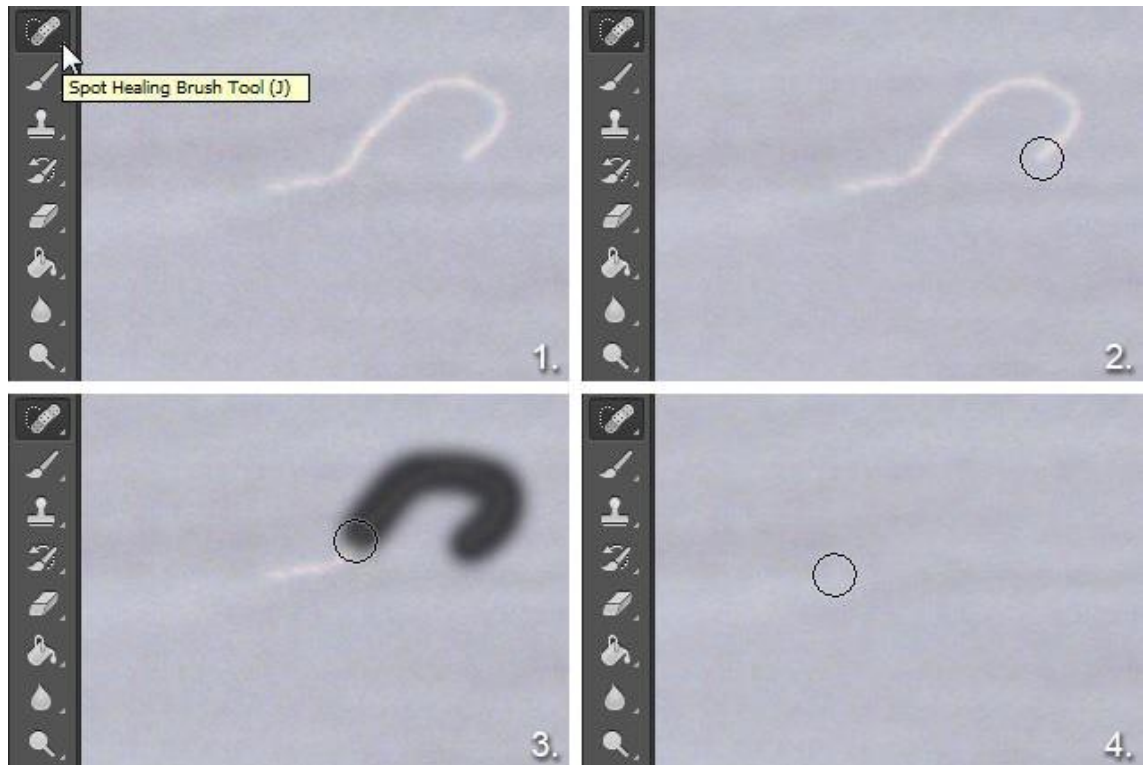
vältytään jälleen ylimääräisiltä värinmuunnoksiin liittyviltä työvaiheilta. 12-värisen suurkuvatulostimen toistaessa sRGB-väriavaruuden ulkopuolisia värejä tulee käyttää AdobeRGB-väriavaruutta.

Kun skannerin, näytön ja vedostimien värinhallinta on kunnossa, alkuperäistä kuvaa voidaan vertailla siitä tehtyyn tulosteeseen ja skannattuun näyttövedokseen. Teoriassa kuvien pitäisi näyttää samanlaisilta, mutta käytännössä niissä voi olla pieniä eroja muun muassa testikarttojen pienten mittausvirheiden, painamiseen käytetyn paperin ja ilman kosteuden vaihtelujen vuoksi. (3, s. 31–32, 44.)

