

VÄRINHALLINTA DIGITAALIPAINOSSA

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
7.12.2006
Juha Koivisto

**Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma**

KOIVISTOINEN, JUHA: Värinhallinta digitaalipainossa

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 32 sivua

Ohjaaja: Ismo Jakonen

Syksy 2006

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee ICC-profiileihin perustuvaa värinhallintaa digitaalipainossa. Digitaalipaino ja sen mukana kehittynyt värinhallinta ovat vakavasti otettavia ja asemansa vakiinnuttaneita nykyaikaisen painoteollisuuden osia. Opinnäytetyön tarkoituksena on syventää tekijän käsitystä värinhallinnasta ja sen työkaluista sekä selvittää, kuinka näitä voidaan soveltaa digitaalisen painopalvelun työnkulkuun. Työn case-yritys on paino- ja kopiopalvelu Multiprint Oy:n Lahden toimipiste.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa käydään läpi värinhallinnan olemusta ja digitaalipainoon sopivia toteutustapoja. Teoriaosiossa käsiteltävät aiheet ovat digitaalipainon merkitys yleisesti, siihen liittyvät tulostusmenetelmät, värinhallinnan tarkoitukset ja niihin pyrkivät menetelmät työkaluineen sekä kalibroinnin merkitys värinhallinnan kannalta.

Case-osio käsittelee värinhallintajärjestelmän suunnittelemista case-yrityksen digitaalipainoon sen olemassa olevan laitteiston ja ohjelmistojen avulla. Värinhallintajärjestelmän suunnitelma käydään läpi laite- ja ohjelmakohtaisesti.

Avainsanat: värinhallinta, digitaalipaino, ICC-profiili

**Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology**

KOIVISTOINEN, JUHA: Color Management in Digital Printing

Bachelor's Thesis in Visualization Engineering, 32 pages

Supervisor: Ismo Jakonen

Autumn 2006

ABSTRACT

This thesis deals with color management based on ICC profiles in digital printing. Digital printing and color management have developed side by side and have proven to be a serious part of the modern printing industry. The objective of this thesis was to study the concept of color management and its tools, and to inspect how it can be applied into the workflow of a digital printing service. The practical case of the thesis was done for the print and copy business Multiprint Oy's office in the city of Lahti.

The written part of the thesis examines the basic concepts of color management and the methods applicable in digital printing. The theory chapters deal with digital printing in general, digital printing technologies, the goals, methods and tools of color management, and the purpose of calibration in color management.

The chapters on the practical case describe the process of designing a color management system for Multiprint Oy using the hardware and software present in the office's digital printing service. The plan for the system is presented through the color management procedures required by individual equipment and software.

Keywords: color management, digital printing, ICC-profile

SISÄLLYS

| | | |
|------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | TYÖN TAVOITTEET | 2 |
| 2.1 | Case-yritys Multiprint Oy | 2 |
| 2.2 | Yrityksen tavoitteet..... | 2 |
| 2.3 | Opiskelijan tavoitteet..... | 2 |
| 3 | DIGITAALIPAINO | 3 |
| 3.1 | Digitaalipaino yleisesti | 3 |
| 3.2 | Tulostusmenetelmät..... | 5 |
| 3.21 | Tooneriperusteiset tulostustekniikat | 5 |
| 3.22 | Mustesuihkutulostus | 8 |
| 3.23 | Termografiatulostus | 9 |
| 3.24 | CTP- ja CTPP-tekniikat | 10 |
| 3.3 | Tulostusvalmiin aineiston tuottaminen digitaalipainoon | 11 |
| 4 | VÄRINHALLINTA | 12 |
| 4.1 | Värien esittäminen monitoreilla ja tulostimilla..... | 12 |
| 4.2 | Värihallinnan toiminta | 15 |
| 4.21 | Profiilien yhdysavaruus | 15 |
| 4.22 | ICC-profiilien värimuunnokset..... | 18 |
| 4.23 | Profiililuokat | 19 |
| 5 | KALIBROINTI | 20 |
| 5.1 | Kalibroinnin tarkoitus ja osuus värihallinnassa | 20 |
| 5.2 | Kalibrointityökalut ja profiilien rakentaminen | 21 |
| 6 | CASE: VÄRINHALLINNAN TOTEUTTAMINEN MULTIPRINTIN LAHDEN TOIMIPISTEESEEN | 24 |
| 6.1 | Työympäristö | 24 |
| 6.11 | Laitteisto..... | 24 |
| 6.12 | Ohjelmistot | 25 |
| 6.13 | Kalibrointi- ja profiilintyökalut..... | 25 |
| 6.2 | Profiilit | 26 |
| 6.21 | Monitorien kalibrointi ja profilointi | 26 |
| 6.22 | Syöttöprofiilit ja niiden käyttö | 28 |
| 6.23 | Tulostimien kalibrointi ja tulostusprofiilit..... | 28 |
| 6.3 | Värihallinnan työnkulku Mulriprintin digitaalipainossa..... | 28 |
| 7 | YHTEENVETO | 30 |
| | LÄHTEET | 31 |

1 JOHDANTO

Painettuja julkaisuja tuottava graafinen teollisuus, aina pienimmästä mainostuotannosta suurimpaan painotaloon, on kokenut tekniikan kehittymisen ja digitaalisen median yleistymisen myötä suuria muutoksia tuotannossaan viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana. Digitaalisten syöttölaitteiden kuten skannereiden ja kameroiden valikoima on kasvanut huomattavan nopeasti, eivätkä ne enää ole ainoastaan graafisen alan ammattilaisten ulottuvilla. Myös erilaisten monitorien ja digitaalisten tulostimien määrä on valtava. Jokainen näistä laitteista tuottaa tai lukee värejä omalla ainutlaatuisella tavallaan. Kun väri-informaatio liikkuu bitteinä kameran muistikortilta tietokoneen monitorille, työasemalta ja sovellukselta toiselle sekä lopulta tulostimelle joka siirtää digitaalisen informaation osoittaman määrän mustetta paperille, on alun perin havaittu väri ehtinyt muuttua jo moneen kertaan. Värihallinnalla on pyritty ratkaisemaan tämä ongelma ja säilyttämään havaitut värit työprosessin alusta loppuun saakka.

Opinnäytetyössä keskitytään värihallintaan osana digitaalipainon prosessinhallintaa. Värihallinnan peruskäsitteitä käydään läpi ja selvennetään ICC-profiileilla toteutetun värihallintajärjestelmän rakennetta, ominaisuuksia ja edellytyksiä. Pohjustuksena värihallinnan käsitteille tarkastellaan myös digitaalipainon merkitystä, erilaisia kokoonpanoja ja värien esitystapoja digitaalisissa laitteissa. ICC-profiileihin perustuvan värihallinnan menetelmistä profilointi ja kalibrointi ovat lähellä toisiaan, ja ne sekoitetaan usein tai mielletään samaksi asiaksi. Kumpikin menetelmä palvelee hieman eri päämääriä, ja näiden eroja ja tarkoitusperiä tarkastellaan. Monista digitaalisen painamisen ja värihallinnan sanallisista ilmaisuista käytetään yleisesti niiden englanninkielisiä vastineita, vaikka suomennoskin olisi olemassa. Opinnäytetyössä englanninkielinen termi on ilmoitettu suluissa ilmauksen jäljessä, kun se esiintyy työssä ensimmäistä kertaa.

Opinnäytetyön Case-osiossa keskitytään värihallintajärjestelmän suunnitteluun Multiprint Oy:n Lahden toimipisteen digitaalipainoon. Tarkastellaan lähtökohtina työympäristön laitteita, ohjelmia, värihallintatyökaluja ja näiden asettamia vaatimuksia värihallintajärjestelmälle. Laitteiston tuominen värihallintaan käydään läpi laitetyyppittäin, ja graafisten ohjelmien sekä käyttöjärjestelmien värihallintaa tarkastellaan saatamalla ne normalisoituun ja johdonmukaiseen toimintatilaan. Digitaalipainon värihallintajärjestelmä vaatii ylläpitoa ja oikeita toimenpiteitä väridataa tuotaessa ja vietäessä työympäristöstä. Näitä puolia järjestelmää tutkitaan värihallinnan työnkulkuna.

ICC-profiilit ovat standardoitu ja toimiva keino toteuttaa värinhallintaa niin pienessä kuin suuressakin mittakaavassa, joskin eri sovelluskehittäjien ja laitevalmistajien toimintatavat ja menetelmät voivat alkuun hämmentää värinhallintaan perehtyvää loppukäyttäjää. Värinhallinta näyttää vaativan pintaa syvempää tarkastelua, jos halutaan saada toimivia tuloksia keskellä vaihtelevan terminologian, patentoitujen teknologioiden, yhteensopivuusongelmien sekä käyttöjärjestelmien ja graafisten ohjelmien välisten ristiriitojen sekoitusta.

2 TYÖN TAVOITTEET

2.1 Case-yritys Multiprint Oy

Multiprint Oy on vuonna 1962 perustettu valtakunnallinen painopalveluketju, jolla on toimipisteitä Helsingissä, Hyvinkäällä, Lahdessa, Oulussa, Porissa, Turussa, Raumalla, Tampereella ja Vaasassa. Lisäksi yrityksellä on toimipisteitä ulkomailla Viron Tallinnassa sekä Venäjän Pietarissa ja Moskovassa. Ketju tarjoaa tuotteita ja palveluja suuryrityksille ja pk-yrityksille kuin myös yksityishenkilöille. Yritys työllistää 174 henkilöä, ja liikevaihto on 15 miljoonaa euroa. Lahden toimipisteen paikallisesti tarjoamia palveluita ovat digitaali- ja offsetpaino, teknisten piirustusten ja julisteiden tulostus, kopiointi mustavalkoisena ja nelivärisenä, lähettipalvelu, jälkikäsitteily, alkuperäisten painotuotteiden valmistus, ulkoistuspalvelut sekä verkossa toimiva painotyöpankki.

2.2 Yrityksen tavoitteet

Multiprint Oy:n Lahden toimipiste on asettanut opinnäytetyön tavoitteeksi toimivan värinhallintajärjestelmän suunnitelman yrityksen digitaalisen painon tuotantopuolelle. Tarkoitus on saada värit toistumaan samanlaisina työnkulun eri vaiheissa. Tämän tulisi tapahtua profiloimalla ja kalibroimalla digitaalipainon laitteisto suunnitelmallisesti sekä varmistamalla ohjelmien ja käyttöjärjestelmien värinhallittu toiminta. Värinhallintajärjestelmän ei tulisi hidastaa työskentelyä vaan nopeuttaa sitä vähentämällä tarvittavan vedostuksen määrää. Värinhallinnan ylläpidon täytyy tavoitteiden mukaan olla järjestelmällistä ja sujuvaa.

2.3 Opiskelijan tavoitteet

Opinnäytetyön tekijän tavoitteena on omaksua värinhallinnan periaatteet sekä sen tuottamiseen ja ylläpitoon tarkoitettujen työkalujen oikeaoppi-

nen sekä haluttuihin tuloksiin johtava käyttötaito. Tavoitteena on myös digitaalipainossa yleisesti käytettyjen laitetyyppien sekä graafisten ohjelmien syvämpi tuntemus ja hallinta. Opinnäytetyön on tarkoitus antaa opiskelijalle tietoja ja taitoja, jotka auttavat siirtymisessä työelämään painettuun mediaan erikoistuen. Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto tarjoaa vain vähäisen katsauksen painoteollisuuden parissa työskentelystä ja keskittyy enemmän multimediaan, 3d-mallinnukseen ja simulaatioon. Opinnäytetyö antaa opiskelijalle mahdollisuuden syventää tietojaan ja taitojaan painotuotteiden tulostusvalmistelun (prepress) parissa työskentelystä painoteollisuudessa.

Värihallinta on vaativaksi ja hankalasti ymmärrettäväksi koettu painoteollisuuden prosessinhallinnan osa-alue, ja opiskelijan tavoitteena on sen perusteiden ja käsitteistön sisäistäminen. Vaikka opinnäytetyö ei anna mahdollisuuksia monien erilaisten mittalaitteiden ja täysin värihallintaan erikoistuneiden ohjelmien hyödyntämiseen työkaluina, on näiden ammattimainen käyttö suhteellisen nopea oppia, jos hallitsee värihallinnan peruskäsitteet ja erilaisten menetelmien tarkoitukset.

3 DIGITAALIPAINO

3.1 Digitaalipaino yleisesti

Digitaalipaino on merkittävä ja yhä kasvava osa nykyaikaista painoteollisuutta. Sillä tarkoitetaan prosessia tai palvelua, jossa digitaalisessa muodossa oleva mustavalkoinen tai monivärinen aineisto tulostetaan perinteisistä painomenetelmistä poiketen suoraan paperille tai jollekin muulle halutulle painoalustalle tai välillisesti tulostimessa sijaitsevalle reseptorille, jonka osoittamana painoväri kiinnittyy paperille. Painetun informaation ikä on lyhentynyt sähköisen viestinnän yleistyttyä, ja painomenetelmät ovat teknologian myötä kehittyneet nopeammiksi ja kustannustehokkaammiksi (Ulkoistussopimus takaa laadun 2003, 5). Painotuotteiden määrä on kuitenkin kasvanut, mutta perinteisen arkkioffset-menetelmän suhteellinen osuus näistä on pienentynyt. Digitaalisesti tuotettujen pienten painosten määrä kasvaa graafisen alan ammattilaisten sekä tutkimuslaitosten mukaan vuosi vuodelta. Julkaisuja tuotetaan nykyään kysynnän ja tarpeen mukaan sen sijaan että, niitä painettaisiin suoraan varastoon. (Kinturi 2004, 30.) Kun digitaalisuus vielä lisääntyy itse painamisessa, on se jo valta-asemassa painoaineiston suunnittelussa ja käsitteilyssä. Perinteisen offsetpainon sekä modernimpien painomenetelmien teknologiat lähenevät toisiaan. Esimerkiksi offset-painokoneiden käyttämät painolevyt tulostetaan nykyään useimmiten suoraan tiedostoista pel-

lille käyttämättä filmejä. Joissakin tapauksissa suora levytulostus on liitetty jo painokoneeseen.

