

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

Jussi Vesalainen

Arkkioffsetpainon kuntoonlaiton vakiointi

Insinööriyö 1.12.2009

Työn ohjaaja: konsultti Antti Taskinen
Työn valvoja: yliopettaja Seija Ristimäki

Tekijä Otsikko	Jussi Vesalainen Arkkioffsetpainon kuntoonlaiton vakiointi
Sivumäärä Aika	56 sivua 1.12.2009
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	konsultti Antti Taskinen yliopettaja Seija Ristimäki
<p>Insinööriyössä etsittiin ratkaisua, kuinka ennakoida painoväriin kuivumisesta aiheutuvia muutoksia offsetpainon painojäljen laadussa. Tietoa etsittiin myös värin densiteettien ja Lab-arvojen muutoksien välisestä yhteydestä painojäljen laatuun. Painoväriin kuivumisesta ennakoimalla pyrittiin löytämään kuntoonlaiton densiteettien ohjearvot, joilla saavutettaisiin ISO 12647-2 -standardin mukainen painolaatu.</p> <p>Työssä suunniteltiin ja toteutettiin kaksi testipainatusta. Testipainatukset suoritettiin kahdelle paperityypille. Testejä varten suunniteltiin testipainoarkki. Painoarkit mitattiin spektrofotometrillä ja mittatiedot kerättiin tietokoneelle. Värin mittauksessa perehdyttiin mittaustekniikoiden tulosten eroavuuksiin ja eri valmistajien mittareiden mittatiedon vaihteluihin.</p> <p>Mittaustuloksista analysoitiin painoväriin kuivumisessa tapahtuvia muutoksia ajan suhteen. Tulokset osoittivat, että kuivumisen aiheuttamat muutokset ovat merkittävimmät ensimmäisen kuuden tunnin aikana. Insinööriyön avulla saatua informaatiota voidaan käyttää tulevaisuudessa värinhallintaprojekteissa, joissa pyritään saattamaan painotalojen painolaatu ISO-standardin mukaiseksi. Insinööriyö auttaa myös kuntoonlaiton densiteettien ohjearvojen tarkemmassa määrittämisessä.</p>	
Hakusanat	ISO-standardi, offsetpaino, painoväri, värinhallinta, kuntoonlaitto, painoväriin kuivuminen

Author Title	Jussi Vesalainen The standardisation of the make-ready of offset press
Number of Pages Date	56 1 December 2009
Degree Programme	Media technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Antti Taskinen, Consult Seija Ristimäki, Principal Lecturer
<p>How to forecast changes in the quality of the printing caused by the drying of the printing ink was a solution looked for in the thesis. In addition, this study aimed at finding information about the connection between the changes in the densities and Lab-values of the colour to the quality of printing. An attempt to find the reference values of the densities of the make-ready process was also made. The goal was to reach ISO 12647-2 standard print quality.</p> <p>Two test printings were designed and carried out in the thesis. The test printings were performed for two paper types. For the tests a test sheet was designed. The press sheets were measured with a spectrophotometer and the measure data was gathered to a computer.</p> <p>In the measuring of the colour the differences of the results of measuring techniques and the variations of the measure data of the different manufacturers' meters were studied.</p> <p>Changes which take place in the drying of the printing ink were analyzed from the measurement results in regard to the time. It was concluded from the results that the most significant changes in the drying of the printing will take place during first six hours.</p> <p>The information that has been obtained with the help of the thesis can be used in the future in the colour management project in which an attempt is made to make the print quality of the printing houses to be in accordance with the ISO standard. The thesis also helps in the more exact definition of the reference values of the densities of the make-ready.</p>	
Keywords	ISO-standard, offset press , printing ink, colour management, make-ready, drying of printing ink

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Väriopin peruskäsitteitä.....	8
2.1 Värin havainnoinnin perustietoa	8
2.2 Värinmuodostustavat.....	10
2.3 Värin havainnoinnin haasteet ja ongelmat.....	11
3 Painojäljen laatu ja painon värinhallinta	13
4 Standardin mukainen painaminen.....	15
4.1 Painotoimintaa koskevat standardit.....	15
4.2 Standardin mukaisen painamisen hyötyjä ja ongelmia	18
5 Värimittaus painotuotteesta	20
5.1 Densitometrinen mittaus.....	20
5.2 Kolorimetrinen mittaus.....	21
5.3 Spektrofotometrinen mittaus.....	25
5.4 Visuaalinen mittaus	25
6 Materiaalien vaikutus painojälkeen	27
6.1 Paperi.....	27
6.2 Painovärien koostumus.....	32
7 Koepainatukset	35
7.1 Väripitotason optimointi NCI-ajolla	35
7.2 Koepainatuksen suunnittelu ja toteutus.....	37
7.3 Tulosten analysointi	42
8 Yhteenveto.....	47
Lähteet.....	50
Liite 1: Yhteenveto ISO 12647-2 -standardista.....	52
Liite 2: Testiarkin sektori	53
Liite 3: Testipainatuksen testiarkit.....	54
Liite 4: Eurobulk-paperin tekniset tiedot	55

Liite 5: Dito-paperin tekniset tiedot.....	56
--	----

1 Johdanto

Ajatus opinnäytetyön aiheeksi syntyi tilaajan tarpeesta selvittää painojäljen muutoksia painotapahtuman yhteydessä. Väreille on olemassa standardin määrittämät tavoitearvot, jotka perustuvat spektrofotometriin värimittauksiin. Tiedetään, että painojäljen tummuus muuttuu kuivumisajan funktiona. Painokoneella toimitaan kuitenkin densitromittauksia käyttäen ja esimerkiksi kuntoonlaitolle haetaan tavoitedensiteetit joko NCI-ajojen perusteella tai kokemusperäisesti.

Tieto värin Lab-arvojen muutoksista kuivumisajan funktiona on vähäistä. Lisäksi määstä painojäljestä mitatun densiteettiä ja loppukäyttäjälle menevän kuivan painotuotteen värin Lab-arvojen välisestä yhteydestä ei ole tarkkaa tietoa.

Tavoitteena on selvittää koepainatuksella painojäljen tummuuden sekä painojäljen värin ja värieron muutos standardiin kuivumisen edetessä. Tämän perusteella on tavoitteena kehittää menetelmä, jolla voitaisiin ennakoita painojäljessä tapahtuvia muutoksia kuivumisajan funktiona ja pyrkiä toteuttamaan painokoneen kuntoonlaitto ISO-standardin vaatimien tavoitteiden mukaisesti, jotta valmis tuote saadaan loppukäyttäjälle mahdollisimman optimaalisena. Ongelmana arkkioffsetpainokoneen kuntoonlaitossa on löytää densiteetit, joilla saavutetaan ISO-standardin tavoite-Lab-arvot.

Tavoitteen mukaisesti pyritään vastaamaan kysymyksiin a) voidaanko kuntoonlaiton tavoitedensiteettien perusteella ennakoita lopullisen kuivan painojäljen väriä ja b) mitä kuntoonlaitossa tulisi painojäljestä mitata pyrittäessä standardin mukaiseen painojälkeen.

Työn tilaaja on värinhallintapalveluihin erikoistunut konsulttiyritys Gateway Communications Oy, ja työn ohjaajana yrityksen toimitusjohtaja Antti Taskinen.

Insinööriydessä perehdytään painotekniikkaan, standardin mukaiseen painamiseen, painomateriaaleihin ja painotuotteen mittaustekniikoihin. Painomateriaalien osalta työssä paneudutaan tarkemmin painovärin ja painopaperin vaikutukseen painojälkeen.

Muihin painoprosessin muuttujiin ei tämän työn osalta tutustuta tarkemmin. Perehtyminen standardin mukaiseen painamiseen on yksi iso osio, ja painoväriin mittaustekniikoiden vertailu on osa työtä.

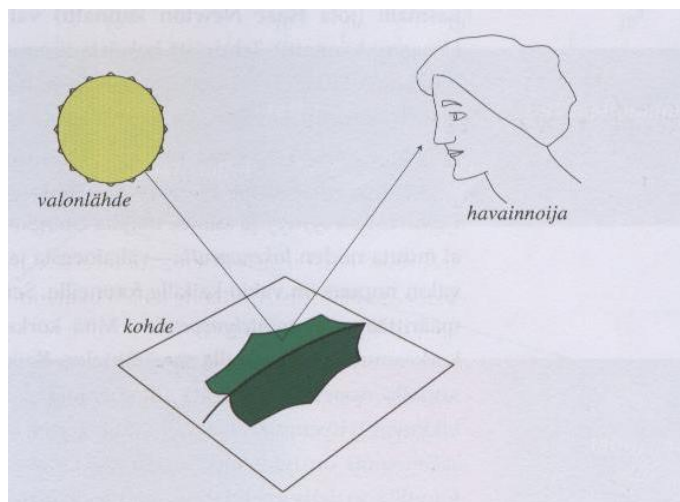
Insinööriyön toinen puoli on teorian tiedon soveltamista käytännössä. Koepainatuksen suunnittelu, toteutus ja tulosten analysointi sisältyvät työn käytännön toteutukseen. Koepainatus suunnitellaan yhteistyössä yhteistyökumppanien kanssa. Yhteistyökumppaneita ovat testipaino ja paperin toimittaja.

Työn tavoitteena on selvittää painojäljessä painamisen jälkeen tapahtuvien muutosten vaikutusta lopulliseen laatuun. Tämän tiedon pohjalta pyritään ennakoimaan värin muutosta niin, että painotuote on asiakkaalla halutunlainen.

2 Väriopin peruskäsitteitä

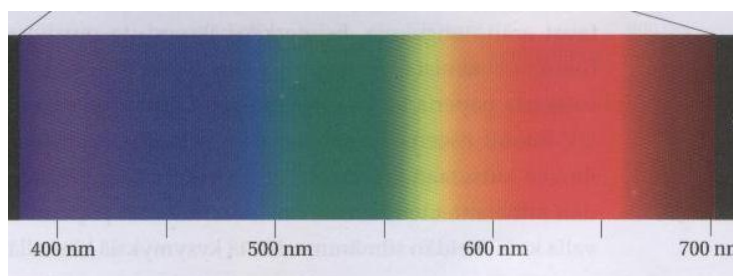
2.1 Värin havainnoinnin perustietoa

Värin havainnointiin vaaditaan kolme osatekijää: valonlähde, kohde ja havainnoija (ks. kuva 1).



Kuva 1. Väritapahtuman osapuolet [1, s. 5].

Ihmissilmän havaitsemien värien aallonpituudet ovat 380 ja 700 nanometrin välillä (kuva 2).



Kuva 2. Näkyvänvalon spektri [1, s. 7].