4.7 Kuvankäsittely

Kuvankäsittelyohjelmien työkalut mahdollistavat myös samat säädöt kuin skannerin hallintaohjelmat, mutta yleensä hieman paremmin ja hallitummin vaikkakin myös monimutkaisemmin. Esimerkiksi epäterävän maskin käyttö EpsonScan-ohjelmalla mahdollistaa vain kolmen askeleen terävöinnin, kun kuvankäsittelyohjelmassa terävöintiin voi vaikuttaa paljon hallitummin niin, että vaikutetaan terävöinnin määrän lisäksi terävöitävän kuvan pikselien välisen kontrastin kynnsarvoon ja terävöinnin säteeseen. Työkalujen ja suotimien vaikutukset näkee myös nopeammin ja tarkemmin kuvankäsittelyohjelmassa. Kuvankäsittelyllä pystytään vielä terävöinnin lisäksi myös korjaamaan kuvan värivirheitä, poistamaan rasterikuviota erilaisilla suotimilla tai muokkaamaan histogrammia. Huolellinen, valmiiksi terävöitetty ja värihallittu skannaus on silti etu yrityksen tuotannossa työnkulun suoraviivaisuutta ajatellen. Valitettavasti naarmujen ja epäpuhtauksien poisto saattaa jäädä vielä kuvankäsittelyohjelmalla tehtäväksi. Huolellisenkin filmin ja lasitason puhdistuksen jälkeen kuvaan saattaa jäädä pölyä tai kuvassa voi olla ikäviä naarmuja. Aina myöskään erilaiset pölynpoistotoiminnot eivät poista kuvasta kaikkea pölyä ja naarmuja, jolloin lopullinen kuva tulee korjailta käsin kuvankäsittelyohjelmassa. (36.)

Pölyt ja karvat voidaan helposti poistaa Adobe Photoshop -kuvankäsittelyohjelmassa esimerkiksi kuvan 16 Spot Healing Brush -työkalulla. Työkalulla maalataan pölyn päältä ja hieman sen ympäriltä. Työkalun Content-Aware Fill -toiminto eli sisältötietoinen paikkaus analysoi siveltimen ympäriltä kuva-alaa ja luo maalatun alueen päälle täytettä, joka mukautuu saumattomasti kuvaan. (37.)



Kuva 16. Spot Healing Brush -työkalun toiminta.

Tulokset ovat usein erittäin hyviä varsinkin kuvan tasaisissa alueissa. Vaikeampiin ja tunnistettavimpiin kuvioihin, kuten puiden oksiin tai jopa ihmisten kasvoille, voi käyttää Clone Stamp -työkalua eli kloonaustyökalua, jolla nimensä mukaisesti kopioidaan valitusta kuvan kohdasta alue halutulle paikalle. Näitä kahta työkalua soveltaen päästään usein hyviin tuloksiin pölynpoiston ja kuvan naarmujen ja muiden epätasauksien korjailun suhteen. (37.)

5 Skannauksen optimoitu työnkulku tilaajayritykselle

Koska tilaajayrityksen skannauspalvelun ei ollut hyvin organisoitu, nähtiin tarve selvitystyölle, jotta palvelusta saataisiin vakioitu ja laadultaan tasainen palvelun suorittajasta riippumatta. Selvitettiin siis jatkossa käytettävät skannaustarkkuudet ja muut ohjelman asetukset, joilla skannauspalvelu pysyy nopeana ja varmana oli asiakkaan originaali paperikuva tai rullanegatiivi. Työn mittauksen ja arviointien perusteella luotiin selkeät ohjeet eri kuvaformaattien skannaamista varten yrityksen työntekijöiden käyttöön. Ohjeista pyrittiin luomaan yksinkertaiset, jotta niiden noudattaminen olisi helppoa, ja tarvittavat lisätiedot ja perustelut asetusten valintoihin löytyvät insinööriyöstä. Lisäksi luotiin erilliset ohjeet kuvan histogrammin säätöön värien täsmällisyyden varmistamiseksi ja kuvan mahdollisimman suuren sävyalan säilyttämiseksi.

Asiakkaalla tulee olla skannattaviin kuviin tekijänoikeudet. Asiakas ilmoittaa omistavansa oikeudet kuviin ja olevansa yksin vastuussa mahdollisista tekijänoikeusrikkomuksista. Kuvat skannataan profiloitulla skannerilla. Ohjelman värimäärittämisestä tarkistetaan, että lähdeprofiilina on uusien skannerin profiili ja että kohdeprofiili on käyttötarkoitukseen sopiva, joko sRGB tai AdobeRGB. Jokaisen skannattavan kuvan histogrammi säädetään sopivaksi erillisen histogrammien säätämiseen tarkoitetun ohjeen mukaisesti.