Painoteollisuuden palvelut ovat muodostuneet nykyään massatuotannosta asiakaskohtaiseksi massaräätälöinniksi, jota digitaalinen työnkulku tukee vahvasti. Yksilöllisiksi muuttuneiden tuotteiden painosmäärät vastaavat tarkemmin kysyntää ja voivat sisältää muuttuvaa tietoa, jota pystytään päivittämään tai räätälöimään asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Jos painosmäärät ovat kannattamattomia kokonaan digitaalipainossa toteutettaviksi, voidaan käyttää esimerkiksi offsetin ja digitaalipainon yhdistelmää, jossa painotuote valmistetaan ensimmäisellä tekniikalla ja yksilöidään jälkimmäisellä. Painotalo tarjoaa yksilöityjä tuotteita markkinoidessaan palveluja kuten digitaalista asiakastietojen ja painoaineistojen hallintaa. Asiakkaan erilaista aineistoa sekä valmiita painotuotteiden pohjia säilytetään painossa, ja palveluntarjoaja oppii asiakassuhteen kehittyessä kohdistamaan palveluja asiakkaan toiveiden mukaan. Painotuotantoa voidaan myös hajauttaa, kun digitaalista painoaineistoa pystytään siirtämään tietoverkkojen kautta painettavaksi useassa kohteessa niiden tarvitseman määrän verran. Muuttuvan tiedon painaminen voi olla versioinniksi tai varioinniksi kutsuttua useiden eri versioiden tuottamista yhdestä painotuotteesta. Jokaista versiota painetaan useampia kappaleita. Painotuote voi olla esimerkiksi tuoteluettelo, jonka kohderyhmään kuuluu ostotottumuksiltaan erilaisia asiakasjoukkoja. Kun jokainen kappale tuotetta muodostetaan erilaiseksi jokaista vastaanottajaa kohtaan, kutsutaan menetelmää personoinniksi tai yksilöinniksi. Personoituja painotuotteita käytetään enimmäkseen osoitteellisessa suoramarkkinoinnissa. Valmiin aineistovalikoiman tai -tietokannan lisäksi onnistunut muuttuvan tiedon painaminen vaatii ajan tasalla ja painopalvelun käytettävissä olevia asiakastietokantoja. Nämä tietokannat voi toimittaa painotuotteen tilaaja, mutta osa digitaalipainoista tarjoaa eräänä oheispalveluistaan asiakastietojen ylläpitoa tai jopa koko suorapostitusten tuotantoketjun hallintaa. (Lehtonen, Mattila, Veilo, Raninen 2003, 15 – 27.)

Digitaalisen painamisen menetelmät ovat jaettavissa kolmeen pääryhmään: tooneriperusteisiin tekniikoihin, mustesuihkutekniikoihin ja termografiatekniikoihin. Menetelmät ovat graafisen teollisuuden koneiden lisäksi käytössä myös koti- ja toimistotulostimissa. (Eteläaho, Gardberg, Koskinen, Södergård, Veilo, Veilo, Åberg 1997, 39.) Digitaaliset painokoneet voidaan menetelmien lisäksi jakaa arkki- ja rullapaperikoneisiin. Koneita valmistavat ja kehittävät painokonevalmistajien lisäksi kopiokone- ja tulostinvalmistajat ja prepress-järjestelmien valmistajat. Alan tekniikan kehitykseen osallistuvat myös teleoperaattorit, ohjelmistotalot ja jälkikäsitteilylaitteiden valmistajat. (Lehtonen 1997, 69.) Kun painoainio muodostetaan digitaaliselle painamiselle tyypillisesti jokaisessa painota-

pahtumassa uudelleen, voidaan useampisivuisten painotuotteiden sivut tulostaa järjestyksessä. Sivujärjestyksessä tapahtuvasta tulostamisesta johtuen voidaan tulostimeen liittää jälkikäsitteilyteknologiaa, jolloin toimitusvalmiita painotuotteita saadaan heti painotapahtuman yhteydessä. (Eteläaho ym. 1997, 39.)

Digitaalisten painotuotteiden tekninen laatu riippuu tulostus- ja laiteteknologioiden lisäksi käytössä olevien väriaineiden ja painoalustan laatutekijöistä. Painotuotteen sävyalue, värikylläisyys ja tulostusresoluutio ovat pitkälti näiden materiaalien yhteiskäyttämisen tulosta. Digitaalisilla painomenetelmillä ja niihin liittyvillä materiaaleilla on kullakin omat rajoituksensa, jotka tulisi ottaa huomioon valittaessa painomenetelmää. Painokoneiden ja niiden tulostusresoluution kehittyessä on myös viety eteenpäin digitaalisten painopapereiden kehitystä, joilla on oma merkityksensä painojäljen laatua tarkastellessa. (Eteläaho ym. 1997, 56 – 57.) Perinteiset painopaperit eivät ole rakenteeltaan ja pintakemialtaan pystyneet täyttämään digitaalisen painamisen paperille asettamia vaatimuksia, jolloin tarpeeseen on kehitetty omat paperilajinsa. Paperin soveltuvuuden digitaalipainoon määrittelevät sen näyttävyys ja käsiteltävyys, hinta, ajettavuus, painettavuus sekä arkistointikelpoisuus. Koska paperi varataan digitaalisen painatustapahtuman aikana sähkövarauksella, siltä edellytetään myös hyvää sähköjohtokykyä. Ajettavuuteen vaikuttavat esimerkiksi paperin jäykkyys, paksuus, neliömassa (g/m^2), kosteus ja voimavienmääkäyttäytyminen. Ajettavuudeltaan hyvä paperi ei aiheuta ongelmia tai tukoksia kulkiessaan tulostusprosessin läpi ja on tulostuksen jälkeenkin sileää ja helposti käsiteltävää. Painettavuuteen vaikuttavia paperin ominaisuuksia ovat sileys, huokoisuus, pintaenergia, pH ja absorptiokyky, jotka näkyvät painojäljessä esimerkiksi yksityiskohtien toistumisena, sävytasojen määränä ja kontrastina. Myös paperin kiilto, vaaleus, värisävy ja opasiteetti eli läpinäkymättömyys vaikuttavat painettavuuteen. Paperilla on hyvä arkistointikelpoisuus jos sillä on käyttötarkoitukseen riittävä valon- veden- ja lämmönkestävyys. (Lehtonen 1997, 77 – 78; Lehtonen ym. 2003, 15 – 27.)

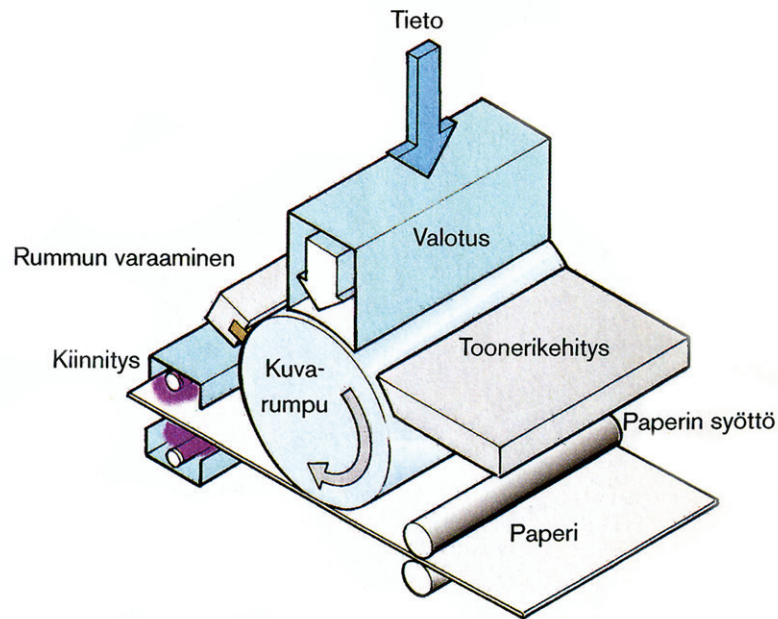
3.2 Tulostusmenetelmät

3.21 Tooneriperusteiset tulostustekniikat

Toonereihin eli pulverin tai nesteen muodossa oleviin väriaineisiin perustuviin tekniikoihin kuuluvat elektrofotografia, elektrografia, ionografia ja magnetografia. Tooneriperusteisessa tulostuksessa painoaiho muodostetaan aluksi latenttina eli piilevänä tulostimen reseptorille, jonka jälkeen se kehitetään väriaineella. Painoaiho siirretään paperille ja kiinnitetään

siihen lämmön tai puristusvoiman avulla tai käyttämällä molempia keinoja samanaikaisesti. Nestemäisten toonereiden tapauksessa kiinnitys tapahtuu haihduttamalla tai imeyttämällä väriaineen nestefaasi paperiin. Tooneriperusteiset tekniikat eroavat toisistaan latentin painoaihion muodostamiseen käytettyjen menetelmien osalta. (Eteläaho ym. 1997, 40.)

Tooneriperusteisista tekniikoista yleisin niin väri- kuin mustavalkotuloksessakin on elektrofotografia (Kuva 1.), jonka periaate on johdettu jo 1930-luvulta asti tunnetusta valokopioinnista (Lehtonen ym. 2003, 105). Myös xerografiaksi kutsutussa elektrofotografiassa reseptorina toimii seleenipohjaisella fotojohteella päällystetty kuvarumpu, jonka pinta varataan tasaisella sähkövarauksella. Sähköstaattista varausta poistetaan valottamalla rummun pintaa painoaihion mukaisilta värittömiltä kohdilta. Valotus tapahtuu sitä nopeammin, mitä ohuempi rummun fotojohdekerros on, joten fotojohteiden kehitys on kulkenut yhä ohuempia kerroksia mahdollistavaan suuntaan. Yhä ohuemat fotojohdekerrokset tosin aiheuttavat kuvarummun mekaanisen käyttöiän lyhenemistä. (Eteläaho ym. 1997, 41; Lehtonen ym. 2003, 107.) Elektrofotografinen valotus eli latentin painoaihion muodostaminen fotojohteelle toimitetaan laserin tai LED-matriisin avulla. Näistä laser on suosituimmassa asemassa, sillä se mahdollistaa pienen tulostuspisteen, ja sen ohjaaminen tapahtuu nopeasti ja tarkasti. LED-matriisien valmistaminen on teknisesti vaativampaa, joka osaltaan vaikuttaa niiden harvinaisempaan esiintymiseen elektrofotografiassa. Kummankin tyyppisen valonlähteen tuottaman valon määrää voidaan säädellä, jolloin kullakin tulostuspisteellä voi olla useita harmaasävyjä. Tulostuspisteen sävyjen määrän kasvattaminen parantaa tulosteen laatua mutta kasvattaa rasteroitavan eli tulostuskelpoiseksi muunnettavan tiedoston kokoa. (Eteläaho ym. 1997, 42.) Valotuksen jälkeen latentti painoaihio kehitetään siirtämällä tooneria sen sisältämän magneettisen kehitteen eli kantoaineen avulla fotojohderummun varauskuviolle. Toonerit koostuvat pigmentistä, sideaineesta ja kantoaineesta, joka pulveriväriaineissa on ferriittiä ja nestemäisissä väriaineissa nestemäistä hiilivetyä. Väriaine siirretään ja kiinnitetään kuvarummulta painoalustan pinnalle puristusvoimalla tai lisäksi lämpöä apuna käyttäen. Jokainen osaväri tuotetaan reseptorin kautta paperille vuorotellen tai useampia kuvarumpuja käyttämällä yhdellä kertaa. Joillakin tulostimilla kaikki osavärit on mahdollista siirtää samalla kertaa yhden kuvarummun kautta paperille. Lämpöä apuna käytettäessä väriaineen tonerihiukkaset tarttuvat toisiinsa kun lämpötila ylittää niiden sulamispisteen. Paperin kapillaarirakenteen synnyttämä imu ja ulkoinen puristusvoima kiinnittävät pehmenneen tai sulaneen tonerin paperin pintaan. (Eteläaho ym. 1997, 43; Lehtonen ym. 2003, 109.)



Kuva 1. Elektrofotografiaan perustuvan digitaalisen painokoneen toimintaperiaate (Lehtonen ym. 2003, 105).

Elektrografiaksi kutsutussa tooneriperusteisessa menetelmässä latentti painoaiho muodostetaan joko suoran tai epäsuoran menetelmän mukaisesti. Ensimmäisessä tapauksessa piilevä painoaiho tuotetaan suoraan painoalustana toimivalle dielektrisellä ja sähköä johtamattomalla päällysteellä varustetulle erikoispaperille. Suora elektrografia on yksinkertainen ja varmatoiminen, mutta hidus tulostusmenetelmä eikä se ole päätynyt kovinkaan suosittuna kaupallisiin sovelluksiin. Epäsuorassa elektrografiaassa painoaiho muodostetaan elektrofotografian tapaan välillisesti reseptorina toimivalle dielektriselle kuvarummulle, mutta latentti kuva saadaan aikaan ilman valotusta pelkästään sähköenergialla, eikä reseptorisä näin ollen tarvita fotojohteista päällystettä. Epäsuora menetelmä on jonkin verran suoraa elektrografiaa menestyneempi, ja sitä hyödynnetään lisäksi CTP -tekniikkaa käyttävissä analogisissa offset-painokoneissa. (Eteläaho ym. 1997, 45.)