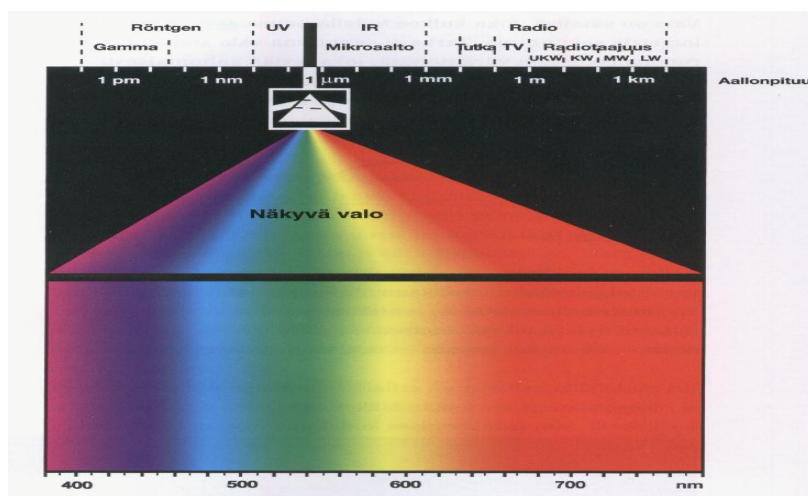
Valonlähde on yksi kolmesta osatekijästä, jotka muodostavat värihavainnon. Mitä laajemman ja tasaisemman alueen valonspektristä valonlähde säteilee, sitä parempi värihavainto on teoriassa. Valonlähteitä arkielämässä ovat aurinko, valaisimet ja muut valoa lähettävät kappaleet. Mittalaitteissa on yleisesti yksi tai useampia standardin

mukaisia valonlähteitä. Mittalaitteiden valonlähteet on standardoitu, jotta eri laitevalmistajien mittaustieto olisi mahdollisimman yhtenäistä. [1, s. 7.]

Valaistava kohde on toinen värin havainnointiin liittyvä osatekijä. Kohteen ominaisuus heijastaa tai absorboi valoa vaikuttaa kappaleesta takaisin heijastuvan valon määrään. Esimerkiksi kappale, jonka ihminen havaitsee punaisena, heijastaa punaista valoa ja absorboi itseensä muut valon aallonpituudet. [2, s. 13.]

Havainnoija on kolmas osatekijä värihavainnossa. Ihmissilmä on evoluution vaikutuksesta suuntautunut reagoimaan sähkömagneettiseen säteilyyn, jonka aallonpituus on välillä 380 ja 700 nanometriä. Ihminen on väritapahtuman tekijöistä ehkä haastavin, koska ihmisen tekemä värihavainto on aina subjektiivinen kokemus. Värihallinnassa ongelma on pyritty ratkaisemaan sillä, että on luotu niin sanottu standardihavainnoija, joka on määritetty tutkimalla ihmisten värihavainnointia ja luomalla laajemman otannan keskiarvosta standardihavainnoija.

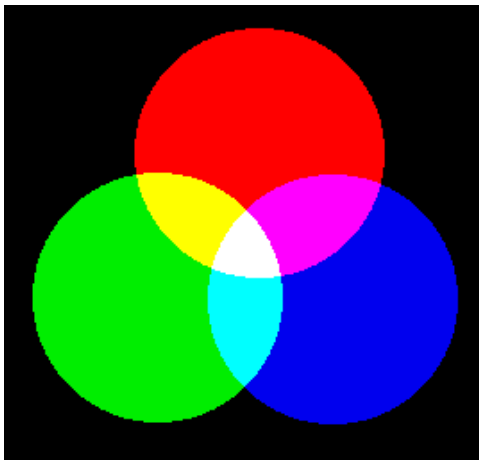
Ihmissilmä reagoi vain pieneen osaan koko sähkömagneettisesta spektristä. Ihmissilmä reagoi sähkömagneettiseen säteilyyn, jonka aallonpituus on välillä 380 ja 700 nanometriä. Tällä alueella olevaa sähkömagneettista säteilyä kutsutaan näkyväksi valoksi. Kuvasta 3 ilmenee koko sähkömagneettisen spektrin laajuus ja se, kuinka pieni osa näkyvä valo on koko sähkömagneettisen säteilyn spektristä.



Kuva 3. Sähkömagneettinen spektri ja näkyvän valon spektri [2, s. 10].

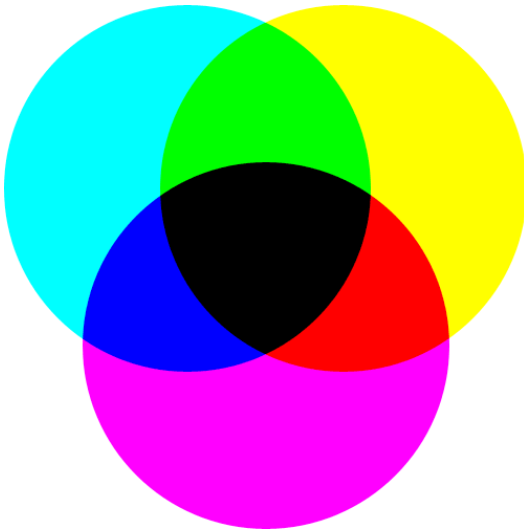
2.2 Värimuodostustavat

Additiivinen eli lisäävä värimuodostus perustuu nimensä mukaisesti väriä lisäävään tapaan muodostaa väri. Tällä toimintaperiaatteella toimivat televisiot, videoprojektorit ja digitaalikamerat. Väri muodostetaan lisäämällä mustalle pohjalle halutunväristä valoa. Useimmat additiivisesti toimivat laitteet muodostavat kuvan kolmesta väristä, jotka ovat punainen, vihreä ja sininen (ks. kuva 4).



Kuva 4. Additiivisessa värimuodostuksessa värit tuotetaan punaisesta, vihreästä ja sinisestä [2, s. 12].

Subtraktiivisessa eli vähentävässä värimuodostuksessa väri muodostetaan vähentämällä kappaleesta heijastuvan valon määrää. Subtraktiivisessa värimuodostuksessa lähdetään liikkeelle valkoisesta väristä ja vähentämällä heijastuvia värejä yksi kerrallaan päädytään viimein mustaan väriin (ks. kuva 5). Tulostettaessa värejä paperille värimuodostustapa on subtraktiivinen. Tulostus- ja painolaitteissa käytetään yleisesti neljää painoväriä muodostamaan värit. Värit ovat syaani, magenta, keltainen ja musta. Teoriassa syaanilla, magentalla ja keltaisella pystyttäisiin luomaan värit, mutta käytännössä painovärit ovat epäpuhtaita ja niistä muodostettu mustaksi tarkoitettu väri toistuu paperilla tummanruskeana. Tätä ongelmaa voidaan korjata mustalla värillä. [3, s. 86.]

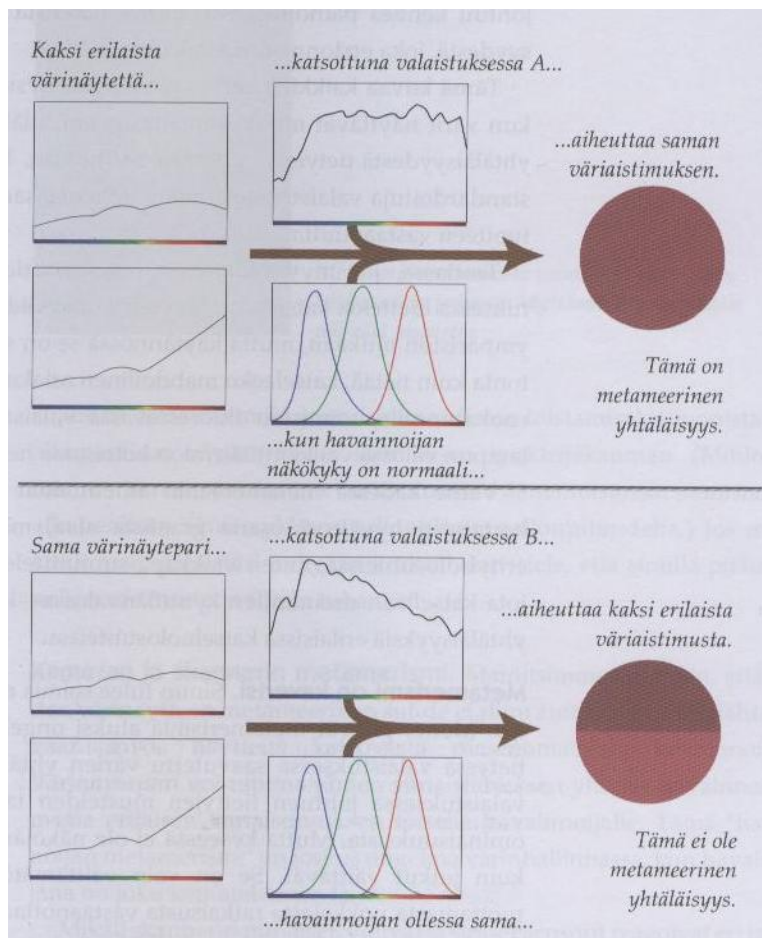


Kuva 5. Subtraktiivisessa värinmuodostuksessa värit tuotetaan syaanista, keltaisesta ja magentasta [2, s. 13].

2.3 Värin havainnoinnin haasteet ja ongelmat

Suurin haaste värin havainnoinnissa on ihmissilmän yksilöllinen tapa aistia värejä. Silmän tapaan reagoida väreihin vaikuttavat silmän tappi- ja sauvasolujen reagoinnin lisäksi myös psykologiset seikat. Ihmisen psykologiseen värinäkemiseen vaikuttavat aiemmat muistikuvat ja tunteet väristä. Ihmiset voivat aistia samankin värin eri lailla. Niin sanottu standardihavainnoija on kehitetty värijärjestelmien pohjaksi. Se ei muuta sitä tosiasiaa, että eri ihmisillä on edelleenkin erilaiset väriaistimukset. Kuitenkin käytännön tilanteissa yksilöllisen värihavainnon tekee aina yksilöllisesti värejä aistiva ihminen.

Toinen iso haaste värin havainnoinnissa on metameria. Se on ilmiö, jossa kaksi vertailtavaa väriä näyttävät yhdessä valaistuksessa samanlaisilta, mutta toisessa erilaisilta. Tämä tulee hyvin ilmi esimerkiksi vaatteiden väreissä: kaksi vaatetta voi näyttää loisteputkivalon alla samanvärisiltä, mutta päivänvalossa ne näyttävätkin erivärisiltä [1, s. 25]. Kuva 6 havainnollistaa, kuinka valaistuksessa A koko ympyrä on samanvärisen ja valaistuksessa B ympyrän puolikkaat ovat erivärisiä.



Kuva 6. Metameria- ilmiön periaate [1, s. 27].

Tekniikka on otettu avuksi värin mittaamisessa. Teknisten mittalaitteiden avulla värit voidaan määrittää tarkasti. Teknisellä värin mittaamisella päästään eroon ihmissilmälle ongelmallisesta psykologisesta värinhavainnoinnista.

3 Painojäljen laatu ja painon värinhallinta

Painotuotteen kokonaislaadun kannalta tärkeitä työvaiheita ovat repro, painopinnan valmistus, painaminen ja jälkikäsittely.

Painoalustan tasaisuus vaikuttaa painojäljen laatuun. Ideaalitulanteessa painoalusta pinta olisi täysin tasainen, mutta käytännössä painoalustan pinta on epätasainen. Painoväriin imeytyminen ja epähomogeenisuus heikentävät laatua. Ideaali tilanne olisi, että väri muodostaisi paperille tasaisen kalvon eikä imeytyisi paperin sisään.