5.1 Filmit

Kinofilmit ja diat skannataan värilliseksi 24 bitin tai mustavalkoiseksi 8 bitin JPEG-tiedostoksi 2 400 dpi:n tarkkuudella, jolloin kuvan kooksi tulee noin 3 400 x 2 370 pikseliä eli noin 8 megapikseliä. Tämä riittää vielä noin A4-kokoiseen tulosteeseen tai vielä suurempiin tulosteisiin katseluetäisyydestä riippuen, päätarkoituksena kuitenkin kuvakirjat ja muut pienet painotuotteet. Vastaavasti samankokoiseen rullafilmistä skannattuun kuvaan päädytään 1200–1800 dpi:n tarkkuuksilla. Kuva skannataan 24- tai 8-bittiseksi, sillä kuva pyritään skannaamaan valmiiksi aineistoa varten ilman ylimääräisiä työvaiheita. Esimerkiksi 48-bittisen kuvan 24-bittiseksi kääntäminen kuvankäsittelyohjelmassa on yksi työvaihe, joka jätetään pois tällä valinnalla.

Taulukosta 2 selviää rullafilmin kullekin kuvakoolle soveltuva skannaustarkkuus 8–14-megapikseliseksi kuvaksi, jota voidaan käyttää varauksin vielä A4-kokoon asti. Kinofilmii skannataan 2400 dpi:n tarkkuudella, mikäli lopullinen kuva on pienempi kuin 20 x 30 cm.

Mikäli lopullisen tuotteen lyhyempi sivu on 20 cm, se skannataan 3200 dpi:n tarkkuudella ja tätä suuremmat 4 800 dpi:n tarkkuudella suurkuvakäyttöön tarkoitettuna taulukon mukaisesti.

Taulukko 2. Filmikokojen skannaustarkkuus A4-kokoiseksi kuvaksi.

Filmin koko	Tarkkuus (dpi)	Kuvakoko (mpix)
36 x 24 mm (kino)	2400 / 3200	8–14
6 x 4,5 cm	1600	9
6 x 6 cm	1600	12
6 x 7+ cm	1200	9+

Testien perusteella Epson-ohjelmiston kohinanpoisto vie liikaa yksityiskohtia jo keskitasolla. Samoin epäterävä maski lisää kohinaa liikaa jo keskitasolla syöden pienimpiä yksityiskohtia. Täten päädyttiin pitämään kohinanpoisto tasolla 1 / matala ja epäterävän maskin myös tasolla 1 / matala, jolloin terävyys lisääntyy hieman ja kohina vaimenee hiukan sumentamatta kuvan yksityiskohtia.

Värifilmien ja diojen skannauksessa käytetään Digital ICE -teknologiaa sen lisäämästä ajasta huolimatta. Filmejä on hankala puhdistaa tasoskannerilla skannattavaksi, joten on hyödyllisempää käyttää Digital ICE -teknologiaa kuin poistaa pölyt jälkikäteen Photoshopissa. Mustavalkofilmejä varten Digital ICE korvataan ohjelmallisen pölynpoiston matalimmalla tasolla.

Julisteita, tauluja tai vastaavia suuria painotuotteita varten diat ja kinofilmit skannataan värikköiksi 48-bittisiksi tai mustavalkoisiksi 16-bittisiksi TIFF-tiedostoksi 4 800 dpi:n tarkkuudella. Kuvasta tulee näin noin 6 800 x 4 500 pikseliä eli noin 31 megapikseliä. Tämä on teoriassa liikaa, mutta skannaamiseen käytettävä aika on lähes sama 3 300–4 800 dpi:n tarkkuuksilla. Painoteknisesti 31 megapikselin kuvasta saadaan 70 x 50 cm:n kokoinen laadukas tuloste. Tulosteen laatuun vaikuttavat tietysti muun muassa alkuperäisen kuvan terävyys, tarkennus ja valotuksen täsmällisyys. Suurkuvakäyttöön tarkoitettuihin kuviin valitaan kohdeprofiiliksi AdobeRGB suuremman värintoiston vuoksi.

Taulukkoa 3 sovelletaan kuviin, joita käytetään julisteisiin, tauluihin tai muihin suurkuvatulostimilla toteutettaviin ratkaisuihin. Kuvia skannatessa ei käytetä ohjelman epäterävää

maskia, kohinanpoistoa tai ohjelmallista pölynpoistoa. Värifilmit skannataan käyttäen Digital ICE -teknologiaa. Fyysiset kuvat ja skannatut kuvat lähetetään edelleen muokkamattomina painoon, jossa suurkuvatulostaja tekee niihin tarvittavat käsittelyt mahdollisimman hyvälaatuisen tulosteen aikaansaamiseksi. Terävöinti, kohinanpoisto, värien korjailu, viimeiset pölynpoistot ja muut toimenpiteet toteutetaan Photoshopissa ja tulostetaan Canon-suurkuvatulostimella asiakkaan valitsemalle materiaalille.