Ionografia on epäsuora tulostusmenetelmä joka ei ole kehittynyt muiden digitaalisten painomenetelmien tasolle, vaikka sen periaate on tunnettu lähes yhtä kauan kuin elektrofotografian perusteet. Painoaiho muodostetaan ionografiassa pommittamalla dielektristä kuvarumpua ioneilla, jotka syntyvät tulostimen ionigeneraattoreissa. Rivissä olevista generaattoreista jokainen muodostaa yhden pikselin tulostuskuvion reseptorille. Ionografialla voidaan saada aikaan sävyjä tulosteeseen pommittamalla kuvarumpua ioneilla tiheimmin painoaihion tummemmilla alueilla. Suurempi määrä ioneja aiheuttaa suuremman varauksen, joka taas kerää enem-

män tooneria. Menetelmää käyttävät laitteet ovat nopeita sekä ilmankosteutta ja sen vaihteluita hyvin kestäviä. (Eteläaho ym. 1997, 46.)

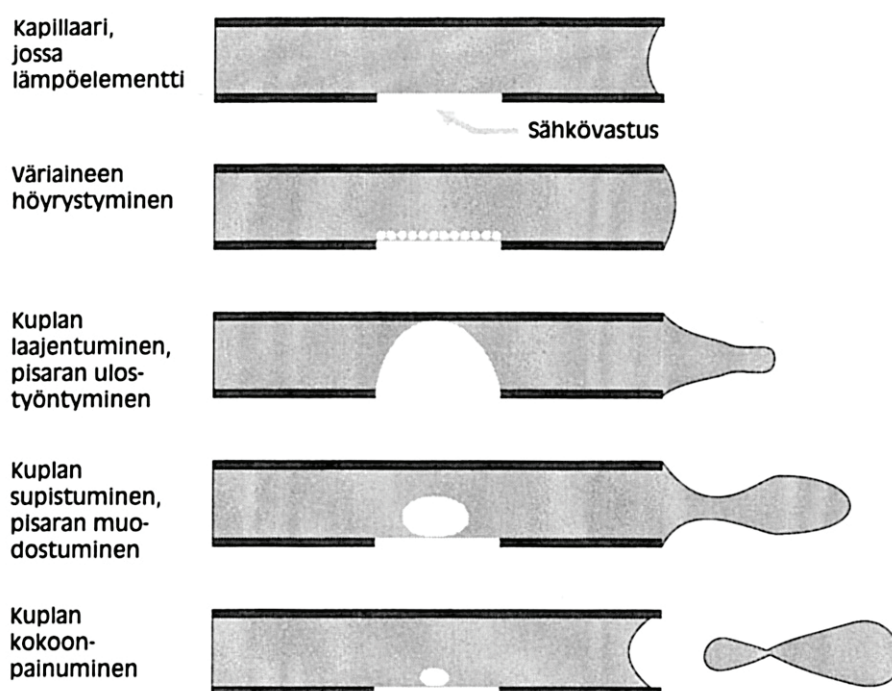
Magnetografiaan perustuvat laitteet ovat ionografisten tulostimien tapaan vaihtelevia olosuhteita kestäviä ja helposti sisällytettävissä offset-painolinjoihin muuttuvan datan painamista varten. Magnetografiassa painoaiho muodostetaan reseptorina toimivalle rummulle tai nauhalle magneettikentän tuottavalla kirjoituspäällä. Laitteissa käytettävät tonerit ovat magneettisia, ja kiinnittäminen tapahtuu rummun puristusvoimaa käyttäen tulostimessa tai erikseen. Muissa toneriperusteisissa tekniikoissa latentti painoaiho kehitetään jokaista painettavaa arkkia kohtaan uudelleen, mutta magnetografisilla tulostimilla on mahdollista käyttää yhdesti magneetoitua painoaihiota noin tuhanteen painatukseen. (Eteläaho ym. 1997, 47.)

3.22 Mustesuihkutulostus

Mustesuihkutulostus, josta käytetään myös vierasperäistä nimeä ink jet -tulostus, perustuu väriaineen suihkuttamiseen suoraan paperille pieninä pisaroina. Mustesuihkutekniikkaa hyödynnetään monissa erilaisissa tulostimissa, ja se on hyvin yleistä erityisesti pienissä toimisto- ja kotikäyttöön soveltuvissa tulostuslaitteissa. Markkinoilla on lisäksi useita suuriformaattisia julistetulostimia ja värivedostimia, jotka perustuvat mustesuihkutekniikkaan. Mustesuihkutekniikan etuihin kuuluvat materiaalin ja tarvikkeiden edullisuus, hiljainen toiminta, laitteiden pieni koko ja värillisyyden helppo toteutettavuus. Yksivärinen mustesuihkutekniikka on tekstiä tulostettaessa nopeudeltaan painokoneiden tasoa, mutta neliväristen sävykuvien tulostus on tällä tavoin edelleen hitaamman puoleista. Tulostimien nopeutta ja resoluutiota kuitenkin kehitetään jatkuvasti. Mustesuihkutulostimen tulostustarkkuuden määrää yksittäisen pisaran koko ja sen leviäminen painoalustalle. Painoalustana käytetyllä paperilla on täten suuri vaikutus tulostuslaatuun, sillä musteen tulisi kuivua nopeasti ja liiaksi leviämättä paperin pinnalle. Tekniikalla voidaan tulostaa monille erilaisille riittävän imeytymiskyvyn omaaville papereille ja muoveille. Laadukkaiden painoalustojen erikoispäällysteillä pyritään hallitsemaan mustepisteiden kokoa ja laatua. (Eteläaho ym. 1997, 52; Lehtonen ym. 2003, 120.)

Mustesuihkutekniikassa on käytössä pisaroiden muodostamiseen ja ohjaamiseen kaksi perustapaa, joita kutsutaan jatkuvaksi suihkutukseksi (Continuous Stream, CS) ja jaksoittaiseksi suihkutukseksi (Drop on demand, DOD) (Eteläaho ym. 1997, 49; Lehtonen ym. 2003, 121). Näistä kahdesta perustavasta on johdettu edelleen monia eri sovelluksia. Jatku-

van suihkutuksen menetelmällä toteutetut tulostimet ovat nopeita, mutta pisaroiden kokoon ja täten kuvan laatuun ei voida vaikuttaa. Pisaroita tulee suuttimesta vakioaajuudella ja ne ohjataan paperille halutulla tiheydellä käyttäen sähköistä poikkeutustekniikkaa. (Eteläaho ym. 1997, 50.) Jaksottaisessa suihkutuksessa tulostuspää on useista kymmenistä rei'istä koostuva suutinmatriisi. Pisarat muodostetaan vain tarvittaessa eli silloin kun suutin on kohdalla, johon halutaan väriä. Mustepisarot kohdistetaan liikuttamalla joko suutinta, paperia tai molempia. Valtaosa jaksottaisen suihkutuksen menetelmän tulostimista käyttää termistä pisarointustekniikkaa (bubble jet), joka on edullisin vaihtoehto erityisesti henkilökohtaisissa tulostimissa (Kuva 2.). Mustepisarot puhalletaan paperille paineella, joka muodostuu kun väriainetta kuumennetaan kuplivaksi. (Eteläaho ym. 1997, 51; Lehtonen ym. 2003, 121.)



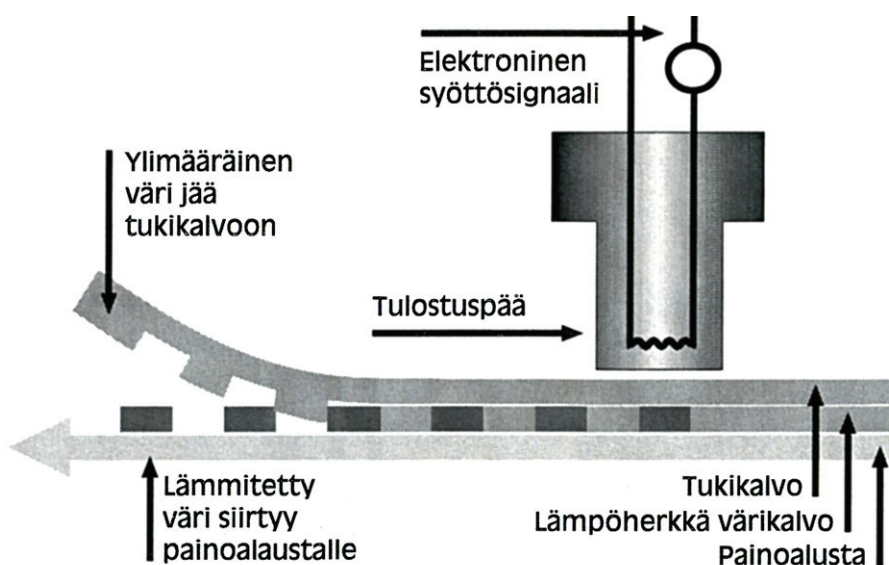
Kuva 2. DOD-mustesuihkutulostus, bubble jet menetelmä (Eteläaho ym. 1997, 51).

3.23 Termografiatulostus

Termografisissa tulostustekniikoissa painettu kuva muodostetaan lämmön avulla joko suoraan kuumentamalla erikoisvalmisteista paperia tai epäsuorasti värinauhan välityksellä. Suora menetelmä on yksivärinen tulostustekniikka, jossa painoalustan lämpöherkkä erikoispainoite saadaan tummumaan kuumentamalla sitä painoaihion osoittamista kohdista. Yksiväristä termografiaa sovelletaan esimerkiksi etikettien ja faksien kuin myös erilaisten viivakoodien tulostamiseen, sekä varastointiin, kuljetuk-

seen ja lipunkirjoitukseen liittyvien koodaussovellusten tulostusvaatimuksiin. (Eteläaho ym. 1997, 53.)

Epäsuorassa termografiassa värin siirtämiseen käytetyt nauhat ovat joko kertakäyttöisiä tai jatkuvasti uudelleen päällystettäviä. Menetelmällä voidaan toteuttaa 1-4-värisiä painotuotteita, ja värinauha on päällystetty osaväreillä koko painopinnan suuruisina vyöhykkeinä. Vaikka osaväriä ei siirrettäisi kuin osaan painopinnasta, kuluu värinauhaa silti koko tulostuskoon alueelta. Termografisen tulostuksen värintoisto on erittäin hyvälaatuisia. Kunkin osavärin kalvo siirretään painoalustalle peräkkäin, joten paperia joudutaan liikuttamaan edestakaisin. Termografian kehittynein muoto on sublimaatiotekniikka (thermal dye diffusion, thermal sublimation tai dye sublimation), jossa väri sublimoidaan erikoispaperille tai kalvolle. Hitaassa ja kalliissa menetelmässä väri siirretään höyrystämällä nauhasta painoalustalle. Menetelmässä syntyvien väripisteiden kokoa hallitaan lämmitysenergian avulla, ja se tuottaa hyvällä sävyntoistolla korkealaatuisia neliväritulosteita. Monivärinen termografia sopii parhaiten pienten painosten ja alhaisten sivumäärien tulostamiseen. Hitautensa ja suhteellisen kalleutensa vuoksi se ei sovellu suurimittaiseen tuotantoon. (Eteläaho ym. 1997, 55.)



Kuva 3. Epäsuora termografia (Eteläaho ym. 1997, 53).

3.24 CTP- ja CTPP-tekniikat

Perinteisen analogisen offsetpainotekniikan tuotantoketju on digitalisoitunut sikäli, että painolevyt valotetaan nykyään yleisesti suoraan digitaalisesta tiedostosta käyttämättä filmejä. Suorana painolevytulostuksena tunnetut CTP (computer to plate) ja CTPP (computer to plate press)

-menetelmät tukevat perinteisesti paikallisen offsetpainon hajauttamista. Painoprosessi nopeutuu, materiaalien kuljetuskustannuksia voidaan vähentää ja filmeihin liittyviä kemiallisia jätteitä tuotetaan vähemmän. CTP-menetelmässä painolevyt tulostetaan erillisellä laitteistolla, kun taas CTTP -menetelmässä painolevyn valottaminen tapahtuu painokoneessa. (Eteläaho ym. 1997, 55; Lehtonen ym. 2003, 93.) Painolevyt valotetaan eri aallonpituuksilla toimivilla lasereilla levytulostimen mallista ja levyn valonherkystä emulsiomateriaalista riippuen. Painolevyjen ja niiden emulsiokerroksen materiaali vaikuttaa painotuotteen resoluutioon ja levyn painoskestävyyteen. (Lehtonen ym. 2003, 95 – 98.)