Painoprosessin toimivuuteen vaikuttavat painolaitteiston kunto, painajan ammattitaito ja painatusolosuhteet. Painokoneen värinannon tasaisuus ja hyvä kohdistus tuottavat hyvän painojäljen laadun. Painatusolosuhteisiin vaikuttavat ilman lämpötila, lämpötilat painokoneessa ja ilman kosteus. Painoväriin ja kostutusveden lämpötilojen stabilointi parantaa painoprosessin toimivuutta. Myös kostutusveden kemiallisen koostumuksen tasaisuus ja tarkkailu on edellytyksenä tasaisen painojäljen tuottamiseen.

Painon värinhallinta

Värinhallinnan tavoitteena painotaloissa on pyrkiä tuottamaan tuotteita, joiden laatutaso olisi mahdollisimman stabiili pitkällä aikavälillä. Jotta värinhallinnan lopputulos olisi hyvä, on värinhallinta ulotettava kaikkiin tuotantoprosessin osiin [1, s. 79]. Painon värinhallinnan tavoitteena on tuottaa eri tulostuslaitteilla mahdollisimman yhdenmukaista painojälkeä. Tulostuslaitteisiin painotaloissa voi kuulua muun muassa offset-painokoneita, vedostimia ja digitaalisia painokoneita. Painotaloissa tuotantoketjun osia ovat painokoneet, vedostimet, näytöt, mittalaitteet ja ihmiset. Painoissa laitteiston kalibrointi määräajoin on tärkeää, jotta tuotannon laatutaso pysyy vakiona pitkällä aikavälillä. Painoissa kalibroitavia laitteita ovat

- mittalaitteet
- tulostuslaitteistot

- painokoneet
- tietokoneet
- monitorit
- skannerit ja kamerat.

Eri laitteistoilla vaadittava kalibroinnin aikaväli voi vaihdella tunneista jopa kuukausiin.

Värinsovitus

Värinhallinnassa eri laitteistojen välillä tapahtuva värien muunnos tehdään ICC-profiilien avulla. ICC on lyhenne englannin kielen sanoista International Color Consortium. ICC-profiililla kuvataan yksilöllisesti eri laitteiden värintoistokykyä. ICC-profiilin ja värinhallintamoduulin avulla värimuunnokset eri väriavaruuksien välillä onnistuvat. Värinsovituksen avulla eri laitteiden värintoistoavaruudet sovitetaan yhteen, jotta värit toistuvat samanlaisina eri laitteilla. [1, s. 83.] Värinsovituksen ansiosta voidaan näyttövedostuksen perusteella simuloida lopullista painettua painojälkeä. Värinhallintamoduuli suorittaa profiilien muunnoksissa tapahtuvat laskutoimitukset.

Arkkioffset-painokoneen kuntoonlaiton arviointi

Kuntoonlaiton täsmällisyys ja dokumentointi on edellytys pitkäjänteiselle laadun parantamiselle. Offset-tekniikassa kuntoonlaiton merkitys laadun tasaisuuteen on merkittävä. Offset-tekniikassa värilaitteet ja kostutusvesijärjestelmän monimutkaisuus sekä useat muuttujat vaikeuttavat värinannon stabilointia. Kuntoonlaitto pyritään automatisoimaan hyvin pitkälle, jotta kuntoonlaittoajat saataisiin minimoitua. Automatisointi helpottaa ja nopeuttaa kuntoonlaittoa. Lisäksi mittalaitteet, jotka mittaavat skannaamalla koko painoarkin värimäärät yhdellä kertaa, parantavat värinannon tasaisuutta verrattuna manuaaliseen mittaukseen. Suuriformaattisissa arkkipainokoneissa painetaan usein arkin molemmat puolet yhdellä painokerralla; niissä automaattimittaus on edellytys tasaiselle värinannolle koko painoarkin leveydeltä. Jos värinanto ei ole tasaista koko arkin leveydeltä, painolaadun kannalta olennainen pisteenkasvu vaihtelee arkin eri kohdissa. [3.]

4 Standardin mukainen painaminen

Standardien tarkoituksena on pyrkiä painamisen vakiointiin. Standardin mukaan toimimisella pyritään pitämään tuotteen tai palvelun laatu mahdollisimman tasaisena koko toimintaprosessin läpi. Yhteensopivuutta ja vertailtavuutta eri valmistajien tuottamien palveluiden tai tuotteiden välillä on pystytty parantamaan standardoinnin ansiosta [4]. Painotoiminnassa standardoinnilla pyritään vakioitua painamiseen, jolloin eri painotalot pystyvät tekemään yhtenäisen ohjeistuksen avulla keskenään tasalaatuisia ja vertailukelpoisia tuotteita.

Standardit tuovat etuja valmistajille ja käyttäjille valmistajien välisten tuotteiden yhteensopivuudessa. Standardointi parantaa myös tuotteiden laatua. Myös tuotantoprosessit tehostuvat standardoinnin ansiosta. Tämä tuottaa säästöjä tuottajille ja kuluttajille.

Ongelmana standardoinnissa voi olla joissain tapauksissa standardien hidas päivittyminen, minkä vuoksi standardit ovat joissakin tapauksissa kehityksestä jäljessä. Yrityksissä standardointijärjestelmän luominen vaatii talous- ja henkilöstöresursseja, mutta niistä aiheutuvat kustannukset saadaan usein katettua standardoinnin mukanaan tuomien säästöjen avulla. Etuja standardoinnissa saadaan myös tuotantoprosessien tehostamisella ja kilpailuedun saavuttamisella kilpailijoihin nähden [4].

Standardoinnin haittoja ovat suuret aloituskustannukset käyttöönottovaiheessa. Lisäksi standardointijärjestelmien luonti on hidasta. Tämän vuoksi standardit voivat olla varsinkin nopeasti kehittyvillä aloilla kehityksestä jäljessä.

4.1 Painotoimintaa koskevat standardit

Nykyään kova kilpailu on johtanut tilanteeseen, jossa pyritään erottumaan kilpailijoista monin keinoin. Painotalot ovat lähteneet standardoimaan toimintaansa joko omasta

aloitteestaan tai asiakkaan vaatimuksesta. Standardoinnin tavoitteena on yrityksen pitkäjänteinen kehitys ja tuotannon laadun vakiointi.

Painoalalla on Suomessa käytössä muutamia standardeja. Joutsenmerkkisertifikaatti ja ISO 14000 -standardit ovat ympäristökuormituksen minimointiin luotuja standardointijärjestelmiä. Tässä työssä perehdytään tarkemmin vain laatuarvoja painottavaan ISO 12647 -standardiin.

Standardeista tunnetuin ja laajin on tällä hetkellä ISO-standardi. Se käsittää käytännössä kaikki teollisuuden toimialat. ISO-standardin etu on myös se, että se käsittää kaikki liiketoimintaan liittyvät toimialueet sidosryhmiä myöten. ISO-standardin ongelmana varsinkin pienissä yrityksissä ovat standardoinnin vaatimat talous- ja henkilöstöresurssit. Joskus nämä kustannukset voivat olla pienissä yrityksissä suurempia kuin standardoinnista saatavat säästöt [4]. Painotoiminnan ISO-standardi on ISO 12647-1-6. Arkkioffsetpainamista käsittelevä osio on ISO 12647-2. [5, s. 1.] Standardissa on määritetty ohje- tai suositusarvot seuraaville osioille:

- ICC-profiilien käyttö
- aineiston toimitus
- filmi- ja levytulostimen resoluutio
- rasterin linjatiheys
- rasteripisteen muoto
- rasterikulmat
- kokonaisvärimäärä
- värijärjestys
- sävyalue
- värien kohdistuvuus
- kromaattisuus
- värivastaavuus.

Tässä insinööriyössä perehdytään tarkemmin vain niihin standardin osioihin, jotka koskevat värintoistoa, harmaatasapainoa ja värivastaavuutta.

Painojäljen laatuvaatimukset on määritelty ISO 12647-2 -standardissa viidelle eri paperityypille (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. ISO 12647-2 -standardin määrittelemät paperityypit ja paperityyppien informatiiviset neliömassat [5, s. 4].

Paperityyppi	1	2	3	4	5
Paperilaatu	kiilto päällystetty paperi 115 g/m ²	matta päällystetty paperi 115 g/m ²	kevyesti päällystetty paperi 70 g/m ² (LWC)	päällystämätön paperi 115 g/m ² (valkoinen)	päällystämätön paperi 115 g/m ² (kellertävä)

Väriin tavoitearvot on ISO-standardissa määritelty CIELab-järjestelmän avulla. Standardissa on normatiiviset tavoite-Lab-arvot prosessivärien kompaktipinnoille osaväreittäin ja informatiiviset suositusarvot CMY-värien yhdistelmille (ks. liite 1). Lisäksi standardissa on tavoitearvot harmaatasapainolle. Densiteetti-arvoille ISO-standardissa on suositusarvot (ks. taulukko 2). Maksimi värimäärä arkkioffset-painamisessa on ISO-standardin mukaan 350 %. Standardissa on myös määritelty vaatimukset monille parametreille, jotka eivät vaikuta värintoistoon. Värintoistoon vaikuttamattomat asiat on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Taulukko 2. ISO 12647-2 -standardin densiteetin vaihteluvälin informatiiviset suositukset [5, s. 11].

Paperityyppi	1	2	3	4	5
Syaani	1,52–1,66	1,38–1,54	1,35–1,57	1,00–1,10	1,03–1,15
Magenta	1,47–1,61	1,33 – 1,49	1,37–1,47	0,90–1,05	0,96–1,14
Keltainen	1,41–1,55	1,16–1,34	1,30–1,44	0,88–1,06	0,98–1,16
Musta	1,62–1,95	1,48–1,84	1,57–1,89	1,10–1,35	1,10–1,37

ISO-standardin määrittämät suurimmat sallitut väripoikkeamat ja -vaihtelut ilmenevät taulukosta 3 osaväreittäin. Väripoikkeaman maksimi ΔE -arvo osaväreittäin vaihtelee neljästä kahdeksaan. Väri vaihtelun maksimi ΔE -arvo osaväreittäin on kahdesta neljään. Standardissa on määritelty taulukossa 4 olevat harmaakenttien suositussekoitusprosentit syaanille, magentalle ja keltaiselle osaväriille.

Taulukko 3. ISO 12647-2 -standardin sallimat maksimi väripoikkeamat osaväreittäin [5, s. 6].

	Poikkeama (ΔE)	Vaihtelu (ΔE)
Syaani	5	2,5
Magenta	8	4
Keltainen	6	3
Musta	4	2

Taulukko 4. ISO 12647-2 -standardin 25, 50 ja 75 prosentin harmaatasapainokenttien informatiiviset suositusprosentit syyaanille, magentalle ja keltaiselle osavärille [5, s. 4].

Harmaan sävy	Syaani	Magenta	Keltainen
25 %	25 %	19 %	19 %
50 %	50 %	40 %	40 %
75 %	75 %	64 %	64 %

4.2 Standardin mukaisen painamisen hyötyjä ja ongelmia

Etuna standardin mukaisessa painamisessa ovat laatutason nousu ja stabilointi. Standardointi vaatii painolta yleensä jo ennen sertifikaatin hankkimista pitkälle vakioidut prosessit, jotta standardointi on mahdollista. Asiakkaalle standardointi varmistaa tuotteiden laatutason vakiona pysymisen pitkällä aikavälillä.