Taulukko 3. Filmikokojen skannaustarkkuus suurkuvakäyttöön.

Filmin koko	Tarkkuus (dpi)	Kuvakoko (mpix)
36 x 24 mm (kino)	4800	31
6 x 4,5 cm	3200	37
6 x 6 cm	3200	50
6 x 7+ cm	2400	36+

5.2 Paperivalokuva

Lyhyen testin perusteella päätettiin skannaamiseen käytettävän ajan ja laadun takia käyttää lähtökohtaisesti 600 dpi:n tarkkuutta valokuvapaperille valotetuissa paperivalokuvissa, ja vain esimerkiksi suurta kuvasuurennosta varten käytetään 1200 dpi:n tai äärimmäisissä suurennoksissa jopa 2400 dpi:n tarkkuutta. Tällä 600 dpi:n tarkkuudella saadaan useimmista kuvista tarvittava määrä kuvainformaatiota myös suurennoksia varten. Kuvasuurennosten skannaustarkkuus riippuu alkuperäisen kuvan ja lopullisen tuotteen mitoista. Kuvasuurennostia ja suurkuvat tuotteita varten tarpeelliset skannaustarkkuudet selviävät taulukosta 4.

Taulukko 4. Erikokoisia kuvasuurennoiksi varten suositellut skannaustarkkuudet.

Lopputuote (cm)	Alkuperäinen kuva- koko (cm)		
	10 x 15	15 x 20	20 x 30
10 x 15	600	300	300
15 x 20	600	600	300
20 x 30	600	600	600
30 x 40	1200	600	600
40 x 60	1200	1200	600
60 x 90	2400	1200	1200
Yli 90	2400	2400	2400

Taulukossa 4 painotettuna vihreällä ovat 1:1-kopiot ja pienennökset. Keltaisella ovat suurennot, jotka alkuperäisen kuvan laadusta riippuen ovat vielä suositeltavia noin metrin katseluetäisyydeltä. Punaisella maalattuja kuvasuurennoiksi ei suositella toteutettaviksi huonolaatuisuuden ja pehmeiden vuoksi alle kahden metrin katseluetäisyyksille. Mikäli lopputuotteena on yli 20 x 30 cm:n kokoinen tuloste, lähetetään alkuperäinen ja skannattu kuva painoon suurkuvatulostajalle samaan tapaan kuin filmikuvien kohdalla.

5.3 Painettu kuva

Painotuotteesta ei välttämättä paljain silmin huomaa rasteripisteitä, jolloin painettu kuva tarkastellaan luupilla. Mikäli rasterikuvio ei ole luupin läpi katseltaessa selvästi erotettavissa, ei käytetä rasteripisteiden poistoa sen pehmentävän vaikutuksen takia. Vanhemmissa painotuotteissa tai painotuotteissa, joissa rasterikuvio on selkeästi näkyvillä luupin avulla, käytetään rasteripisteiden poistotoimintoa 175 lpi:n linjatiheyden arvolla. Tätä matalammille linjatiheyksille, kuten sanomalehtien 100 lpi, rasterinpoisto pehmentää kuvaa liiallisesti. Rasteripisteiden poistotoiminnon yhteydessä käytetään myös epäterävää maskia keskitasolla.

5.4 Julisteet

A4-kokoa suuremmat kuvat, kuten julisteet, voidaan skannata osissa. Asetukset määräytyvät paperivalokuville ja painetuille kuville tarkoitettujen ohjeiden mukaisesti: tarkkuus 600 dpi, Digital ICE päällä ja rasterinpoisto materiaalin ja painotekniikan mukaan.

Kuva skannataan hieman A4-kokoa pienemmissä osissa ja pyritään jättämään paljon päällekkäisyyksiä. Skannatut kuvat avataan Photoshopista Photomerge-toiminnolla, rasti kohdassa Blend Images Together. Näin Photoshop automaattisesti yhdistää skannatut kuvat yhdeksi saumattomaksi alkuperäistä vastaavaksi kokonaisuudeksi.