3.3. Tulostusvalmiin aineiston tuottaminen digitaalipainoon

Digitaalisesti painettava aineisto voi olla peräisin lukuisista erityyppisistä lähteistä riippuen painon tarjoamista palveluista ja tuotannon mittakaavasta. Ammattimaisesti suunniteltujen painotuotteiden tuotantoprosessi tapahtuu nykyään lähes poikkeuksetta tietokoneavusteisesti työhön tarkoitetuilla julkaisu- eli sivuntaitto-ohjelmilla, ja aineisto on miltei aina digitaalisessa muodossa viimeistään lähtiessään painettavaksi riippumatta juurikaan painotekniikasta. Painettava aineisto täytyy kuitenkin valmistella oikealla tavalla haluttua painomenetelmää varten. Tämä tapahtuu yleensä vasta painossa etenkin, jos tarvitaan aineiston asemointia painoalustoille. Muilta osin täysin painovalmis aineisto on mahdollista tuottaa asiakkaan puolesta nopeaan digitaalitulostukseen, jos riittävät tiedot painoprosessista ovat saatavilla. Pienimuotoisten painotuotteiden graafinen suunnittelu on yleistä paino- ja kopiopalveluissa paikan päällä. Painotuote voidaan tällöin rakentaa tällöin alusta lähtien painossa, kuvat skannataan ja käsitellään, teksti ladotaan ja kokonaisuus koostetaan työn mukaan sivuntaitto- tai grafiikkaohjelmalla. Digitaalipainoissa on mahdollista painattaa myös toimisto-ohjelmilla, kuten tekstinkäsittelytaulukkolaskenta- ja tietokantaohjelmilla tehtyjä dokumentteja, kun niitä ei kannata tuottaa perinteisillä painomenetelmillä lainkaan (Lehtonen ym. 2003, 28). Näitä ohjelmia ei kuitenkaan ole suunniteltu painettavan aineiston tuottamiseen ja käsittelyyn. Erityisesti värilliset toimisto-ohjelmien dokumentit aiheuttavat ylimääräistä työtä painolle, kun aineistoa valmistellaan tulostusta varten.

Sivuntaitto-ohjelmat kokoavat painotuotteen eri elementit, kuten kuvat, grafiikan ja tekstin, valmiiksi julkaisuksi. Suosituimmat nykyaikaiset taitto-ohjelmat ovat Quark Inc:in QuarkXPress sekä Adobe InDesign. Ohjelmissa on hyvin rajalliset mahdollisuudet kuvien ja grafiikan käsittelyyn tai luontiin. Tekstin ladonta taitto-ohjelmissa on hidasta verrattuna puhtaasti tekstinkäsittelyyn erikoistuneisiin ohjelmiin (Eteläaho ym. 1997, 75). Tait-

to-ohjelmien tarkoitus on toimia työkaluna lukuisista elementeistä ja runsaasta tekstistä koostuvien painotuotteiden johdonmukaisessa kokoamisessa ja niiden ulkoasun hallinnassa. Niukasti tekstiä sisältävät harvasivuiset painotuotteet voidaan koostaa grafiikkaohjelmilla (esimerkkinä painoteollisuudessa suositut ohjelmat Adobe Illustrator ja Macromedia Freehand), joihin on myös mahdollista tuoda kuvatiedostoja sekä tekstiä. Sivuntaitto- tai grafiikkaohjelmaan tuotava teksti tulisi kirjoittaa yksinkertaiseen ja muotoilemattomaan asuun, jotta sen ulkoasun muokkaus kävisi mutkitta ja että teksti sijoittuisi palstoille helposti (Eteläaho ym. 1997, 77).

Painoalan yleiseen käytäntöön kuuluu tarkkailla tiedostojen ja sijoitettavien elementtien värillisyyttä aineistoa tuottaessa grafiikka- kuvankäsittely- tai sivuntaitto-ohjelmalla digitaalipainossa painettavaksi. Ohjelmissa on värien määrittämiseen erilaisia vaihtoehtoja, joista kaikki eivät sovellu painamiseen. Digitaaliset tulostimet käyttävät värien muodostamiseen neliväriprosessia, joten painoaineiston tulisi olla nelivärisessä CMYK -muodossa. Laajempi RGB -väriavaruus ei ole tulostusta varten suunniteltu, ja sille määritetyt elementit tai dokumentit täytyy muuttaa nelivärisiksi. Kuvatiedostoja yleisemmin grafiikalle ja julkaisuohjelmien elementeille tekstin lisäksi voidaan antaa spottiväreiksi kutsuttuja Pantonen PMS -värimäärittäjiä. Nämä lisä- tai koristevärit painetaan offsetpainossa omalla painoelementillään ja erikseen sekoitetulla painomusteella. Neliväriprosessilla ei voida toistaa puoliakaan Pantonen värikartan väreistä, joten ne joudutaan muuttamaan lähimmäksi vastaavaksi CMYK -väriksi. Kun painomenetelmä ei ole työn suunnitteluvaiheessa tunnettu tai jos tiedetään aineiston päätävän digitaalipainoon, tuottaa spottivärien käyttö digitaalisen painoaineiston valmisteluvaiheessa vain ylimääräistä työtä.

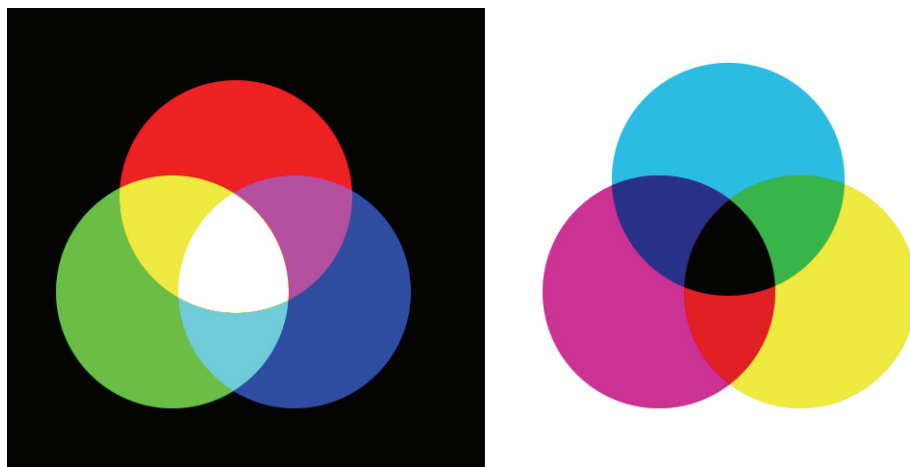
4 VÄRINHALLINTA

4.1 Värien esittäminen monitoreilla ja tulostimilla

Värihallintajärjestelmät on kehitetty ratkaisuksi kuvallisen median tuottamisessa esiintyviin varsin yleisiin, värintoistoon liittyviin ongelmiin. Ongelmatilanteista käy esimerkkinä, kun vaikkapa skannattu kuva ei vastaa värimaailmaltaan originaalia tai monitorilla näkyvä tiedosto näyttää täysin erilaiselta kuin siitä tulostettu vedos. Tämä johtuu tavasta, jolla tietokoneet, monitorit, tulostimet, kamerat ja skannerit käsittelevät dataa jonka tarkoitus on tuottaa väriä.

Tietokoneilla työskennellessä värejä kuvataan numeroilla, ja tähän käytetään useimmiten kahta eri matemaattista värimallia, RGB:tä ja CMYK:ta.

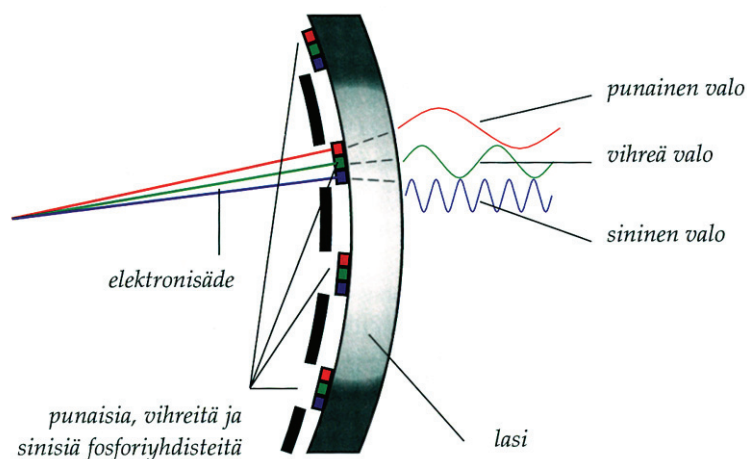
Näistä ensimmäinen liittyy valoa tuottaviin tai sitä lukeviin laitteisiin, kuten monitoreihin ja kameroihin. Jälkimmäinen yhdistetään painamiseen ja tulostukseen. RGB perustuu additiivisiin eli lisääviin pääväriin. Additiiviset päävärit, punainen, vihreä ja sininen, jakavat näkyvän valon spektrin karkeasti kolmeen osaan. Lisäämällä näitä värejä keskenään kasvatetaan siis näkyvän valon aallonpituuksia, kunnes päädytään täysin valkoiseen, jossa kaikkia kolmea pääväriä on tasapuolisesti. CMYK -malli perustuu myös valon aallonpituuksiin. Sen pääkomponentteja, syaania, magentaa ja keltaista, kutsutaan subtraktiivisiksi eli vähentäviksi pääväreiksi. Nämä värit vähentävät valkoisen valonlähteen aallonpituuksia, syaani punaisia, magenta vihreitä ja keltainen sinisiä spektrin alueita (Kuva 3.). (Fraser, Murphy, Bunting 2004, 20.) Kun näitä kolmea subtraktiivista pääväriä on vaikkapa painomusteen pigmenttien muodossa päällekkäin paperilla, siitä ei pitäisi teoriassa heijastua valoa, ja tuloksena olisi musta painojälki. Painovärit eivät kuitenkaan voi olla täysin puhtaita, ja kolmella värillä muodostettu musta on aina johonkin suuntaan sävyttynyttä painovärien tyypistä riippuen. Paremman mustan saamiseksi painamisessa käytetään lisäksi mustaa mustetta, joka merkitään värimallin nimessä viimeisenä K-kirjaimella. (Fraser ym. 2004, 53.)



Kuva 4. Additiiviset ja subtraktiiviset päävärit.

Värien kanssa tekemisissä olevat tietokoneisiin liitettävät oheislaitteet tuottavat analogisia signaaleja joko RGB- tai CMYK -muodossa. Mikroprosessorit näissä laitteissa sekä tietokoneissa käsittelevät signaaleja niiden digitaalisina vastineina ja ohjaavat tällä tavoin värien muodostamista. Tästä johtuen esimerkiksi kuvankäsittelyohjelmissa esiintyvät RGB- ja CMYK -lukuarvot tulisi ymmärtää ohjaussignaaleina monitoreille ja tulostimille. Ne eivät määrittele absoluuttisesti tiettyä väriä. Esimerkiksi samat RGB -signaalit tuottavat eri tuloksen kun ne lähetetään kahdelle eri CRT -näyttölaitteelle, koska niiden arvot säätelevät näytön elektronisäteen

voimakkuutta. Säde saa kuvaputkessa sijaitsevat fosforit loistamaan punaista, vihreää ja sinistä valoa josta monitorilla näkyvä kuva syntyy (Fraser 2004, 127) (Kuva 4.). Elektronisissa komponenteissa ja fosforeissa on eroja ja ne kuluvat käytössä epätasaisesti. Asiaan vaikuttaa lisäksi näytön valoisuus- ja kontrastisäätimien tila sekä sen ympäristön valaistus jossa monitoria katsellaan. Skannerit ja digitaalikamerat lukevat ja tuottavat väri-informaatiota monokromaattisten, valoherkkien sensorien, sekä punaisten, vihreiden ja sinisten suodattimien avulla. RGB -arvot saadaan sensorien lähettämistä jännitesignaaleista jotka kulkevat suodattimien läpi. Skannereissa ja digitaalikameroissa esiintyvien komponenttien kirjo on myös laaja. Näidenkin laitteiden toiminnan laatu muuttuu ajan myötä epätasaisesti jopa samoihin malleihin nähden, joten eri laitteet tulkitsevat saman värinäytteen eri tavoin. (Fraser ym. 2004, 54 – 55.) Tulostimien käyttämiä musteita ja väriaineita on markkinoilla lukuisia, ja paperivalinnalla on myös oma osuutensa lopputulokseen. Lisäksi paperit sekä jotkin digitaaliset tulostusmenetelmät tekniikoineen ovat herkkiä ympäristön ominaisuuksien, kuten ilmankosteuden muutoksille. RGB ja CMYK tulee tämänlaisen värintoiston vaihtelun vuoksi käsittää vain laiteriippuvina värimalleina. (Fraser 2001a.) RGB- ja CMYK -värimallit on numeerisuutensa takia voitu ottaa helposti käyttöön tietoteknisiin sovelluksiin. Värit koostuvat digitaalisessa muodossa kanavista, joista kukin on jaettu sävytasoihin (Fraser ym. 2004, 60).



Kuva 5. CRT-monitorin fosforit (Fraser ym. 2004, 54).