Standardoinnin etuna on jatkuvan kehityksen ja ylläpidon tuoma henkilökunnan taitotason nousu yrityksen tulevaisuuden kannalta. Samalla jatkuva kehitys vaatii yritykseltä henkilöstö- ja taloudellisten resurssien käyttöä. Toisaalta kehitys luo yritykselle uutta tietotaitoa, jonka avulla pystytään luomaan uusia kilpailukykyisiä tuotteita ostajille.

Standardoinnin avulla painotuotteiden ostajien etuna on painotalojen välinen avoimempi kilpailutettavuus ja vertailtavuus. Tuotannon stabiilius ja painojäljen parempi ennakoitavuus vähentävät reklamaatioiden ja virheistä johtuvien uusintapainatusten määrää ja tuovat säästöjä painotaloille ja painotuotteen ostajille. Standardointi pienentää myös yleensä kuntoonlaittoaikoja ja makulatuuriarkkien määrää. Painotaloissa standardointikustannusten takaisinmaksuajaksi on arvioitu

puolesta vuodesta kahteen vuotta. Mutta on myös painotaloja, joissa tuotannon vakioinnista syntyneet kustannukset on pystytty kattamaan yhden virheestä johtuneen uusintapainatuksen välttämiseksi [3]. Standardoinnin myötä pysyvät ja pitkäaikaiset asiakassuhteet tuovat myös painotaloille merkittävää lisätuloa.

Standardoinnin etuna voidaan pitää myös sitä, että yritys joutuu käymään läpi kaikkien prosessien vaiheet ja järkeistämään prosesseja [4].

Yritykselle myönnetty sertifikaatti todistaa, että organisaation laadunhallinta ja käytännön toiminta on ulkopuolisen tahon auditoinnin perusteella varmennettu standardivaatimusten mukaiseksi. Sertifikaatti edellyttää jatkuvaa yrityksen prosessien kehittämistä ja auditointia säännöllisin väliajoin. [6, s. 17.]

5 Värinmittaus painotuotteesta

5.1 Densitometrinen mittaus

Densitometrisessa mittaustekniikassa mitataan värisuotimia apuna käyttäen paperin absorboivaa valon määrää verrattuna paperista heijastuvaan valon määrään.

Densitometrin avulla voidaan mitata vain CMYK-prosessivärejä. Se antaa informaatiota vain prosessivärien paksuudesta painopinnalla. Värisävyn mittaus densitometrillä ei ole mahdollista. Painajan käytössä densitometrinen mittalaite on yleisin mittaustekniikka valvoa painojäljen laatua helppokäyttöisyytensä ja edullisuuden vuoksi.

Densitometrisellä mittauksella saadaan tarkkaa tietoa vain prosessivärien (CMYK) mittauksessa. [2, s. 38.]

Densitometrillä voidaan mitata myös pisteenkasvua. Sitä mitataan pisteprocentin muutoksena. Pisteprocentin laskennassa voidaan käyttää kuvan 7 Murray-Daviesin kaavaa. On todettu, että Murray-Daviesin kaavan avulla lasketut pisteprocentit eivät ole todellisia, koska kaava ei huomioi taajuusvastetta. Kaavaa ovat kehittäneet Yule ja Nielsen. Kuvassa 8 on Yule-Nielsenin kaava, jossa on otettu mukaan korjauskerroin n . Se on riippuvainen paperin laadusta ja rasterin linjatiheydestä. [7, s. 26.]

$$a = \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}}$$

Kuva 7. Murray-Daviesin kaava piste-%:n määrittämiseen densitometrisen mittauksen perusteella. Kaavassa a on rasteripinnan ala. [8, s. 33.]

$$a = \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}}$$

D_t on rasterin densiteetti

D_s on kompaktipinnan densiteetti

D_p on substraatin densiteetti

Kuva 8. Yulen-Nielsenin kaava piste-%:n määrittämiseen densitometrisen mittauksen perusteella. Kaavaan on lisätty korjauskerroin n. [8, s. 33.]

5.2 Kolorimetrinen mittaus

Kolorimetrisessä mittaustekniikassa mitataan paperista heijastuvaa valon määrää värierottelusuotimien avulla. Kolorimetrisessä mittauksessa käytetään värierottelusuotimia, joiden avulla voidaan simuloida ihmissilmän tappi- ja sauvasolujen havainnointia. Kolorimetrisellä mittaustekniikalla mitataan spektraalinen heijastus kolmella eri suotimella (\bar{x} , \bar{y} ja \bar{z}). X mitataan suotimen \bar{x} (punainen) läpi, Y suotimen \bar{y} (vihreä) läpi ja Z suotimen \bar{z} (sininen). Nämä arvot muunnetaan kaavan (ks. kuva 10) avulla CIELab-väriavaruuden arvoiksi. $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ ja $\bar{Z}(\lambda)$ -arvot pystytään muuttamaan vuonna 1931 kehitetyllä värinsovitusfunktiolla (ks. kuva 9) vastaamaan tristimulusarvoja. Kuvasta 11 näkyy, mitkä lukuarvot vastaavat mitäkin XYZ-järjestelmän väriä. XYZ-järjestelmän luvuista saadaan kaavan 4 avulla laskettua CIELab-arvot (ks. kuva 10). Kolorimetrinen mittaus sopii kaikille painoväreille. Kolorimetrisellä mittauksella saadaan enemmän tietoa painotuotteen laadusta ja sävyntoistosta verrattuna densitometriseen mittaukseen. Kolorimetrin hyviin puoliin voidaan myös lukea edullinen hinta ja nopea käyttö. Kolorimetrin avulla saadaan selville myös usein tärkeä värierio (ΔE). Värieron avulla voidaan helposti tarkistaa vedoksen ja painetun tuotteen eroavuus toisistaan. Kolorimetri soveltuu helppokäyttöisyyden ansiosta hyvin prosessinohjaukseen. Valonlähteen vaikutusta kolorimetri ei pysty huomioimaan. Tämän takia kolorimetrinen mittaus voi antaa kahdelle eri värisävyille samat tristimulusarvot. [2, s. 68.]

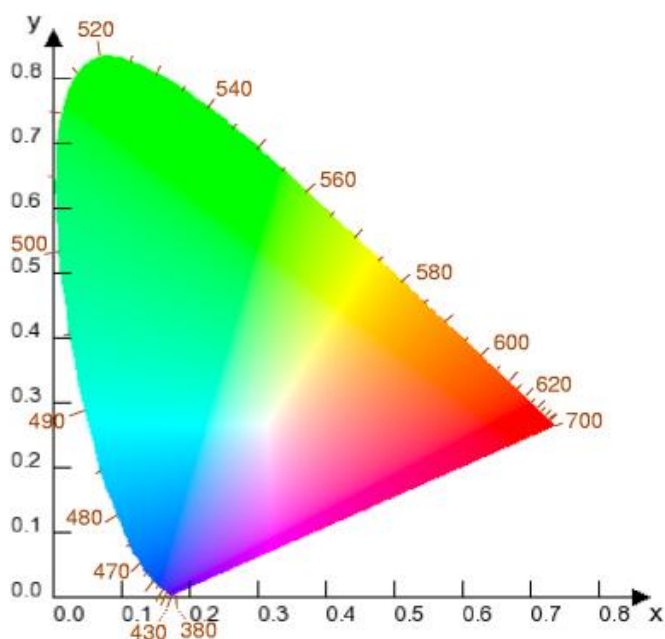
$$\begin{aligned}
 X &= k \int S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\
 Y &= k \int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\
 Z &= k \int S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) d\lambda,
 \end{aligned}$$

Kuva 9. Muunnoskaava $\bar{X}(\lambda)$ -, $\bar{Y}(\lambda)$ - ja $\bar{Z}(\lambda)$ -arvojen muuntamiseksi tristimulusarvoiksi [8, s. 2].

Kuvan 9 kaavan värienvertailufunktiot $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ ja $\bar{Z}(\lambda)$ kuvaavat keskivertoihmisen näkökykyä eli niin sanotun standardihavainnoitsijan näkökykyä. $S(\lambda)$ kuvaa valon spektrijakaumaa, $R(\lambda)$ kuvaa materiaalirefleksanssia ja k on normeeraustekijä [8, s. 2].

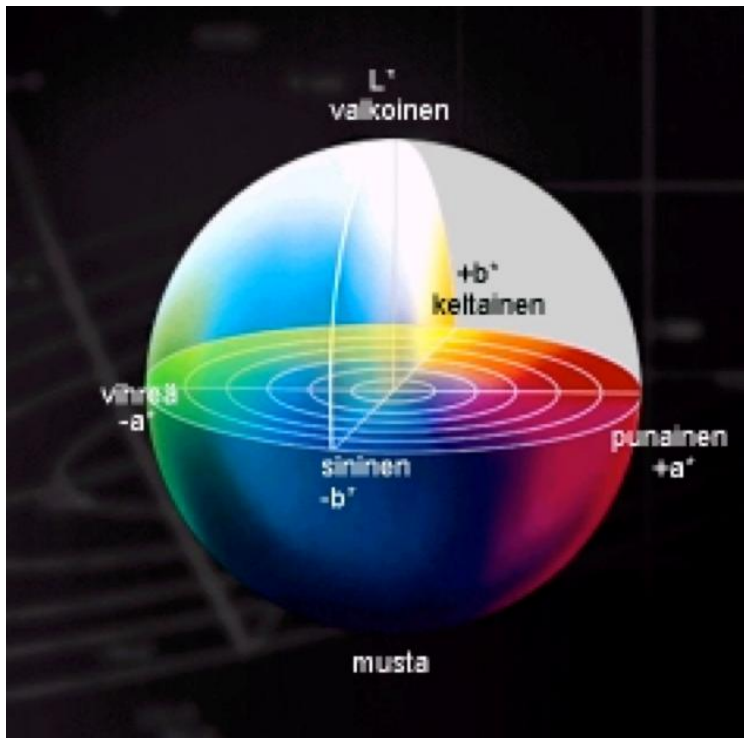
$$\begin{aligned}
 L^* &= \begin{cases} 116 \cdot (Y/Y_n)^{(1/3)} - 16 & Y/Y_n > 0.008856 \\ 903.3 \cdot (Y/Y_n) & Y/Y_n \leq 0.008856 \end{cases} \\
 a^* &= 500 \left[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right] \\
 b^* &= 200 \left[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right]
 \end{aligned}$$

Kuva 10. Muunnoskaava \bar{X} -, \bar{Y} - ja \bar{Z} -arvojen muuntamiseen CIELab-arvoiksi. X , Y ja Z ovat tristimulusarvoja ja X_n , Y_n ja Z_n ovat referenssivalkeisen tristimulusarvoja. [8, s. 2.]