5.5 Kuvankäsittely

Skannatut kuvat käydään nopeasti läpi ohjelmallisen pölynpoiston epäonnistumisen ja mahdollisten muiden virheiden osalta. Hyvin vaikeissa tilanteissa virheelliset kuvat puhdistetaan ja skannataan uudelleen, mutta haittaavat pölyt pyritään poistamaan käsin kuvankäsittelyohjelmassa. Kuvan tulisi olla skannauksesta suoraan valmis tulostettavaksi tai käytettäväksi painoaineistossa, mutta varsinkin paperikuvien kohdalla tarkempia rajauksia voi joutua tekemään. Myös hyvin pehmeille kuville saattaa joutua tekemään lisä-terävöintiä.

5.6 Kehitettävää

Työntekijöille luotuja ohjeita muutetaan tarvittaessa. Asiakastöiden lisääntyessä seurataan työnkulun toimivuutta ja puututaan mahdollisiin ilmeneviin ongelmiin. Tarvittaessa voidaan nostaa tai laskea esimerkiksi eri formaattien skannaustarkkuutta tai säätää kuvakorjailujen asetuksia. Muutoksia työnkulkuun saattaa myös tulla mahdollisten laite- ja ohjelmistohankintojen tai muiden uusien työkalujen käyttöönoton ohella.

Työssä toteutettujen selvityksien perusteella on suositeltavaa harkita SilverFast-ohjelmiston hankkimista työntekijöiden kouluttamisesta huolimatta. Ohjelmistolla voidaan ohjata skanneria tarkempiin tuloksiin muun muassa sen lähes automaattisen värinhallinnan ja monipuolisempien, tarkempien ja tuotantoa nopeuttavien säätöjen avulla. Myös edullisempaa VueScan-ohjelmistoa ja sen tarjoamia filmien profiileja tulee harkita, mikäli SilverFast osoittautuu vielä tulevaisuudessa liian kalliiksi. Mahdollisen ohjelmistoinvestoinnin jälkeen työssä selvitettyt asetukset voidaan muuntaa sopiviksi uudelle ohjelmistolle pienillä lisäselvityksillä.

Työntekijät voidaan myös kouluttaa skannerin värinhallintaan ja kouluttamaan Photoshopin nopeampaa ja skannatun kuvan optimoimiseen vaikuttavien työkalujen käyttöä.

Vaihtoehtona skannerin hallintaohjelman toteuttamalle terävöinnille ja kohinanpoistolle olisivat automaattiset säädöt kuvakohtaisesti Photoshopissa. Tämä saattaisi lisätä kuvan käsittelyyn käytettyä aikaa, mutta tällä voitaisiin varmistaa tarkemmat ja soveltuvammat asetukset kuville. Huonona puolena toteutustapa saattaa vain monimutkaistaa työnkulkua, mikäli työntekijöitä ei ole koulutettu tarpeeksi. Vaihtoehtona olisi myös jonkinlaisen HotFolderin käyttö, eli skannatut kuvat siirrettäisiin käyttötarkoituksen mukaisiin kansioihin, joista ulkopuolinen ohjelma noutaa kuvat ja tekee niille tarvittavat säädöt automaattisesti.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin Epson V550 -tasoskannerin ja EpsonScan-hallintaohjelman mahdollisuuksia erilaisten kuvaformaattien skannaukseen. Kuvaformaatteja varten etsittiin optimaalisia skannaustarkkuuksia ja ohjelman suotimien asetuksia, jotta kuva saataisiin tallennettua skannerista mahdollisimman valmiina tuotantoon.

Mittausten ja erilaisten asetusten tutkimisen pohjalta todettiin skannerin tuottavan riittävän hyvää laatua niin paperikuvien kuin filmien skannauksessa. Huomattiin, että filmien skannauksessa tärkeää on hyvin puhdistettu filmi Digital ICE -tekniikkaa käyttävän pölynpoiston hitauden ja satunnaisten virheiden vuoksi. Ylimääräinen kuvankäsittely saatiin jätettyä lähes kokonaan pois hallintaohjelman terävöinti- ja kohinanpoistosuotimien ja manuaalisen histogrammin säädön ansiosta. Pölynpoiston satunnaisten epäonnistumisien vuoksi jäljelle jääneiden pölyjen poistaminen jäi kuvankäsittelyohjelmassa suoritettavaksi. Skannerin värien täsmällisyys saatiin riittävälle tasolle profiloimalla skanneri testikartalla. Ongelmaksi jäi lähinnä negatiivien skannauksessa värien täsmällisyyden varmistaminen.