Värlaitteiden kyvyllä toistaa värisävyjä on myös rajoituksia, jotka riippuvat kunkin laitteen käyttämästä tekniikasta. Usein jonkin tietyn värin toistaminen erityyppisellä laitteella on fyysikaalisesti mahdotonta johtuen kohdelaitteen erilaisesta tavasta tuottaa värejä. Tulostuslaitteilla, kuten monitoreilla, painokoneilla ja tulostimilla on kiinteät väri- ja sävyalueet, jotka ne pystyvät toistamaan. Tällaista aluetta nimitetään laitteen toistoalaksi

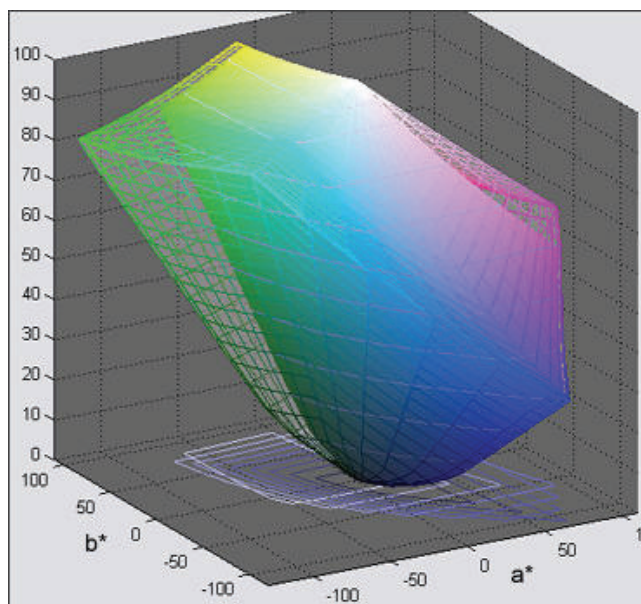
(gamut), ja sitä rajaavat kylläisimmät värit, jotka laitteella on mahdollista toistaa, eli tulostimen väriaine puhtaimmillaan, sekä monitorin kirkkaimmillaan hehkuva fosfori. Tulostuslaitteiden toistamien kirkkauserojen skaalaa kutsutaan dynaamiseksi alueeksi (dynamic range). Monitorien tapauksessa sitä rajoittaa tummimmassa päässä RGB-arvoilla 0,0,0 syntyvä musta, ja kirkkaimmassa päässä valkoinen, joka syntyy, kun kaikki kolme fosforia hehkuvat täysillä. Tulostimen dynaamisen alueen kirkkain valkoinen on paperin valkoisuus, ja tummin musta suurin mahdollinen päällekkäinen yhdistelmä neljää painoväriä. Syötelaiteilla, kuten skannereilla ja kameroilla, ei ole tarkkaa rajaa niiden näkemien ja näkemättä jäävien värien välillä, joten niille ei voida määrittää varsinaista toistoalaa. Skannereiden tapauksessa toistoalana voidaan kuitenkin ajatella skannatusta materiaalista saatua väri- ja sävyaluetta, joka on useimmiten paljon laajempi kuin skannauksen tulostamiseen käytetyillä laitteilla. Syötelaiteilla on kiinteä kirkkaustasojen skaala eli dynaaminen alue kuten tulostuslaitteillakin, mutta laajempi sellainen. Toistoalojen ja dynaamisten alueiden erot tarkoittavat sitä, ettei syötelaiteella tuotettua originaalia voida toistaa tarkasti kohteena olevalla tulostuslaitteella. Värihallintajärjestelmän täytyy tiivistää toistoaloja ja käsitellä jollakin tapaa kohteena olevan laitteen toistoalojen ulkopuolisia värejä. (Fraser ym. 2004, 72 – 74.)

4.2 Värihallinnan toiminta

4.21 Profiilien yhdysavaruus

Kun väriä kuvaava data liikkuu RGB- ja CMYK -lukuina laitteelta toiselle, muuttuu havaittu väri jokaisella kerralla sen mukaan, miten kukin laite tulkitsee väri-informaatiota. Värihallintajärjestelmän tehtävänä on selvittää, mitä havaittuja värejä RGB- ja CMYK -luvut tarkoittavat ja säilyttää nämä värit samanlaisina eri laitteissa. Tämä on mahdollista liittämällä yksikäsitteinen värimerkitys laiteriippuviin RGB- ja CMYK -lukuihin. Värihallintajärjestelmä muuttaa näitä lukuja niiden liikkuesssa eri laitteisiin siten, että jokainen laite tuottaa saman, määritetyn värin. (Fraser ym. 2004, 80.) RGB- ja CMYK -luville voidaan antaa yksikäsitteinen värimerkitys laiteriippumattomien värimallien avulla. Tällaiset värimallit on suunniteltu mallintamaan suoraan ihmisen värinäköä, eivätkä ne käytä perustanaan lukuja, joita jokin tietty laite tarvitsee värin tuottamiseen. Laiteriippumattomat mallit kuvaavat täsmällistä väriä, mutta ne eivät kerro, millä tavalla jonkin värilaitteen tulisi tuottaa tämä väri. Värihallinnassa tarvitaan molempia, sekä laiteriippuvia että laiteriippumattomia värimalleja. (Fraser ym. 2004, 69 – 70.)

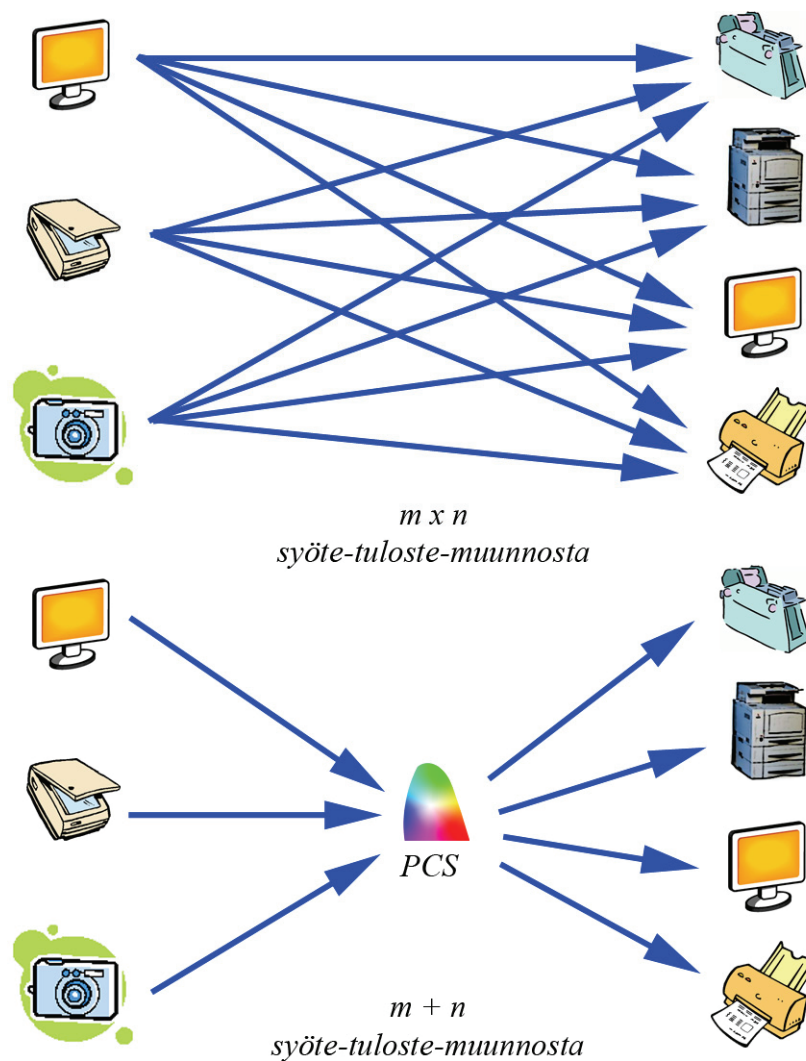
Värihallinnassa käytetyt laiteriippumattomat värimallit perustuvat vuonna 1931 julkaistuun kansainvälisen valaistuskomission eli CIE:n rakentamaan CIE XYZ (1931)-malliin. Komission työn tarkoituksena oli kuvata matemaattisesti normaalilla värinäöllä varustetulle ihmiselle täsmällisesti määritetyllä ärsykkeellä aiheutettua värihavaintoa tarkoin määritetyssä katseluympäristössä. Tästä alkuperäisestä mallista on sittemmin tehty CIE:n puolesta lukuisia matemaattisia muunnoksia. (Fraser ym. 2004, 69.) Keskeisesti värihallintaan liittyvä, vuodelta 1976 peräisin oleva CIE $L^*a^*b^*$ (1976) on yksi näistä muunnoksista. LAB -malli toimii myös vaihtoehtoisena väritilana erilaisissa kuvankäsittelyohjelmissa. Värivaikutelman kuvaaminen esitetään kolmena komponenttina: sävy, kylläisyys ja vaaleus. Komponentit on muunnettu vastaväriparien mukaan kahdeksi kromaattisuuskoordinaatiksi a^* (vihreästä punaiseen) ja b^* (sinisestä keltaiseen) sekä vaaleudeksi L^* . Jokainen komponenteista esitetään numeerisina arvoina, jolloin ne ovat yksiselitteisiä ja digitaalitekniikassa helposti hallittavissa. (Norman Koren, Color Management and Color Science – Introduction, 2002) Värihallinta käyttää LAB -mallia laitteiden välisenä tulkkina, jonka havaintoon perustuviin absoluuttisiin arvoihin RGB- tai CMYK -informaatio suhteutetaan (Fraser ym. 2004, 70). Kolmiulotteisesti esitetyssä LAB -väriavaruudessa voidaan myös vertailla laitteiden tai työtiloiksi tarkoitettujen väriprofiilien toistoavaruuksien eroja (Kuva 5).



Kuva 6. sRGB ja Adobe RGB (1998) toistoavaruudet kolmiulotteisessa LAB-avaruudessa esitettynä (Koren 2002).

Kun tyypilliseen digitaalipainon työnkulkuun kuuluu useita eri syöttö- ja tulostuslaitteita, muodostuu näistä laitteista riippumaton CIE:n väriava-

ruuksiin perustuva värien määrittely varsin hyödylliseksi värinhallinnan kannalta. XYZ- tai LAB -mallia käytetään värinhallinnassa profiilien yhdysavaruuksena (profile connection space, PCS), jonka avulla voidaan vähentää syöttö- ja tulostuslaitteiden välisiä ohjaussignaalin muunnoksia huomattavasti. Yhdysavaruus on kaikkien muunnosten keskipiste, jossa laitteiden lähettämät värisignaalit saavat yksikäsitteiset LAB- tai XYZ -arvot. Ilman tällaista risteyskohtaa esimerkiksi m kappaletta syöttölaitteita ja n kappaletta tulostuslaitteita sisältävä työnkulku vaatisi $m \cdot n$ syöte-tuloste-muunnosta. Värinhallinta sujuisi tällä tavoin erittäin kankeasti pienimuotoisessakin digitaalisen painotuotteen valmistelun ja tulostamisen työkulussa. Laitteiden väliset muunnokset voidaan supistaa $m + n$ linkiksi, kun ne ohjataan yhdysavaruuden kautta. Kuvassa 7 havainnollistetaan tarvittavien muunnosten määrää PCS:n avulla ja ilman. Kukin laite tarvitsee vain yhden linkin ilmaistakseen väri-informaationsa yksiselitteisesti PCS:n kautta. Näillä laitteiden värinvalinto-ominaisuuksia määrittelevillä linkeillä kuvataan laiteprofileja. (Fraser ym. 2004, 81 – 82.)



Kuva 7. Syöte-tuloste-muunnokset ja profiilien yhdysavaruus.

4.22 ICC-profiilien värimuunnokset

Kansainvälinen värinhallinnan standardoimisjärjestö ICC (International Color Consortium) koostuu graafisen teollisuuden ja kuvallisen viestinnän aloille teknologiaa tuottavista yhtiöistä. Järjestössä on mukana laite- ja ohjelmavalmistajia, kuten Adobe, Agfa, Electronics for Imaging, Xerox ja Apple Computer. Avoimeen formaattiin perustuvat ICC-profiilit ovat tulokseksi järjestön pyrkimyksestä standardoida käyttöjärjestelmätason värinhallinta. ICC-pohjaisen värinhallintajärjestelmän perusosat itse profiilien ohella ovat profiilien yhdysavaruus PCS, värinhallintamoduuli ja muunnosalgoritmit. Profiilit ovat pohjimmiltaan taulukoita, joiden ensimmäinen osa sisältää RGB- tai CMYK -lukuja, ja toinen osa näiden arvojen tuottamat todelliset värit CIE XYZ- tai CIE LAB -arvoina. Profiili voi kuvailla jotakin tiettyä yksittäistä laitetta, laiteluokkaa tai abstraktia väriavaruutta. Laitteiden välillä kulkevan RGB- tai CMYK -tiedon muuntamiseen tarvitaan aina kaksi profiilia. Värinhallintajärjestelmän tulee tietää, mistä värit ovat peräisin ja minne niitä ollaan siirtämässä (Fraser ym. 2004, 108). Värimuunnoksessa profiili, josta muunnetaan ottaa lähdeprofiilin roolin. Profiili, johon muunnetaan, toimii kohdeprofiilina. Luettuaan lähdeprofiilista dokumentin todelliset värit, värinhallintajärjestelmä muuttaa dokumentin tietoa kohdeprofiiliin kertoessa, mitä RGB- tai CMYK -lukuja niiden värien toistamiseen kohdelaitteessa tarvitaan. (Fraser ym. 2004, 83–85.)

Värimuunnokset suorittaa värinhallintamoduuli, eli CMM-laskin. Profiilit kuvailevat CMYK- ja RGB -arvojen PCS-vastineita, mutta olisivat tiedostokooltaan kohtuuttoman suuria, jos niihin täytyisi sisältyä jokaisen mahdollisen ohjaussignaalien lukuyhdistelmän PCS-määritelmä. CMM-laskinta tarvitaan laskemaan profiilien ilmoittamien lukujen väliin jäävät arvot. Ohjelma on modulaarinen osa värinhallintajärjestelmää, eli käytössä oleva CMM-laskin voidaan valita. Profiilit voivat niihin sisältyvän tunnisteen avulla pyytää jonkin tietyn CMM-laskimen käyttöä, jos tietokoneelle on ladattu niitä useampia. Tällöin on kuitenkin vaikeampi pysyä ajan tasalla kulloinkin käytetystä ohjelmasta. Macintosh- ja Windows-käyttöjärjestelmissä sekä värihallituissa graafisissa sovelluksissa voidaan asettaa ainoastaan yksi CMM-laskin kaikkiin värinhallintatehtäviin, jolloin mahdollisten ohjelmasta johtuvien ongelmien jäljille on helpompi löytää. Värinhallintajärjestelmä joutuu jatkuvasti tekemään muunnoksia hyvin eri tavalla väriä toistavien laitteiden välillä. CMM-laskin tarvitsee tuekseen muunnosalgoritmeja, kun laitteiden toistoalat poikkeavat toisistaan. Kun lähdeprofiiliin kuvaamat värit ylittävät kohteen toistoalan, muunnosalgoritmit määrittelevät, millä väreillä ne korvataan. ICC-profiilistandardiin kuuluu neljä muunnosalgoritmia, joista havainnollinen (perceptual) ja kyläisyyden säilyttävä (saturation) muunnos tiivistävät lähteen toistoalaa haalistamalla värejä, jotta kaikki värit mahtuisivat kohteen väriavaruus-

teen. Suhteellinen ja absoluuttinen kolorimetrinen (relative colorimetric, absolute colorimetric) muunnos liittävät kaikki toistoalan ylittävät värit lähimpiin sävyihin toistoalan sisällä. (Fraser ym. 2004, 86 – 89.)