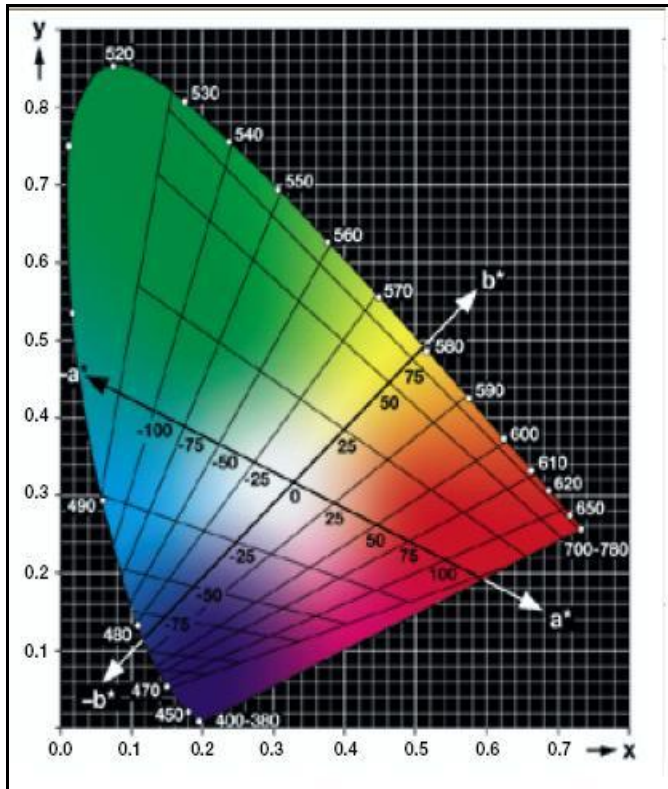


Kuva 11. XYZ-malli [9, s. 42].

Kuvan 11 XYZ-mallissa YZ-tasossa ovat värit, joiden kirkkaus on sama. Värin punainen komponentti lisääntyy mentäessä x-akselia oikealle. Z-akselilla ylöspäin liikuttaessa vastaavasti värin vihreä komponentti lisääntyy. X-akselin arvo vaikuttaa värin kirkkauteen. XYZ- ja YXY-mallit ovat muuten identtisiä, mutta akselit on vain nimetty eri muuttujilla. XYZ -malli on kehitetty vuonna 1931. Epälineaarisuutensa vuoksi on XYZ -malli muunnettu Lab-malliksi vuonna 1976. Lineaarisuuden ansiosta Lab-mallissa värien etäisyydet vastaavat paremmin näköhavaintoja. Pystyakselilla on värin valoisuusarvo. Vihreät värisävyt ovat a-akselin negatiivisessa päässä ja punaiset värisävyt positiivisessa päässä. Siniset värisävyt taas ovat vastaavasti b-akselin negatiivisessa päässä ja keltaiset positiivisessa päässä (ks. kuva 12). Kuva 13 havainnollistaa, miten CIELab-värijärjestelmän a- ja b-koordinaatit sijoittuvat CIEXyz-värijärjestelmään. [1, s. 69.]



Kuva 12. CIELab-malli [9, s. 42].



Kuva 13. CIELab-värijärjestelmän sijoittuminen CIEYxy-järjestelmän xy-koordinaatistoon [2, s. 78].

5.3 Spektrofotometrinen mittaus

Spektrofotometrisessä mittaustekniikassa mitataan paperista heijastuvia näkyvän valon aallonpituuksia. Tällä tekniikalla painetulle värisävyille saadaan numeerinen arvo. Spektrofotometrinen mittaus sopii kaikille painoväreille ja painomateriaaleille. Spektrofotometrisellä mittauksella saadaan enemmän tietoa painotuotteen laadusta ja sävyntoistosta kuin densitometrisellä mittauksella. Mittauksessa voidaan myös käyttää eri valonlähteitä. Yleisimmät valonlähteet ovat D50 ja D65. Graafisen alan standardi on D50-valonlähde, ja D65-valonlähdetä käytetään valokuvauksessa. [2, s. 70.] Aiemmin korkea hinta on hidastanut spektrofotometriä painotalojen käytössä. Nykyään kuitenkin niiden hinta on laskenut tasolle, jolla pienempienkin painotalojen on taloudellisesti järkevää tehdä spektrofotometrisiä mittauksia. Spektrofotometrin käyttö prosessin ohjauksessa vaatii apuvälineeksi lisäksi myös tietokoneen. Spektrofotometriä käytetään harvemmin suoraan painokoneen prosessinohjaukseen. Spektrofotometrin ja tietokoneen avulla luodaan eri painolaitteita kuvaavia profiileja. Profiilien avulla pyritään ennustamaan painolaitteiden painojäljentoistoa. Viime aikoina voimakkaasti yleistynyt värinhallinnan käyttö painotaloissa edellyttää spektrofotometrinen mittalaitteiden käyttöä. [1, s. 43.]

Spektrofotometrisen mittauksen avulla saadaan värin absoluuttiset XYZ-arvot. Näistä arvoista saadaan muunnoskaavojen avulla konvertoitua halutun värijärjestelmän arvot. Yleisin painotekniikassa käytetty värinkuvausjärjestelmä on laitteistosta riippumaton CIELab-järjestelmä.

5.4 Visuaalinen mittaus

Visuaalinen mittaaminen tehdään arvioimalla painotuotteen laatua silmämääräisesti. Visuaalinen arviointi on erittäin tärkeä laadunmittausmenetelmä, koska painotuotteen loppukäyttäjä havainnoi tuotetta ainoastaan visuaalisesti. Visuaalisen arvioinnin heikkoutena on ihmisen yksilöllinen tapa nähdä asioita eri tavoilla. Visuaalisen laadun teknisen arviointiasteikon luominen on myös hankalaa. Silmällä pystyy havainnoimaan niin sanottujen muistivärien virheet erittäin herkästi. Muistivärejä ovat muun muassa

ihonvärit, taivaansini, nurmen vihreä ja neutraaliharmaa. Näitä värisävyjä pyritään asettamaan mahdollisimman monipuolisesti arvioitavalle arkille, koska niitä käyttämällä mahdolliset virheet värintoistossa paljastuvat helposti. Visuaalisessa arvioinnissa on tärkeää, että arviointi tapahtuu standardivalolähteen valaistuksessa. Graafisen alan standardi on D50-valolähde. [2, s. 10.]

6 Materiaalien vaikutus painojälkeen

6.1 Paperi

Paperin painojälkeen vaikuttavia tekijöitä ovat huokoisuus, öljynabsorptio, opasiteetti, ISO-vaaleus, valonsironta, absorptio, paperin väriarvo, neliömassa, kiilto, resistiivisyys, pintaenergia ja pintasileys. Suuri huokoisuus ja hyvä öljynabsorptio vaikuttavat paperin kykyyn imeä painoväriä itseensä. Nämä ominaisuudet nopeuttavat värin asettumista ja kuivumista. Painojäljen kiiltoon suuri huokoisuus vaikuttaa kiiltoa heikentäen. Kiiltävillä ja tiiviillä papereilla painojäljen kiilto on usein korkea, mutta painovärin asettuminen ja kuivuminen huokoisia papereita hitaampaa. [10.] Opasiteetti on läpinäkymättömyyden tunnusluku: mitä korkeampi opasiteetti on, sitä vähemmän paperi kuultaa läpi [15, s. 36].

Paperin koostumus

Paperin koostumuksessa tärkein osatekijä on puukuitu. Lisäksi paperin koostumusta pyritään muokkaamaan kemikaalien, täyte- ja päällystysaineiden avulla paino-ominaisuuksiltaan ja kustannuksiltaan parempaan suuntaan. [11.]

Puukuitumassat

Paperin valmistuksessa käytettäviä puukuitulaatuja on monia erilaisia. Puukuitulaadun valintaan vaikuttaa paperin käyttötarkoitus. Puukuitulaadut jaetaan massan valmistustekniikan perusteella neljään ryhmään:

- mekaaniset massat
- sellumassa
- kierrätysmassa
- kemimekaaniset massat.

Paperin valmistuksessa käytettävää puukuitua saadaan havu- ja lehtipuista. Yleisimmin käytettyjä puulajeja ovat mänty, kuusi, koivu, eukalyptus ja akaasia. Puukuitujen pituudet vaihtelevat välillä 0,7–2,9 millimetriä. Lehtipuukuidut ovat lyhyitä ja havupuukuidut pitkiä. Kuvasta 14 ilmevät eri puukuitujen pituus, halkaisija ja seinämän paksuus.

	Koivu	Haapa	Euka- lyptus	Akaasia	Mänty kevätpuu/ kesäpuu	Kuusi kevätpuu/ kesäpuu
Kuidun pituus, mm	1,1	0,8	1,0	0,7	2,9/2,9	2,9/2,9
Halkaisija, µm	22	18	16	20	35/20	33/19
Seinämän paksuus, µm	3	3	3	2	2,1/5,5	2,3/4,5

Kuva 14. Puukuitujen dimensioita [11].

Paperin puukuidun valintaan vaikuttaa paperin loppukäyttö. Sanomalehtipaperit valmistetaan useimmiten mekaanisesta havupuukuidusta. Sanomalehtipaperi sisältää runsaasti ligniiniä. Tämän takia se kellastuu hyvin nopeasti. Sanomalehtipaperin alhaisen hinnan vuoksi valmistusprosessissa käytetään mekaanista massaa. Mekaanisen

massan valmistuksen saanto on huomattavasti korkeampi kuin sellumassan saanto (kuva 15). [10.]

Taulukko 5. Massan saantoja [11 ja 12, s. 5].

Massa	Saanto-%
Mekaaninen massa	95–98 %
Sellumassa	46–55 %
Kierrätysmassa	85 %
Kemimekaaniset massat	95 %

Toimisto- ja kopiopaperien puukuidut ovat selluloosapohjaisia, minkä takia niitä kutsutaan puuvapaiksi papereiksi. Korkealuokkaisempien painopaperien valmistukseen käytetään useita eri puukuitulajeja yhtäaikaaisesti, jotta saadaan haluttu lopputulos.

Mekaaniset massat

Mekaanisten massojen valmistuksessa kuidut irrotetaan puusta mekaanisesti hioke- tai hiertoprosessilla. Mekaanisten massojen valmistukseen käytetään tekniikoita, joissa mekaanisen puukuidun irrottamiseen apuna käytetään lämpöä ja painetta. Lämmöllä ja paineella saadaan tehostettua prosessia. Tällä tekniikalla käytettyjä massoja kutsutaan termomekaanisiksi massoiksi tai painehiokkeeksi. Mekaanisen massan raaka-aineena käytetään yleisimmin kuusta.

Valkaisemattoman mekaanisen massan ISO-vaaleus on 58–68 %. Mekaanista massaa voidaan valkaista, jolloin ISO-vaaleus saadaan enimmillään 83–84 %:iin. Valkaisu suoritetaan hapettavalla peroksidi- tai pelkistävällä ditioniittivalkaisulla.

Peroksidivalkaus on yleisempi suuremman vaaleusprosentin ansiosta. Valkaisua käytetään korkealaatuisten paperilaatujen valmistuksessa. [12, s. 6.] Mekaanisen massan vaaleus ei ole pysyvää massan sisältämän ligniinin vuoksi. Kellastumisen vuoksi paperia käytetään tuotteissa, joiden elinikä on lyhyt. Näitä ovat esimerkiksi sanoma- ja aikakauslehdet sekä pehmopaperit.

Sellu

Sellumassa valmistetaan puuta keittämällä, jolloin puusta saadaan liuotettua puukuituja sitova ligniini. Keittoprosessissa puukuidut pyritään säilyttämään mahdollisimman pitkinä ja ehjinä. Kuidut irrotetaan toisistaan voimakkaassa alkalisessa valkolipeänesteessä lämmön avulla. [12, s. 14.] Keittämisen jälkeen massa pestään ja lajitellaan. Näissä prosesseissa massasta erotetaan epäpuhtaudet sekä orgaaniset ja epäorgaaniset ainekset.