Optimoidut ja kontrolloidut skannausasetukset ja värihallittu työnkulku luovat yhtenevyyttä ja jatkuvuutta asiakastöissä pitkällä aikavälillä. Laadittujen työohjeiden ansiosta asiakkaat voivat luottaa saavansa samaa, tasaista laatua työn ajankohdasta ja työn suorittajasta riippumatta. Asiakastyytyväisyyden voidaan näin olettaa kasvavan.

Insinööriyön osana toteutetut testit ja mittaukset ovat päteviä lähinnä vain mainitulle yrityksen skannerille ja työpisteelle. Esimerkiksi erityisesti filmien skannaamiseen tarkoitettut skannerit ovat tarkempia ja tuottavat usein parempaa jälkeä samoilla tarkkuuksilla kuin tasoskannerit. Työssä selvitettyjä laatuasetuksia voidaan kuitenkin tarkoituksesta riippuen soveltaa muillekin tasoskannereille. Työntekijöille tarkoitettuja ohjeita voidaan myös soveltaa samantyyppisissä asiakastilauksissa muilla skannereilla, kunhan skanneria voidaan ohjata EpsonScan-ohjelmistolla. Asetuksia voidaan myös soveltaa muille skannerin hallintaohjelmille. Työn selvityksiä, skannerin värihallinnan ohjeita ja skannausasetuksia voidaan myös käyttää hyödyksi henkilökohtaisessa käytössä, kuten vanhojen kuvien digitoimisessa vastaavalla tasoskannerilla.

Lähteet

- 1 Digital Photo Print Guide. 2007. Seiko Epson.
- 2 Storage and Care of KODAK Photographic Materials. 2005. Eastman Kodak Company.
- 3 Foss, Kjersti; Strand, Jan-Thore; Bråten, Thomas; Sivesind, Ann Kristin. 2007. Väriopas: 27 000 väriä kolmella eri paperilla. Malmö: Bokförlaget Arena, AGI ja Map.
- 4 Perfection V550 Photo User's Guide. 2013. Seiko Epson.
- 5 CCD Technology. Verkkodokumentti. Seiko Epson. <<http://content.epson.it/maco/technology/scanners/ccd.htm>>. Luettu 11.2.2016.
- 6 CCD Sensors in scanners and digital cameras. vuosi. Verkkodokumentti. ScanDig. <<http://www.filmscanner.info/en/CCDSensoren.html>>. Luettu 11.2.2016.
- 7 Fulton, Wayne. 2010. Evaluating Scanner Features and Specifications. Verkkodokumentti. <<http://www.scantips.com/chap3c.html>>. Luettu 11.2.2016.
- 8 Scanner calibration with IT-8 tagets. Verkkodokumentti. ScanDig. <<http://www.filmscanner.info/en/FragenSilverFast.html#SilverFastIT8>>. Luettu 11.2.2016.
- 9 Hamrick, Ed. VueScan Reviewers' Guide. Verkkodokumentti. <<http://www.hamrick.com/files/revguide.pdf>>. Luettu 11.2.2016.
- 10 Feature Comparison. 2016. Verkkodokumentti. LaserSoft Imaging. <<http://www.silverfast.com/comparison/scanner/en.html>>. Luettu 11.2.2016.
- 11 LaserSoft Imaging Store. 2016. Verkkodokumentti. LaserSoft Imaging. <<https://www.silverfast.com/buyonline/en.html>>. Luettu 11.2.2016.
- 12 The Variable Height Holder Advantage. 2010. Verkkodokumentti. DSF Omnicorp. <http://www.betterscanning.com/scanning/vb_advantage.html>. Luettu 11.2.2016.
- 13 Keränen, Vesa; Lamberg, Niko; Penttinen, Jukka. 2003. Julkaisu ja kuvankäsittely. Jyväskylä: Docendo.
- 14 Olshausen, Bruno. 2000. Aliasing. Verkkodokumentti. <<http://redwood.berkeley.edu/bruno/npb261/aliasing.pdf>>. Luettu 13.2.2016.