4.23 Profiililuokat

Värihallintajärjestelmän toimivuus riippuu hyvin pitkälti käytettävistä profiileista ja niiden tarkkuudesta. Laitteprofiilit ovat kuvauksia laitteen toiminnasta profiilin tekohetkellä. Kaikki mitä värihallintajärjestelmä tietää ohjaamistaan laitteista, on merkitty niiden profiileihin. Täsmälliset ja ajan tasalla olevat laiteprofiilit mahdollistavat värien säilyttämisen, kun järjestelmä laskee muunnoksia. Ne sisältävät tietoa laitteen toimintaa kuvaavista päämuuttujista. Toistoalan kuvaus kertoo värihallinta-järjestelmälle väriaineiden värit ja kirkkauden. Dynaamisen alueen tiedot antavat valkoisen ja mustan pisteen värin ja kirkkauden. Järjestelmän täytyy saada profiilien kautta tietoa myös väriaineiden sävyntoisto-ominaisuuksista. Laitteprofiilit voidaan jakaa laitetyyppien mukaan syöttö- näyttö- ja tulostusprofiileihin. (Fraser ym. 2004, 99 – 102.)

Syöttöprofiilit ovat yksisuuntaisia ja kertovat värihallintajärjestelmälle, kuinka ihmiset tulkitsevat syöttölaitteen lukemat värit. Niiden tarvitsee määritellä ainoastaan muunnoksia laitteen väriavaruudesta yhdysavaruuteen eikä lainkaan toiseen suuntaan, sillä kameroilla tai skannereilla ei voida tulostaa tai katsella värejä. Tietokoneiden monitorit toimivat sekä syöttö- että tulostuslaitteina, joten niiden profiilit sallivat järjestelmän suorittaa muunnoksia kumpaankin suuntaan PCS:n ja näyttölaitteen väriavaruuden välillä. Näyttöprofiilin avulla värihallintajärjestelmälle kerrotaan, mitä värejä monitorissa näkyy. Monitori toimii syöttölaitteena, kun värillisiä dokumentteja arvioidaan ja muokataan näytön ruudulle piirtämien kuvien perusteella ja lähetetään eteenpäin toiselle näytölle tai tulostimelle. Samalla näyttö toimii värihallinnan kannalta tulostuslaitteena. Kun ruudulle tuodaan kuva-informaatiota, värihallintajärjestelmä määrittää tiedoston profiilin avulla sen todelliset värit sekä laskee niitä vastaavat monitorille lähetettävät RGB-arvot näytön profiilin perusteella. Tulostusprofiilien avulla suoritetaan myös kaksisuuntaisia muunnoksia. Tulostamista varten yhdysavaruuden värit täytyy muuntaa tulostimen väriavaruuteen. Kun tulostamista varten CMYK-muotoon muunnettu kuva halutaan esittää näytöllä, täytyy värihallintajärjestelmän muuntaa dokumentin värit tulostusprofiilin avulla yhdysavaruuteen ja sen jälkeen monitoriprofiilin avulla näytön RGB-avaruuteen. Tulostusprofiilien avulla painovalmiita CMYK-kuvia voidaan muuntaa myös toisten tulostuslaitteiden avaruuteen vedostusta varten. (Fraser ym. 2004, 99 – 102.)

Laitekohtaisista profiileista poikkeavat yleiset profiilit, jotka kuvailevat jonkin tietyn laitemallin tyypillistä käyttäytymistä. Lähestulkoon jokaisen nykyaikaisen värilaitteen mukana tulee laitevalmistajan puolesta tällaisia yleisiä profiilitiedostoja. Monitorien ja muiden sellaisten laitteiden kohdalla, joissa esiintyy paljon yksikkökohtaista vaihtelua ominaisuuksissa tai toiminnassa, ei yleisistä profiileista ole juurikaan hyötyä. Tällaisia laitteita ei voida kuvailla tarkasti muilla kuin räätälöidyllä laitekohtaisella profiililla. Suhteellisen vakaatoimisten laitteiden kuvaukseen yleiset profiilit kelpaavat kuitenkin hyvin. Käyttökelpoisia yleisiä profiileja ovat myös esimerkiksi standardoituja paino-olosuhteita, kuten SWOP:tä ja Euroscalea, kuvaavat profiilit. Profiileja löytyy vielä kolmatta päätyyppiä, jotka kuvailevat abstrakteja ja laiteriippumattomia väriavaruuksia. Väriavaruusprofiilit voivat olla joko ICC-standardissa määritettyjä CIE XYZ- tai CIE LAB-avaruuksia kuvailevia tai näyttöprofiilien tapaan rakennettuja laiteriippumattomia RGB-avaruuksia. (Fraser ym. 2004, 108 – 109.) Jälkimmäisiä kutsutaan myös väri- tai työtiloiksi, ja ne toimivat muokkaussovelluksissa eräänlaisina harmaatasapainotettuina, havainnollisesti tasavälisinä ja laiteriippumattomina väliavaruuksina. RGB-avaruuksista on apua värien normalisoinnissa värihallitun painotuotteen työnkulussa, jolloin muokausprosessiin tuodut sekä sen aikana luodut väridokumentit pyritään työnkulun yksinkertaisuutta tavoitellen pitämään kerrallaan samassa väritilassa. (Fraser ym. 2004, 265 – 268.)

5 KALIBROINTI

5.1 Kalibroinnin tarkoitus ja osuus värihallinnassa

Työnkulussa mukana olevien värilaitteiden kalibrointi on olennainen osa värihallintaa. Kalibroinnilla tarkoitetaan jonkin tietyn laitteen toiminnan säätämistä haluttuun tilaan. Värihallinnassa kalibroinnin tärkeimpänä päämääränä on värilaitteen käyttäytymisen vakauttaminen, jotta kyseistä laitetta kuvaileva profiili pysyisi täsmällisenä, sillä useimpien laitteiden toiminta ei ole luotettavasti vakaata, ja muuttuu ajan myötä. Tarkoituksena on saada laite tuottamaan aina sama väri annetuista RGB- tai CMYK-luvuista. (Fraser ym. 2004, 114, 121.) Esimerkiksi kuvankäsittelijän tulee voida luottaa siihen, miten näyttö esittää kuvatiedostojen värit, jotta niitä voi muokata tavoitteiden mukaisesti. Jos monitorin ruutu on vaikkapa vihreäsävytteinen, vähentää sitä katseleva käyttäjä käsiteltävien kuvien vihreitä sävyjä jotta kuvat näyttäisivät luonnollisilta. Tämä saa työasemalla tuotetun kuvamateriaalin painottumaan punaisiin sävyihin. Tietokonenäytön kalibrointi mahdollistaa värien ja harmaasävyjen tasaisen toiston ja rakentaa perustan toimivalle värihallinnalle. (Lynch 2001, 124.)

Pelkästään kalibrointi ei riitä värinhallintajärjestelmän prosessinhallinnan toteuttamiseen, koska joidenkin laitteiden epävakauden kanssa on pakko tulla toimeen. Profilointi on monessa tapauksessa suoritettava useammin kuin kerran ja joskus hyvin tiheään tahtiin. Profiili voidaan myös pohjata laitteen keskimääräiseen toimintaan kalibroinnissa apuna käytettyjen mitaustulosten avulla. Joissakin tapauksissa, kuten pöytämallisten skanneerien kohdalla, laitetta ei voida kalibroida lainkaan säätöominaisuuksien tyystin puuttuessa. Tällöin voidaan ainoastaan mitata ja tarkkailla laitteen toimintaa ja suorittaa profilointi uudelleen tilanteen sitä vaatiessa. (Fraser ym. 2004, 114 – 115.)

Kalibroinnin tehokkuutta ja profiloinnin täsmällisyyttä lisää toiminnan vaihtelua aiheuttavien tekijöiden hallinta. Joistakin tällaisista tekijöistä on huolehdittava kalibroinnilla ja profiloinnilla, sillä ne kuuluvat laitteeseen ja sen fyysisiin ominaisuuksiin, kuten CRT-monitorin fosforeitten kuluminen ja tulostimen reaktiot lämpötila- ja kosteusmuutoksiin. Osa tekijöistä on kuitenkin hallittavissa asetusten säädöillä ja varautumalla tarveaineiden mahdollisen vaihtumisen aiheuttamiin muutoksiin. Värilaitetta ohjaavat ohjelmistot sisältävät hyvin usein automaattisia valotus- tai värinkorjausominaisuuksia. Koska värinhallinta odottaa laitteelta yhdenmukaista toimintaa, nämä automaattiset ominaisuudet sekoittavat sen muuttaessaan laitteen reaktion täysin satunnaiseksi. Tällaiset automaattiset rutiinit tulisi kytkeä pois päältä, jotta laite toimisi yhdenmukaisesti jotta sitä kuvaavasta profiilista olisi jotakin hyötyä. Myös resoluutioasetusten vaihtuminen näyttö- ja tulostuslaitteissa voi aiheuttaa värien tulkinnan muutoksia, joten ne tulisi pitää yhdenmukaisina kautta linjan tai rakentaa oma profiili kullekin resoluutiotilalle. Myös ohjelmiston päivittäminen saattaa näennäisen huomaamattomasti tuoda mukanaan muutoksia laitteen toimintaan värien toistamisen kannalta. Luonnollisesti myös erilaisten säätimien ja kytkimien kautta säädetyt laitteistoasetukset täytyy pitää samassa tilassa kalibroinnin jälkeen. Tulostimien tapauksessa suurimpia vaihtelun aiheuttajia ovat painoalustana toimiva paperi sekä erilaiset painovärien muodostavat aineet, kuten musteet, värijauheet ja vahat. Kun vaikkapa paperimerkki vaihtuu, on kannattavaa profiloida laite uudelleen. Myös samalta valmistajalta peräisin olevissa papereissa tai väriaineissa voi olla valmistuseroja, joten mahdollisia eroja toiminnassa täytyy pitää silmällä myös väripatruunoita vaihdettaessa. (Fraser ym. 2004, 115 – 119.)

5.2 Kalibrointityökalut ja profiilien rakentaminen

Näyttöjärjestelmää kalibroitaessa CRT-monitorin säätimillä ja näytönohjaimen toimintaa ohjelmallisesti muuttamalla pyritään säätämään käytettävissä olevasta varustuksesta riippuen kolmea tai neljää asiaa:

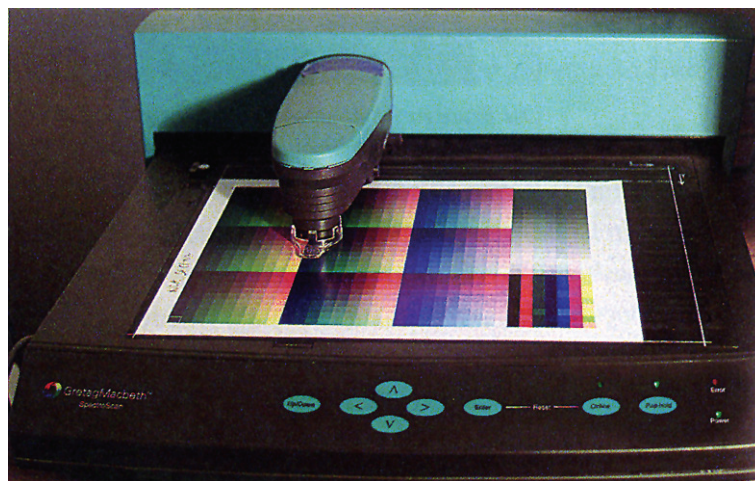
- valkoisen luminanssia (cd/m^2)
- valkoista pistettä (K)
- sävyreaktiokäyrää eli gamma-arvoa
- valinnaisesti mustan luminanssia (cd/m^2).