Tämän jälkeen paperin valmistuksessa käytettävä massa lähes aina valkaistaan. Valkaisu tehdään massan vaaleuden ja puhtauden lisäämiseksi. Ennen valkaisua havupuusellun vaaleus on 23–28 % ja lehtipuusellun vaaleus hieman korkeampi. Valkaisussa vaaleus saadaan nostettua 88–91 %:iin. Sulfiittivalkaisuprosessilla saavutetaan jopa 95 %:n ISO-vaaleus. [12, s. 17.]

Kierrätysmassa

Kierrätysmassan raaka-aineena käytetään keräyspaperia ja erilaisia pakkausmateriaaleja. Kierrätysmassan käyttö on lisääntynyt kierrätys- ja ympäristötietouden sekä lainsäädännön seurauksena. Kierrätysmassan käyttö paperin valmistuksessa aiheuttaa ongelmia massassa olevien epäpuhtauksien vuoksi, minkä takia ne on poistettava massasta laadukkaan paperin aikaansaamiseksi. [12, s. 21.]

Massa valmistetaan siistaamalla ja vaahdottamalla kierrätysmassa. Siistauksella tai vaahdotuksella massasta poistetaan täyteaineet ja painomuste kemikaalien avulla. Kierrätysmassan ominaisuudet ovat huonommat kuin neitseellisen massan, koska puukuitujen lujuus- ja vaaleusominaisuudet heikkenevät valmistusprosesseissa. Kierrätysmassan tavoitevaaleus on 60 %. Kierrätysmassasta valmistetaan lähinnä sanomalehtipaperia heikentyneiden laatuominaisuuksien vuoksi. Kierrätysmassan soveltuvuus korkealaatuisten paperien valmistukseen on hyvin rajallista. [12, s. 24.]

Kemimekaaniset massat

Kemimekaanisen massan raaka-aineena käytetään havu- ja lehtipuuta.

Kemimekaanisella massalla pyritään saavuttamaan sellu- ja mekaanisen massan hyviä puolia. Kemimekaanisen massan saanto on sellumassaa korkeampi (ks. taulukko 5) ja puukuidut säilyvät ehjempinä kuin mekaanisen massan valmistuksessa.

Valmistusprosessi on sellu- ja mekaanisen massan valmistuksen yhdistelmä, jossa käytetään mekaanista ja kemiallista käsittelyä. Kemimekaanisen massan käyttökohteita ovat pehmopaperit ja pienemmässä mittakaavassa painopaperit. Puhtauden ansiosta massa soveltuu hyvin myös elintarvikepakkausten valmistukseen. [11.]

Paperin täyte- ja päällystysaineet

Täyte- ja päällystysaineita käytetään paperin valmistuksessa kahdesta syystä. Niitä käyttämällä paperin hinta saadaan edullisemmaksi. Täyte- ja päällystysaineet ovat isolta osaltaan mineraaleja, jotka ovat huomattavasti puukuituja edullisempia. Täyte- ja päällystysaineilla parannetaan myös paperin painettavuusominaisuuksia. Päällystys parantaa paperin sileyttä ja opasiteettia. Painopaperien vaaleusarvoa parannetaan korkealaatuisissa papereissa optisilla kirkasteilla, jotka absorboivat tiettyjä aallonpituuksia. Tämän ansiosta paperi saadaan näyttämään vaaleammalta. [15, s. 40.]

Paperin kemikaalit

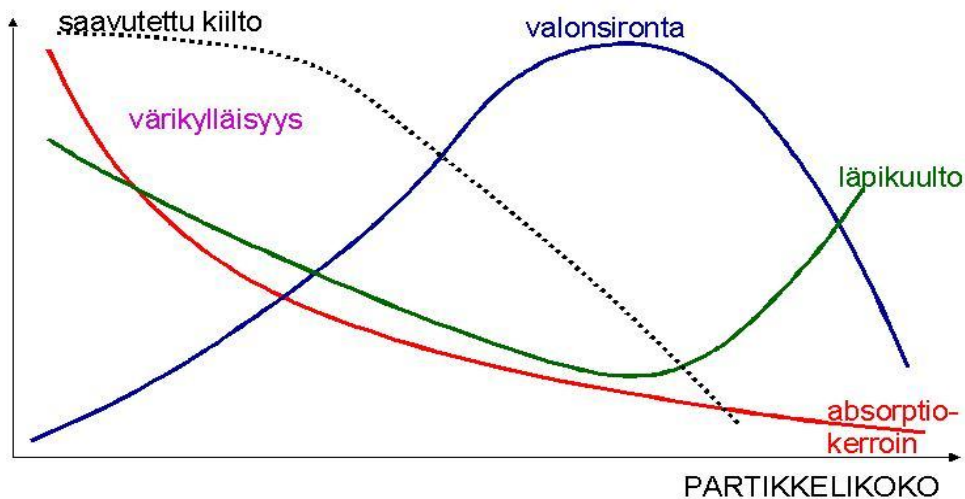
Paperin valmistuksessa käytetään kemikaaleja, joilla estetään bakteerien, sienien ja levien kasvu paperinvalmistusvaiheessa. Retentioaineilla pyritään parantamaan puukuidun ja epäorgaanisen aineen sitoutumista toisiinsa. Paperin pH-arvoa voidaan säätää kemikaalien avulla halutulle tasolle. Muita paperinvalmistuksessa käytettäviä kemikaaleja ovat märkä- ja kuivaliimat. [11.]

6.2 Painovärien koostumus

Painoväri koostuu pigmenteistä, jotka saavat painovärissä aikaan halutun valonheijastuksen. Painovärin sideaineet sitovat väriaineen painoalustaan kiinni. Kantofaasin avulla painoväri saadaan siirtymään värilaitteesta painoalustalle. Painovärit sisältävät myös paljon erilaisia lisäaineita. Lisäaineilla pyritään parantamaan painovärin paino-ominaisuuksia. Painovärien raaka-aineiden reagointi keskenään vaikuttaa painovärin raaka-ainevalintoihin. [13, s. 308.]

Väripigmentit

Pigmentin tehtävänä on antaa painovärille haluttu värisävy. Pigmentit ovat orgaanisia tai epäorgaanisia aineyhdisteitä. Yleensä pigmenttien partikkelikoko vaihtelee värisävyn mukaan välillä 0,01–0,2 μm . Partikkelikoko vaikuttaa useimpiin värin heijastusominaisuuksiin (kuva 16). [14.]



Kuva 15. Väripigmentin partikkelikoon vaikutus painovärin ominaisuuksiin [14].

Sideaineet

Painoväri kiinnitetään painoalustaan sideaineiden välityksellä. Sideaineen tehtävänä on myös kostuttaa painoalusta ja antaa painovärille haluttu kiilto. Sideaineina käytetään öljyjä, alkydeja ja hartseja.

Öljyjen sidosreaktio perustuu öljyjen kaksoissidosten reaktiivisuuteen. Öljyjä käytetään yleisesti arkkioffsetvärien sideaineena.

Sideainealkydit ovat estereitä, joita on muokattu luonnon öljyillä. Hyvien kostutus- ja dispergointiominaisuuksien ansiosta alkydien käyttö mineraaliöljypohjaisten painovärien sideaineena on yleistä. Sideaineen valinnassa pitää ottaa huomioon sen reagointi muihin painovärin komponentteihin.

Sideaineena käytettävät hartsit jaetaan luonnon- ja synteettisiin hartseihin. Synteettisten hartsien käyttö sideaineena on yleistä niiden monikäyttöisyyden ansiosta. [14.]

Painovärin liuottimet

Liuotinta kutsutaan usein myös kantofaasiksi, koska sen päätehtävä on siirtää painoväri värilaitteesta painoalustalle. Liuottimia on hyvin monentyypisiä. Yleisimpiä ovat hiilivety-, alkoholi-, glykoli-, esteri- ja kasviöljypohjaiset liuottimet. Liuottimien tärkeitä ominaisuuksia ovat haihtuvuus, liuotuskyky ja tahmeus.

Lisäaineet

Lisäaineiden määrät painovärissä ovat hyvin pieniä, mutta niiden merkitys painovärin ominaisuuksiin on suuri. Lisäaineilla voidaan estää painovärin hapettuminen ja vaahtoaminen. Painovärin lisäaineena käytettävillä vahoilla saadaan väreille parempi hankauskestävyys.

Väriin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä

Väriin kuivumiseen eniten vaikuttavia tekijöitä ovat paperin ominaisuudet, painoväri ja kuivaustekniikka. Näihin tekijöihin pystytään myös vaikuttamaan melko hyvin. Asioita, joilla on pienempi mutta merkittävä vaikutus yhdessä, ovat ilmankosteus, kostutusvesi, painatusnopeus ja painoprosessissa käytettävät lisäaineet. Näiden lisäksi on myös lukematon määrä tekijöitä, joilla on teoriassa vaikutus painoväriin kuivumiseen. Viimeiseksi mainittujen tekijöiden hallinta on erittäin vaikeaa, joten niiden seurantaan ei panosteta yleensä rajallisia resursseja. [14.]

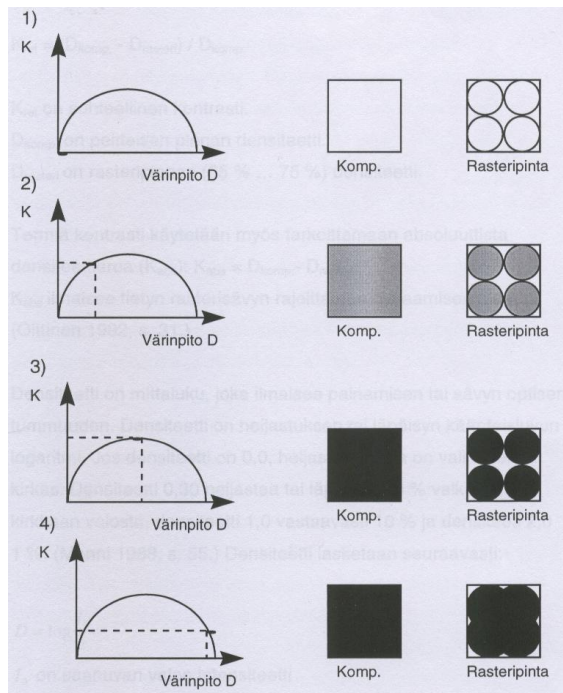
7 Koepainatukset

7.1 Väripitotason optimointi NCI-ajolla

Painotuotteen värintoiston kannalta on tärkeää, että värinsyötön optimitasot pystytään määrittämään tarkasti. Värinannon optimoinnilla saavutetaan kompromissi, jossa värintoisto ja painojäljen kontrasti ovat tasapainossa. NCI-ajolla määritetään optimaalinen värinantotaso, jolla saavutetaan maksimi kontrasti. Värinannon lisääminen parantaa tummuutta, mutta heikentää painojäljen yksityiskohtien tarkkaa toistoa. Korkea värinantotaso aiheuttaa myös ongelmia painoväriin kuivumisessa ja pisteenkasvussa. Väripidon optimitaso määritellään useimmin NCI-ajon avulla. [15, s. 15.]