- 15 Fulton, Wayne. 2016. Printing and Scanning Resolution DPI Calculator. Verkkodokumentti. <<http://www.scantips.com/calc.html>>. Luettu 11.2.2016.
- 16 Clark, Roger N. 2006. Image Detail. Verkkodokumentti. <<http://www.users.qwest.net/~rnclark/scandetail.htm#digicamres2>>. Luettu 12.2.2016.
- 17 Image Types: JPEG & TIFF Files. 2016. Verkkodokumentti. Cambridge in colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/imagetypes.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 18 Bit Depth Tutorial. 2016. Verkkodokumentti. Cambridge in colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/bit-depth.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 19 Image Posterization. 2016. Verkkodokumentti. Cambridge in colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/posterization.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 20 Roivas, Panu. 2014. Opas: Työpöytänäyttöjen teknologiaa ja terminologiaa. AfterDawn. <<http://www.hardware.fi/artikkelit/artikkeli.cfm/opas-tyopoytanayttojen-teknologia-ja-terminologia/6>>. Luettu 13.2.2016.
- 21 Photoshopin ohje / Tasojen säätö. 2016. Verkkodokumentti. Adobe Systems Software. <<https://helpx.adobe.com/fi/photoshop/using/levels-adjustment.html>>. Luettu 12.2.2016.
- 22 Lee, Kenneth. Scanning Tips (with Epson and VueScan software). Verkkodokumentti. <<http://www.kennethleegallery.com/html/scanning/index.php>>. Luettu 12.2.2016.
- 23 Camera Histograms: Tones & Contrast. 2016. Verkkodokumentti. Cambridge in Colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/histograms1.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 24 Zhang, Michael. 2015. These Are the Darkroom Techniques Photoshop's Tools Are Based On. Verkkodokumentti. <<http://petapixel.com/2015/02/26/these-are-the-darkroom-techniques-photoshops-tools-are-based-on/>>. Luettu 12.2.2016.
- 25 Sharpening: Unsharp mask. 2016. Verkkodokumentti. Cambridge in Colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/unsharp-mask.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 26 Photoshopin ohje / Kuvan terävyyden ja sumeuden säätäminen. 2016. Verkkodokumentti. Adobe Systems Software. <<https://helpx.adobe.com/fi/photoshop/using/adjusting-image-sharpness-blur.html>>. Luettu 12.2.2016.
- 27 Mäkelä, Sakari. 2011. Digikuvat kehyksiin! Valokuvaajan tulostusopas. Jyväskylä: WSOYpro.

- 28 Photoshop help / Adjust image sharpness and blur. 2016. Verkkodokumentti. Adobe Systems Software. <<https://helpx.adobe.com/en/photoshop/using/content-aware-patch-move.html>>. Luettu 14.2.2016.
- 29 Yadav, Pranay. 2015. Color image noise removal by modified adaptive threshold median filter for RVIN. IEEE.
- 30 iSRD® - Infrared Dust and Scratch Removal. 2016. Verkkodokumentti. LaserSoft Imaging. <<http://www.silverfast.com/highlights/isrd/en.html>>. Luettu 12.2.2016.
- 31 Digital ICE™ technology. Verkkodokumentti. Seiko Epson. <http://content.epson.it/maco/technology/scanners/digital_ice.htm>. Luettu 12.2.2016.
- 32 Digital ICE: Defect Detection and Correction Using Infrared-enabled Scanners. 2016. Verkkodokumentti. Seiko Epson. <<http://www.motion.kodak.com/motion/hub/itp/dice/default.htm>>. Luettu 12.2.2016.
- 33 Scratch removal, by hand. 2016. Verkkodokumentti. ScanCafe. <<https://www.scancafe.com/scanning-quality/scratch-removal>>. Luettu 12.2.2016.
- 34 Kopf, Johannes; Lischinski, Dani. 2012. Digital reconstruction of halftoned color comics. New York: ACM.
- 35 Enhanced SilverFast Descreening. 2016. Verkkodokumentti. LaserSoft Imaging. <<http://www.silverfast.com/highlights/descreening/en.html>>. Luettu 12.2.2016.
- 36 Photoshop help / Content-Aware Patch and Move. 2016. Verkkodokumentti. Adobe Systems Software. <<https://helpx.adobe.com/photoshop/using/content-aware-patch-move.html>>. Luettu 14.2.2016.
- 37 Photoshop help / Retouch and repair photos. 2016. Verkkodokumentti. Adobe Systems Software. <<https://helpx.adobe.com/photoshop/using/retouching-repairing-images.html>>. Luettu 12.2.2016