Valkoista pistettä sekä valkoisen ja mustan luminanssia on suotavinta säätää monitorista itsestään löytyvillä värilämpötila-, kirkkaus- ja kontrastisäätimillä, vaikka se olisi mahdollista näytönohjaimenkin avulla, sillä sen kautta tehdyt säädöt tapahtuvat sävyntoiston kustannuksella. Gamma-arvon säätö tapahtuu kuitenkin ohjelmallisesti näytönohjaimen säätöjen avulla. (Fraser ym. 2004, 126 – 127.) Valkoisen pisteen asettaminen on tärkeää värien tulkinnan kannalta, koska se määrittelee silmän havaitseman neutraalin valkoisen perustason, jonka suhteen havainnoitsija arvioi muita värejä. Monitorin kokonaiskirkkauden ja dynaamisen alueen koon kannalta on suositeltavinta kalibroida valkoinen piste lähtökohtaisesti toisen yleisen päivänvalostandardin mukaiseen 6500 Kelvin-asteen suhteutettuun värilämpötilaan standardien ollessa 5000 K ja 6500 K. 6500 kelviniä on lähempänä CRT-monitorien alkuperäistä valkoista pistettä, jolloin saavutetaan parempi kontrastisuhte. Painotuotannon värihallintaa ajatellen voidaan useampia kalibrointeja suorittamalla ja tuloksia vertailemalla etsiä optimaalisin monitorin valkoinen piste katseluympäristön valaistuksessa tarkasteltavan paperiarkin valkoisuuden suhteen. Tähän ei kuitenkaan ole kovinkaan pätevää syytä, sillä kun värihallinta on saatu toimimaan kunnolla, voidaan käyttää samaan tarkoitukseen prepressuotannossa käytettyjen ohjelmien ruudulle vedostamiseen tarkoitettuja ominaisuuksia (Evening 2004, 372). Silmän nopean mukautuvuuden ja sen värikuvan sisäisten suhteiden arviointiin keskittyneisyyden ansiosta monitorin voi pitää 6500 K tilassa ilman ongelmia, kunhan katseluympäristö on arvon kanssa suunnilleen tasavertainen. Näytön sävyreaktiokäyrä suositellaan kalibroitavan keskimääräisesti gamma-arvoon 2.2, jotta sävyt liukuisivat mahdollisimman neutraaleina, pehmeästi ja porrastumatta. (Fraser ym. 2004, 133 – 135.) Gammaa voidaan testata myöhemmin tarkemmin esimerkiksi Adobe Photoshopin avulla. Liiallista sävyjen porrastumista ilmetessä tulisi kalibrointi suorittaa uudelleen. Ihanteelliseen gamma-arvoon päädytään säätämällä kalibroidessa valittua gammaa hiljalleen arvosta 2.2 monitorin valmistajan ilmoittamaa arvoa kohti. (Fraser ym. 2004, 219 – 220.) LCD- eli nestekidenäyttöjen tapauksessa itse monitorissa ei voida säätää valkoisen luminanssin lisäksi mitään muuta asi-

aa, vaan loput säädöt toimitetaan näytönohjaimen avulla. Nestekidenäyttöjen toimintaperiaatteesta johtuen ne voidaan varustaa ainoastaan kirkkaussäätimellä. Jotkut LCD-monitorit on varustettu CRT-monitorien säätimien kaltaisilla ominaisuuksilla, mutta niilläkin säädetään vain näytönohjaimen toimintaa, tosin näyttölaitteesta käsin. (Fraser ym. 2004, 128.) Ennen kuin CRT-monitoria ryhdytään kalibroimaan, sen tulisi olla saavuttanut vakaa toimintalämpötila, joka tapahtuu vähintään puolen tunnin käytössä olon kuluttua. LCD-monitorit saavuttavat toimintalämpötilansa huomattavasti nopeammin. Kun tietokone on käynnistynyt ja laadannut käyttöjärjestelmänsä, on nestekidenäytön taustavalo vakaantunut. Luonnollisesti myös mahdollinen pöly ja sormenjäljet näyttöruudulla haittaavat kalibrointia. (Fraser ym. 2004, 136 – 137.) Näyttöjen kanssa työskenteleminen värinhallinnassa muodostaa poikkeuksen profiloinnin ja kalibroinnin rajaamiseen kahdeksi eri toimenpiteeksi. Monitoriprofiileihin sisältyy usein tietoa, joka muuttaa näytön käyttäytymistä sen sijaan, että vain kuvailisi sitä. Lisäksi monitorin profiilin luominen tapahtuu kalibroinnin yhteydessä. (Fraser ym. 2004, 129.)

Tulostuslaitteita kalibroitaessa ja niiden profiileita rakennettaessa tarkoituksenmukainen mittalaite on tärkeä. Useimmiten tulostuslaitteissa itsessään ei ole kalibrointiominaisuuksia, joten kalibrointi täytyy suorittaa laitteen ajurin, digitaalipainossa tavattujen laitteiden tapauksessa yleensä PostScript-kieltä tulkitsevan rasterikuvasuorittimen sekä mittaustulostimen ja ohjelmiston yhdistelmällä. Tämä tarkoittaa tiedossa olevista RGB- tai CMYK-arvoista koostuvan testikuvion tulostamista ja mittaamista, jonka jälkeen profilointi- ja kalibrointiohjelmisto käyttää mittaustulokset laitteen ajurin uudelleenohjaukseen tai profiilin rakentamiseen. Tulostimien kalibroinnissa käytetyt mittalaitteet ovat usein densitometrejä, joilla mitataan kuinka paljon musteen, paperin tai filmin kaltaisista aineista muodostuvat heijastavat pinnat imevät valoa, tai läpinäkyvien pintojen kohdalla sitä, kuinka paljon ne päästävät valoa läpi. Tiheyden mittaaminen tapahtuu mittaamalla pinnalle tai sen läpi tulevan valon voimakkuuden suhdetta laitteen anturien havaitseman valoon. Värinhallinnan mittalaitteissa käytetään myös kahta muuta valonmittaamistekniikkaa, heijastavia kolorimetrejä sekä heijastavia spektrofotometrejä, joista jälkimmäiset antavat tarkempia mittaustuloksia. Kolorimetrit mittaavat valosta suodattimien lävitse CIE:n kolorimetriseen järjestelmään perustuvia lukuja, jotka mallintavat silmän tappisolujen reaktiota. Spektrofotometriassa mitataan pinnalle loistavan valon kunkin aallonpituuden voimakkuuden ja takaisin laitteen sensoriin heijastuvan valon suhdetta eli spektristä heijastussuhdetta. Spektrofotometria on värinhallinnassa yleisempää, sillä spektriarvoista voidaan laskea tiheys- tai kolorimetrisiä arvoja, mutta ei päinvastoin. Värinhallintaa varten suunniteltuja spektrofotometrejä esiintyy kolmea tyyppiä: kämmenlaitteita, XY-piirtureita sekä skannaavia spektrofotomet-

reja. Kämmenlaitetta käyttäessä sijoitetaan valoa mittaava aukko aina testikuvion kunkin mitattavan ruudun päälle erikseen. Ne ovat edullisia ja soveltuvat useassa tapauksessa myös monitorien mittauksiin, mutta mitausprosessi muodostuu työlääksi satoja ruutuja käsittävää testikuviota mitatessa. XY-piirturit ovat spektrofotometrejä, joiden mitausprosessia on automatisoitu mekanismilla, joka liikuttaa lukupäätä kahteen suuntaan testikuvion poikki. Tämä mahdollistaa koko kuvion automaattisen mitaamisen, mutta yksittäisen värin tai värijoukon mittaaminen on tällaisella laitteella hankalaa. Skannaavat spektrofotometrit ovat nopeita mittauslaitteita, jotka kuljettavat laitteeseen ladattavan, liuskan muodossa olevan testikuvion lukupään ali. Myös nämä sopivat piirtureiden tavoin huonosti pistemittauksiin. (Fraser ym. 2004, 38 – 45, 166 – 169.)



Kuva 8. GretagMachbeth Spectroscan, XY-piirturi (Fraser ym. 2004, 168).

6 CASE: VÄRINHALLINNAN TOTEUTTAMINEN MULTIPRINTIN LAHDEN TOIMIPISTEESEEN

6.1 Työympäristö

6.11 Laitteisto

Multiprintin toimipisteessä olevista tietokoneista painotöiden käsittelyyn liittyy viisi työasemaa: kolme PC-työasemaa, joissa käyttöjärjestelmänä Windows XP ja kaksi Macintosh-työasemaa, joissa käyttöjärjestelminä Mac OS 8.6 ja Mac OS X. Yksi PC-työasemista toimii rullasyöttöisen julistetulostimen yhteydessä ohjaten tulostusjonoja. Toisella käsitellään lähinnä toimisto-ohjelmistoilla toteutettujen painotöiden korjausta ja tulostukseen ohjausta. Kolmas PC-työasema toimii kahden arkkisyöttöisen neliväritulostimen ohjauspäätteenä sekä Windows-ympäristössä vaativissa prepress-tehtävissä. Macintosheista OS 8.6-käyttöjärjestelmällä varustettu tietokone toimii skannerin yhteydessä, mutta varsinainen kuvankäsitte-

ly sekä muut painopinnanvalmistukseen liittyvät tehtävät toteutetaan OS X -työasemalla. Varsinaisiin prepress-tehtäviin tarkoitettuista työasemista kolmessa on CRT-monitorit, yhdessä Windows-työasemassa Nokia 446Xpro Multigraph, Macintosh-työasemista vanhemmassa monitorina toimii Sony Multiscan 520 GS ja uudemmassa Viewsonic G20F. Digitaalipainon tärkein syöttölaite, pöytämallinen dia- filmi- ja paperioriginaaleja lukeva skanneri on Agfan valmistama T2000XL Duoscan. Tulostuslaitteistoon kuuluu rullasyöttöisen julistetulostimen lisäksi kaksi arkkisyöttöistä neliväritulostinta, Xerox DocuColor 2045 ja DocuColor 12. Arkkikooneiden rasterikuvasuorittimena (RIP, raster image processor) toimii erillinen EFI:n Fiery RIP-palvelin, jonka ohjaus tapahtuu yhdeltä PC-työasemalta käsin.

6.12 Ohjelmistot

Käyttöjärjestelmien lisäksi toimipisteen digitaalipainon värinhallinnan kanssa ovat tekemisissä painettavan aineiston luontiin ja valmisteluun käytetyt ohjelmat sekä tulostimien rasterikuvasuorittimia ohjaavat ohjelmistot. OS X -työasemalla värinhallintaa koskettavia ohjelmia ovat kaikki Adoben Creative Suite 2:n ohjelmat, etulinjassa Photoshop, Illustrator sekä InDesign. Myös Macromedia Freehand 11 ja sen ohjelmistoasetukset tulee huomioida värinhallintajärjestelmässä, sillä ohjelmaa tarvitaan joissakin työnkuluista riippuen lähinnä asiakkaan toimittaman aineiston muodosta. Samat ohjelmat löytyvät myös Fiery RIP:hen yhteydessä olevalta PC-työasemalta.

Värinhallinnan ja profiilien sisällyttämisen kannalta skannerin ohjelmiston toiminta on myös oleellista. Ketjun loppupäässä, merkittävänä osana koko värinhallintajärjestelmää vaikuttaa RIP:tä ohjaava EFI Command Workstation 4.2. ohjelmisto, johon on sisällytetty tulostimien kalibrointiin ja profilointiin erikoistunut EFI ColorWise -ohjelma.

6.13 Kalibrointi- ja profilointityökalut

Näyttöjen kalibrointi ja profilointi sekä käyttöjärjestelmän yleisten värinhallinta-asetusten säätö suoritetaan Macintoshien tapauksessa käyttöjärjestelmän ColorSync -ohjelmalla. PC-työasemilla monitorien kalibrointi toteutetaan Adobe Gamma -ohjelmalla, ja muutamat mahdolliset värinhallintaan liittyvät yleiset käytännöt määritellään Ohjauspaneelistä käsin suoraan ICM:ään (Image Color Management), Windowsin käyttöjärjestelmätason värinhallinta-asetuksista. ColorSync ja ICM ovat käyttöjärjestelmiin sisällytettyjä teknologioita jotka tarjoavat sovelluskehittäjille värinhallintapalveluja API-sovellusrajapintojen (Application Programming In-

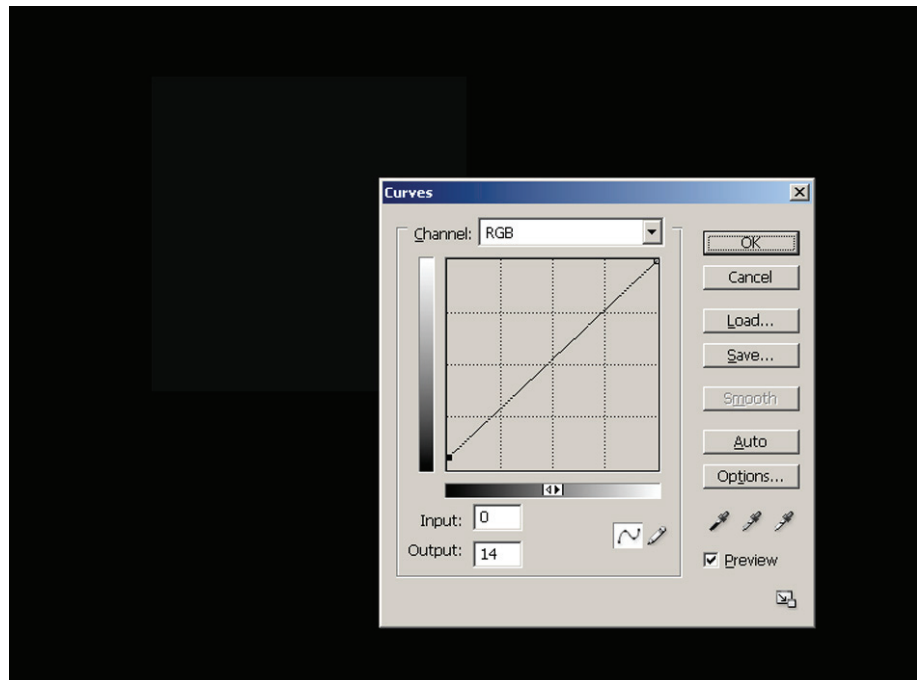
terface) muodossa sekä muodostavat kehysarkkitehtuurin kolmansien osapuolien CMM-laskimille (Fraser ym. 2004, 295). Tulostimien kalibrointi- ja profilointityökaluina toimivat EFI ColorWise -ohjelma sekä sen yhteydessä testikuvioita mittaava densitometri, X-Rite DTP32.