NCI-ajon perusteet

NCI-termi tulee englannin kielen sanoista Normal Color Intensity. NCI-tason määrittämisellä pyritään selvittämään optimi väripitotaso, jolla saavutetaan maksimi kontrasti. NCI-ajon tavoitteena on määrittää väripitotaso, jossa painotuotteen laatu on optimaalinen. Optimaalisella NCI-tasolla saavutetaan suhteellisen kontrastin maksimi. NCI-tason avulla painotuotteen värisävyihin saadaan maksimi kontrasti. [15, s. 15.] Kuva 16 havainnollistaa, kuinka NCI-ajon avulla voidaan määrittää väripitotaso, jossa rasteripintojen tummuus ja kontrasti ovat tasapainossa.



Kuva 16. NCI-ajon periaate: värinpitotaso asteittain nostamalla selvitetään taso, jossa kompakti- ja rasteripinnan kontrasti on maksimissa. Kuvassa maksimi kontrasti saavutetaan kohdassa 3, jossa rasterikuvio ei vielä tukkeudu ja kompaktipinnan densiteetti on mahdollisimman korkea. [15, s. 17.]

NCI-taso määritetään lisäämällä värinantoa portaittain niin kauan, että tumma rasteripinta tukkeutuu. Paperista mitataan jokaisen osavärin densiteetit kompaktikentästä ja 70–80 %:n rasterikentästä. Densiteetit mitataan ilman polarisoivaa suodinta. Kompaktikentän ja rasterikentän densiteeteistä saadaan laskettua kuvan 17 kaavan avulla painojäljen suhteellinen kontrasti. Kaavan avulla saadaan määritettyä kontrastin maksimikohta. Kontrastin maksimikohdassa on optimaalinen värinpitotaso. Testisivun värinkulutuksen tulisi olla mahdollisimman symmetrinen ja kohtuullinen. Testiarkille sijoitetaan kuvia visuaalista arviointia varten.

$$K_{rel} = \frac{D_{100} - D_p}{D_{100}}$$

Kuva 17. Painutuksen suhteellinen kontrasti (K_{rel}), jossa D_{100} on kompaktikentän densiteetti ja D_p on rasterikentän densiteetti.

NCI-ajon toteutus vaatii paljon aikaa ja paperia. Lisäksi NCI-ajon toimivuudesta käytännössä on myös eriäviä mielipiteitä. Näiden seikkojen vuoksi NCI-tasojen määrittäminen maksimikontrastin selvittämiseksi on vähentynyt. Tässä työssä pyritään löytämään vaihtoehtoinen keino värinpitotason optimointiin.

7.2 Koepainatuksen suunnittelu ja toteutus

Koepainatuksen suunnittelu alkoi yhteistyökumppanien kartoituksella. Kumppaneiksi haettiin paperitukkuria ja painotaloa. Hämeen Kirjapaino Oy oli halukas lähtemään mukaan projektiin tarjoamalla testipainatusmahdollisuuden painokoneillaan. Paperitukkureista MAP Suomi Oy tuki hanketta toimittamalla paperit testipainatusta varten.

Koepainatuksilla pyrittiin selvittämään johdannon mukaisesti painojäljen tummuuden sekä painojäljen värin ja värieron muuttuminen kuivumisen edetessä. Lisäksi tarkoituksena oli kerätä tietoa kuntoonlaittodensiteettien ja kuivan painojäljen värin Lab-arvojen välisestä yhteydestä.

Testiarkin suunnittelu

Testiarkin suunnittelu alkoi mittakenttien sijoituksella testiarkille. Ensin mietittiin, mitä mittakenttiä testiarkissa tarvitsee olla. Mittakenttien tarve määritettiin ISO 12647-2 -standardin vaatimusten perusteella. Standardi vaati seuraavien kompaktikenttien painamisen testiarkille:

- syaani
- magenta
- keltainen
- musta.

Lisäksi arkille sijoitettiin refleksisäinisen kompaktikenttä Hämeen Kirjapainon pyynnöstä.

Standardissa on määritetty informatiiviset suositusarvot seuraaville päällepainatuskentille:

- magenta + keltainen = punainen
- syaani + keltainen = vihreä
- syaani + magenta = sininen
- syaani + magenta + keltainen.

Myös nämä mittakentät sijoitettiin arkille. Työn keskeisenä tavoitteena on selvittää painoväriin kuivumisesta aiheutuvat muutokset värisävyyn. Ensimmäisten mittausten tulee tapahtua mahdollisimman nopeasti märestä painopinnasta. Tästä syystä testiarkki toteutettiin mahdollisimman helposti mitattavilla testikentillä. Testiarkin sektoreihin sijoitettiin yhdeksän käsin mitattavaa testikenttää. Testiarkin suunnittelun tavoitteena oli, että mittaus pystyttäisiin suorittamaan viiden minuutin kuluessa arkin painamisesta. Tällä pyrittiin varmistamaan se, että testikentät eivät ehdi kuivua ennen ensimmäistä mittausta. Testiarkille on myös sijoitettu testikenttä, josta voidaan mitata pisteenkasvu osaväreittäin (liite 3). Lisäksi testiarkkiin sijoitettiin kaksi kuvaa visuaalista arviointia varten. Koepainatus tehtiini Hämeen Kirjapainossa. Hämeen Kirjapainossa on kaksi KBA-offsetpainokonetta (kuva 18), jotka ovat formaatiltaan B1-koon painokoneita. Painokoneiden ison formaattikoon vuoksi testiarkki jaettiin viiteen sektoriin (liite 2). Testiarkin sektoreihin jaon perustana on ajan- ja rahansäästö koepainatuksen toteutuksessa. Sektoreihin jaon ansiosta yhdellä testipainatuskerralla pystytään painamaan arkin poikkisuunnassa useampia eri väripitotasoja. Näin yhdellä painatuskerralla saadaan enemmän informaatiota yhdestä arkista, kuin että testiarkki olisi painettu koko leveydeltä samaan väripitotasoon.



Kuva 18. KBA Rapida 102 -arkkioffsetpainokone.

Koepainatusmateriaalit

Koepainatus suoritettiin kahdelle paperilaadulle. Eurobulk on mattapäällystetty offsetpainopaperi. Se on sijoitettu ISO 12647-2 -luokituksessa paperityyppi kakkoseen. Dito-offset on päällystämätön offsetpainopaperi. Se on luokiteltu paperityyppi neljään. Koepainatuksessa käytetyn Eurobulk-paperin neliöpaino on 170 g/m² ja Dito-offsetpaperin 140 g/m². Paperien tekniset ovat tiedot liitteinä 4 ja 5.

Painoväreinä käytettiin Hostmann-Steinbergin valmistamaa Resista-Eco-värisarjaa. Värisarja on kasviöljypohjainen mineraaliöljytön arkkioffsetväri. Lisävärinä käytetty refleksisininen oli Siegwerkin valmistama Tempo Naturin värisarjan Pantone Reflex Blue. Myös lisäväri on kasviöljypohjainen arkkioffsetväri.

Koepainatuksen paino- ja mittalaitteet

Koepainatukset suoritettiin KBA Rapida -102 -offsetpainokoneilla. Painokone on viidellä väriyksiköllä varustettu arkkioffsetpainokone. Sillä voidaan painaa arkkikokoja aina B1-formaattiin saakka. Koepainatus tehtiin B1-formaatin paperille. Painokoneiden kuntoonlaitto tehdään mittapöydän avulla. Se mittaa painettavan arkin yläreunasta koko

leveydeltä osavärien kompaktdensiteetit. Varsinaisen mittatiedon keruuseen käytettiin Gretagin Eye-one-spektrofotometriä ja kannettavaa tietokonetta.

Testipainatuksen toteutus ja mittaaminen

Testipainatukset tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäisen testipainatuksen tavoitteena oli löytää määrän painojäljen densiteettien tavoitearvot, joilla värin ISO-standardin mukaiset tavoite-Lab-arvot toteutuisivat. Ensimmäisen koepainatuksen kuntoonlaiton tavoitedensiteetti-arvot olivat työnohjaajan kokemuksen perusteella valittuja. Kuntoonlaitto tehtiin nostamalla kuntoonlaittodensiteettejä testiarkin vasemmasta reunasta alkaen asteittain arkin oikeaa reunaa kohti. Tavoitteena oli saada densiteeteille märkäarvot, joilla saavutetaan vastaavat kuivan painojäljen ISO-standardin tavoite-Lab-arvot, jotka toteutuvat jollain testiarkin viidestä sektorista. Testipainatusta vaikeuttivat mittapöydän ja mittatiedon keräämisessä käytettävän spektrofotometrin poikkeavat densiteettilukemat. Mustan osavärin kohdalla poikkeavuus oli jopa 0,5 densiteettiyksikköä. Tästä huolimatta koepainatus onnistui lopulta hyvin.

Ensimmäisen koepainatuksen testiarkkeja mitattiin seuraavin aikaväleihin painatuksesta:

- 0 tuntia
- 6 tuntia
- 24 tuntia
- 72 tuntia
- 120 tuntia
- 168 tuntia
- 500 tuntia.

Toisessa kuntoonlaitossa ohjearvoja tarkennettiin ensimmäisestä koepainatuksesta saadun tiedon perusteella. Mittauksia ei suoritettu 120 tunnin jälkeen, koska ensimmäisessä koepainatuksessa havaittiin muuttumattomuus tämän jälkeen painojäljessä.

Mittaaminen tehtiin valkoista taustaa vasten. Mittariasetukset olivat seuraavat:

- valonlähde D50
- tarkastelukulma 2°
- mittausgeometria 0/45°.

Testipainatuksen tuloksien analysoinnissa käytettiin apuna Excel-ohjelmistoa.

Mittaukset suoritettiin Gretagin Eye-One-spektrofotometrillä (kuva 19).

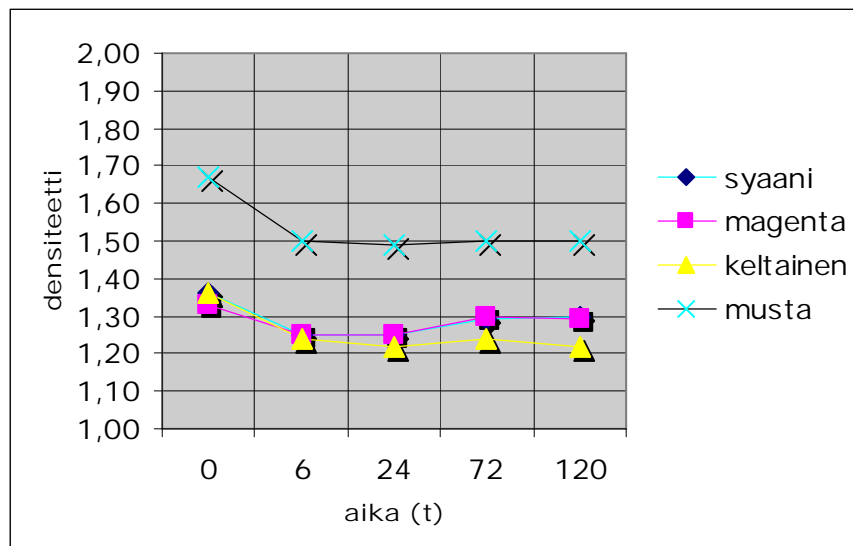


Kuva 19. Gretag Eye-One-spektrofotometri [1, s. 167].