6.2 Profiilit

6.21 Monitorien kalibrointi ja profilointi

Monitorien kalibrointi tapahtuu työasemasta riippuen joko Adobe Gamma tai Apple ColorSync ohjelman avulla silmämääräisesti ilman erillisiä mittalaitteita. Katseluympäristö on paljon kriittisempi tekijä silmämääräisessä kalibroinnissa kuin laittein suoritettavassa. Valaistus Multiprintin Lahden toimipisteessä on painoalan yleisen käytännön mukaan vakaa ja sovitettu lähelle päivänvalostandardia D50, suhteutettu väriämpötila 5000 K. Kalibrointi tapahtuu tällöin aina samoissa valaistusolosuhteissa. Katselukentän seinäpinnat koko toimistossa ovat neutraalin valkoisia, eikä huoneen väri pääse vaikuttamaan valoon. Kunkin näytön tausta säädetään kalibrointia suoritettaessa neutraalin harmaaksi, jotta gamma-säädöt voidaan määrittää oikein ja ilman häiriötekijöitä. Lähtökohta silmämääräiselle kalibroinnille on aina valmis profiili, tässä tapauksessa jokaisen näytön mukana tullut valmistajan toimittama yleinen profiili, johon kalibrointisäätöjen muutokset tallennetaan. Kalibrointiohjelma arkistoi uuden profiilin Windows XP-työasemissa kansioon Windows/System/Spool/Drivers/Color, ja Macintosh-työasemissa kansioon Library/ColorSync/Profiles/Displays. Kalibrointi suoritetaan kerran viikossa.

Monitorin mustan pisteen ja gamman kalibrointi testataan kerran kuussa Photoshopin avulla poistamalla ensin profiili näyttöjärjestelmästä, jotta ohjelmassa annetut RGB-arvot kulkeutuvat suoraan monitorille. Kun valitaan View > Proof Setup > Monitor RGB (Näyttö > Vedosasetukset > Monitorin RGB), ohjelma lataa automaattisesti Monitor RGB -profiilin ja säilyttää värinumerot. Ohjelmassa luodaan tasaisen musta dokumentti, jonka keskeltä tehdään aluevalitsimella valinta. Paletit, valikot ja valinta-osoitukset (Extras) kätetään ja valitaan täyden näytön tila, jossa avataan Curves (Käyrät) valintaikkuna. Osoitin kohdistetaan ikkunassa pisteeseen 0, 0 ja ikkuna vedetään pois ruudulta tasaisen mustan alueen jäädessä koko ruudulle. Valitun alueen tasoa kasvatetaan yksi kerrallaan painelemalla nuoli ylös -näppäintä. Kuvassa 9. esiintyy ruudun näkymä, kun Curves-valintaikkuna on avattu. Jos valinnan ja taustan eroa ei havaita kahdentoistakaan tason korotuksen jälkeen, on kalibrointi suoritettava uudelleen ja mustaa pistettä nostettava.



Kuva 9. Mustan pisteen kalibroinnin testausmenetelmä Adobe Photoshopissa.

Gamma-arvo voidaan tarkistaa ruudun laidasta laitaa ulottuvalla mustasta valkoiseen ulottuvalla liu'ulla (Kuva 10.). Testikuva tarkistetaan täyden näytön tilassa ilman valikoita. Jos liuku on sävyttynyt kun sen pitäisi olla neutraalin harmaa, tai jos häiritsevää porrastusta ilmenee, on monitorin säädöt syytä tarkistaa ja kalibrointi tehtävä uudelleen.



Kuva 10. Gamma-arvon kalibroinnin testauskuvio Adobe Photoshopissa.

6.22 Syöttöprofiilit ja niiden käyttö

Pistemittauksiin soveltuvan laitteen puuttuessa digitaalipainon laitteistosta, on skannerin tapauksessa tultava toimeen valmistajan toimittamilla yleisillä profiileilla. Valmiita profiileja on erilaisille skannattaville mediatyypeille, jotka valitaan skannerin ohjelmistossa ennen skannausta-
pahtumaa. Ohjelmiston automaattiset asetukset, kuten terävöitys, on kuitenkin aina pidettävä pois päältä, jotta värinhallinnasta olisi skannausten kannalta jotain hyötyä.

6.26 Tulostimien kalibrointi ja tulostusprofiilit

Tulostimet kalibroidaan ja profiloidaan EFI CommandWorkstation-ohjelmistoon liitettyllä ColorWise -ohjelmalla sekä pakettiin kuuluvalla densitometrillä. Densitometri lukee jokaisen musteen väriset kiilat, jotka sille tulostetaan. Laite suorittaa yhdessä ohjelman kanssa laskutoimenpiteet, jotka säätävät tulostimen toiminnan lineaarisiksi. Kalibrointi tulisi suorittaa aina kun tarveaineita, kuten toonereita, vaihdetaan, tai jos tulostimille suoritetaan huoltotoimenpiteitä. Vaikka tulostimien käyttö sujuisi ilman havaittavia muutoksia, olisi järkevää suorittaa kalibrointi ainakin kerran päivässä. Densitometri tulee muistaa puhdistaa ja kalibroida laitteen käyttöohjeen mukaisesti, jotta sen mittaustulokset pysyisivät luotettavina. Tulostusprofiilit tallentuvat automaattisesti ColorWise-ohjelman määrittämään sijaintiin, josta niitä voidaan siirtää muille työasemille mahdollista näyttövedostusta varten.

6.3 Värinhallinnan työnkulku Multiprintin digitaalipainossa

Jos värinhallintaa halutaan käyttää Adoben graafisissa sovelluksissa, niin ohjelmien asetusten ”Color Management Policies” kohdan vetovalikoissa pitäisi näkyä valinta ”Preserve Embedded Profiles”. Muita vaihtoehtoja ovat ”Off” ja ”Convert to Working Space”. ”Off” -valinnan käyttäminen tarkoittaa, että esimerkiksi Photoshop poistaa avattujen kuvien profiilit eikä liitä työtilaa kuvaavaa profiilia niihin tallennettaessa. Jos kuvatiedoston profiili on sama kuin käytössä oleva työtila, Photoshop säilyttää profiilin ja liittää sen myös, kun kuva tallennetaan. Tästä tilasta ei siis ole värinhallinnan kannalta mitään hyötyä, koska se takaa värien merkityksen muuttumisen jo kuvia avattaessa. Kun käytäntönä on ”Convert to Working Space”, ohjelma muuntaa kuvan profiilin käytettyyn työtilaan ja liittää työtilan profiilin tiedostoon sitä tallennettaessa. Tällöin värien lukuarvot muuttuvat, mutta värit säilyvät ruudulla samankaltaisina. Valinta saa sovelluksen tekemään enemmän työtilojen muutoksia kuin yleensä olisi tarvetta, sillä versiosta 6 eteenpäin jokaisella avatulla kuvalla voi olla käy-

tössä sen oman profiilin määrittämä työtila. ”Preserve Embedded Profiles” valinta tarkoittaa, että avatun kuvan profiili määrittää sen käyttämän työtilan. Kuvan RGB- tai CMYK-arvoja ei muuteta, ja värit näytetään ruudulla profiilin mukaisesti. Tiedostokohtaiset työtilat eivät välttämättä vaikuta kovin selkeältä menetelmältä, mutta Adoben värihallitut ohjelmat kertovat tiedoston nimipalkissa näkyvillä merkeillä käyttäjälle eroaako työtila asetuksissa määritetystä oletuksesta. Näistä kolmesta käytännöstä viimeiseksi kuvailtu on ehdottomasti turvallisin, sillä se auttaa näkemään kuvan sellaisena, kuin se on tarkoitettu muuttamatta värien lukuarvoja. Työtilojen muunnokset voi aina tehdä jälkeenpäin kun kuvan värit on ensin arvioitu niitä muuttamatta. (Fraser 2001b.)

Freehand -vektorigrafiikkaohjelma suorittaa värimuunnoksia vain tulosteeksi ja tukee vain yhtä CMYK-profiilia kerrallaan. Kun kyseistä ohjelmaa joudutaan käyttämään, tulisi kaiken kuva-aineiston jota ohjelmaan tuodaan olla valmiiksi lopulliseen CMYK-tilaan muunnettuna, jotta väriarvot säilyvät haluttuina tulostettaessa. OS X -työaseman Freehand-ohjelman väriasetuksissa tulisi olla käytössä Apple ColorSync-vaihtoehto kohdassa värihallintatyypit. Tämän jälkeen Color Management Setup -valintaikkunasta voidaan asettaa ajankohtainen näyttöprofiili, sillä Freehand ei hae tätä tietoa automaattisesti käyttöjärjestelmän värihallintajärjestelmästä. Separations Printer -asetus määrittää oletetun lähdeprofiilin kaikelle CMYK-aineistolle, joten sen tulisi olla sama kuin käsiteltyihin kuviin liitetty lopullinen CMYK-profiili Photoshopissa. Kun Freehandista viedään Export -komennolla tiedostoja sivuntaitto-ohjelmaan, käytössä on valitusta tiedostotyyppistä riippuen erilaisia värimuunnostoimintoja. Käyttäjä ei pysty vaikuttamaan näihin, eikä värihallinta toimi halutulla tavalla. Ainoa tapa pitää värit hallittuina, kun Freehandilla luotua aineistoa halutaan käyttää myöhemmin eri ohjelmassa, on tulostaa aineisto PostScript-tiedostoksi ja luoda siitä PDF Adobe Distillerissä.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli syventää tekijän käsitystä digitaalipainosta sekä värinhallinnasta. Työssä käytiin läpi digitaalipainon roolia nykyaikaisessa painoteollisuudessa sekä siihen kuuluvia tulostustekniikoita. Värinhallinnan periaatteita tutkittiin teoriasta lähtöisin aina käytännön soveluksiin saakka. Case-osio keskittyi toimivien värinhallintaratkaisuiden löytämiseen erilaisten painotyössä käytettyjen laitteiden välille. Näiden osuuskien myötä työ on onnistunut tekijän sille asettamissa tavoitteissaan.

Työtä aloitettaessa värinhallinta oli käsitteenä tekijälle täysin uusi, eikä siihen ollut opiskelun tai työharjoittelun myötä kuin vähäistä kosketusta. Värinhallinnan käytännön toiminta oli täysin hämärän peitossa, mutta työn tekeminen on antanut arvokasta tietoa ja käytännön ratkaisuiden tuntemusta tekijälleen. Aineiston keräämisen yhteydessä moni asia selkiytyi ja alussa omaksutut virheelliset käsitteet värinhallinnan toiminnasta korjautuivat eri tietolähteitä tutkittaessa. Myös digitaalipainon rooli, asema ja mahdollisuudet painoteollisuudessa ovat selkiytyneet tekijälle.

Opinnäytetyön aihealue pitää silti sisällään vielä hyvin paljon asioita, jotka ovat tekijälle vielä täysin uusia ja vaativat syvempää tutustumista. Värinhallintaan ja sen ylläpitoon erikoistuneiden laitteiden ja ohjelmistojen kirjo on suuri, eivätkä ne vielä ole kovinkaan tuttuja opiskelijalle. Opinnäytetyö on kuitenkin antanut tähän itsensä ammatilliseen kehittämiseen hyvät perustiedot, sillä tekijän tarkoituksena on kouluttautumisen jälkeen pyrkiä työskentelemään painoteollisuuden piirissä.

LÄHTEET

Kirjat:

Eteläaho, A., Gardberg, L., Koskinen, P., Södergård, C., Veilo, J., Veilo, S. & Åberg, K-E. 1997. Digitaalisen painamisen ja tulostamisen opas. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.

Fraser, B., Murphy, C. & Bunting, F. 2004. Värinhallinta. Helsinki: IT-Press.

Lehtonen, E., Mattila, P., Veilo, P. & Raninen, T. 2003. Digitaalinen painoviestintä. Helsinki: WSOY.

Lehtonen, T. 1997. Digitaalinen painaminen. Helsinki: Opetushallitus.

Lynch, R. 2001. Using Adobe Photoshop 6. USA: Que Publishing.

Artikkelit:

Kinturi, M-L. 2004, Canonin toimitusjohtaja Jouko Tuominen kannustaa kilpailemaan uusilla palveluilla, Julkaisija 5/2004, 30.

Ulkoistussopimus takaa laadun 2003, Hetkessä – Multiprint Oy:n asiakaslehti 1/2003, 5.

Sähköiset lähteet:

Evening, M. 2004. Adobe Photoshop CS for Photographers, Chapter 13 [verkkojulkaisu]. Focal Press [viitattu 20.3.2006]. Saatavissa: http://www.photoshopforphotographers.com/pscs/download/PSCS_colmanage.pdf

Fraser, B. 20.6.2001. [a.] Out of Gamut – Getting a Handle on Color Management [verkkojulkaisu]. Creativepro.com [viitattu 12.2.2006]. Saatavissa: <http://www.creativepro.com/story/feature/13605.html>

Fraser, B. 5.9.2001. [b.] Out of Gamut - Setting Up Color Management in Photoshop 6 [2.] [verkkojulkaisu]. Creativepro.com [viitattu 12.2.2006]. Saatavissa: <http://www.creativepro.com/story/feature/14331.html>

Koren N. 2002. Color Management and Color Science – Introduction
[verkkajulkaisu]. Koren, N. [viitattu 3.5.2006]. Saatavissa:
http://www.normankoren.com/color_management.html