Mittatieto siirrettiin Eye-One-mittarista Key Wizard -ohjelmalla Exceliin. Key Wizard -ohjelmassa voidaan määrittää mittalaitteen asetukset ja määritellä siirrettäviä tietoja Exceliin. Testiarkin mittauksista siirrettiin CIELab-arvot, densiteetti-arvot, päivämäärä ja kellonaika Exceliin. Päivämäärä ja kellonaika tallennettiin, jotta jälkikäteen voidaan tarkastella painovärissä tapahtuvia muutoksia tarkasti ajan suhteen.

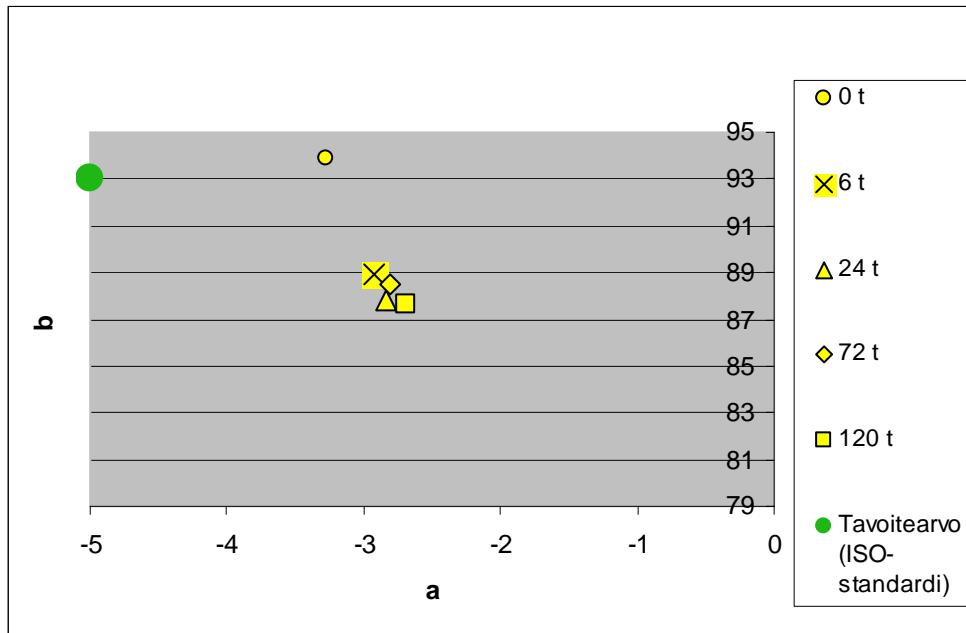
7.3 Tulosten analysointi

Tulosten käsittelyssä selvisi heti, että painoväriin densiteetti laskee kuivumisajan funktiona. Kuten kuvasta 20 nähdään, mustassa osavärissä densiteetti laskee kuuden tunnin aikana 0,3 densiteettiyksikköä. Muilla osaväreillä densiteetin aleneminen on noin 0,15 densiteettiyksikköä. Kuvasta 20 näkyy myös selvästi, että kuuden tunnin jälkeen densiteeteissä ei enää tapahdu merkittävää muutosta. Märän painoväriin densiteettiä lasku painojäljen kuivuessa oli odotettua.

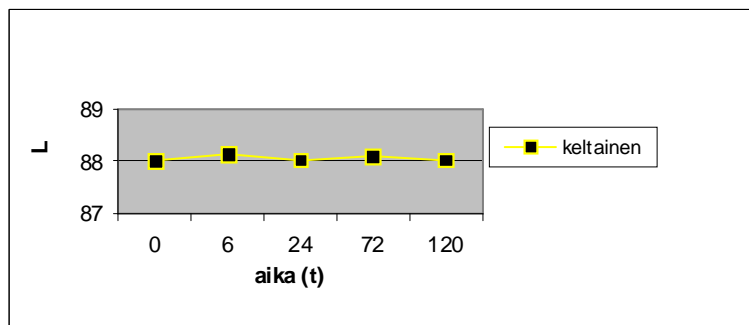


Kuva 20. Densiteetin muutos kuivumisajan suhteen ensimmäisessä testipainatuksessa Dito-offsetpaperilla.

Keltaisen osaväriin merkittävät muutokset Lab-koordinaatiston ab-tasossa tapahtuvat ensimmäisen kuuden tunnin aikana (kuva 21). Keltaisen osaväriin muutos L-akselin suhteen on hyvin vähäistä (kuva 22).

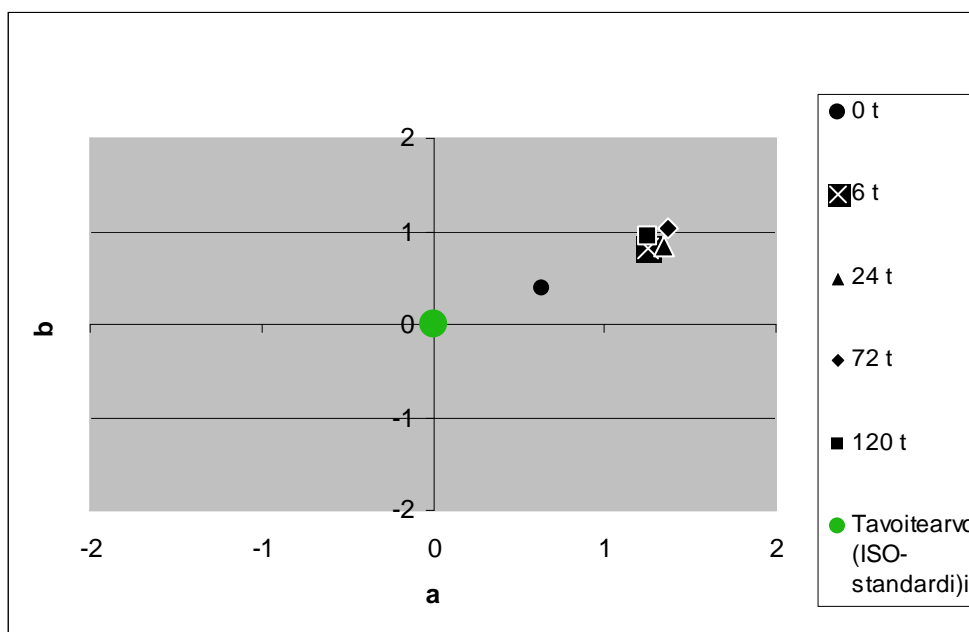


Kuva 22. Ensimmäisen koepainatuksen keltaisen osaväriin muutos ab-kentässä kuivumisajan suhteen. Ajanyksikkönä on tunti (t).

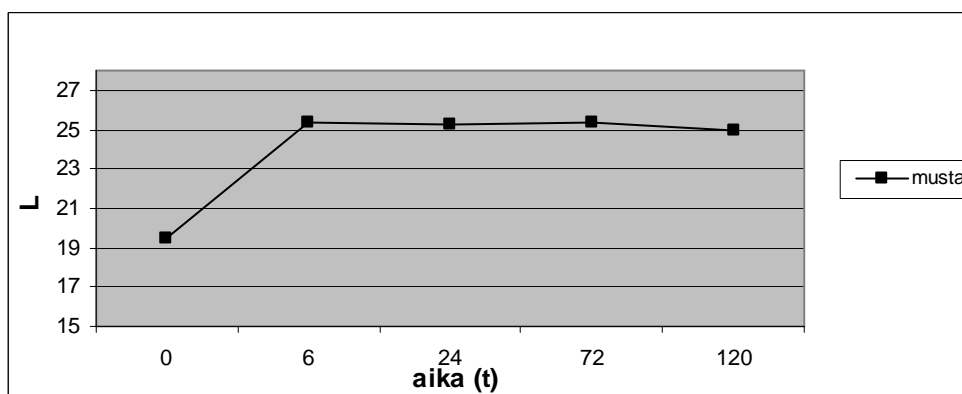


Kuva 23. Ensimmäisen koepainutuksen keltaisen osaväriin muutos L-akselilla kuivumisajan suhteen. Ajanyksikkönä on tunti (t).

Mustan osaväriin muutos verrattuna keltaiseen on hyvin pientä ab-kentässä (kuva 23), kun mustan muutos L-akselilla on merkittävä verrattuna keltaiseen (kuva 24). Kuvassa 23 tavoitearvona on ISO 12647-2 -standardiarvo ja ajan mittayksikkönä on tunti.



Kuva 24. Ensimmäisen koepainatuksen mustan osaväriin muutoksen ab-akselilla kuivumisajan suhteen. Ajanyksikkönä on tunti (t).



Kuva 25. Ensimmäisen koepainatuksen mustan osaväriin muutoksen L-akselilla kuivumisajan suhteen. Ajanyksikkönä on tunti (t).

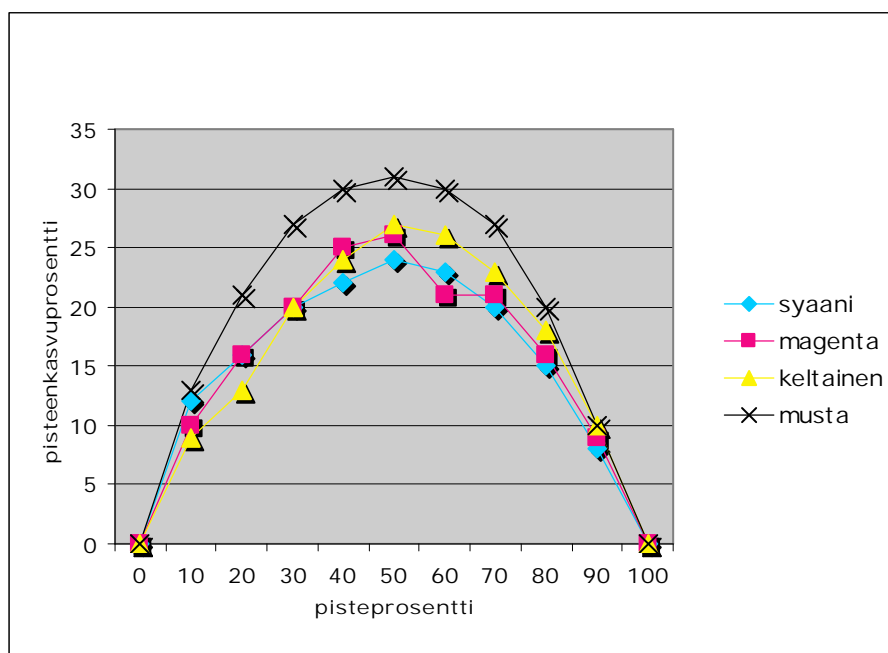
Testipainatuksen kuntoonlaiton densiteettien pohjana käytettiin Hämeen Kirjapainon ohjedensiteettejä. Testiarkin keskisektoriin pyrittiin saamaan nämä densiteetit.

Densiteettejä laskettiin arkin vasemmanpuoleisissa sektoreissa ja nostettiin oikeanpuoleisissa sektoreissa. Tällä pyrittiin haarukoimaan densiteetit niin, että löydettäisiin densiteettien ohjearvot, joilla saavutettaisiin kuivan painojäsen ISO-standardin määrittämät tavoite-Lab-arvot osavärien kompaktipinnoille.

Koepainatuksissa seurattiin kuivumisen vaikutusta densiteetteihin ja Lab-arvoihin.

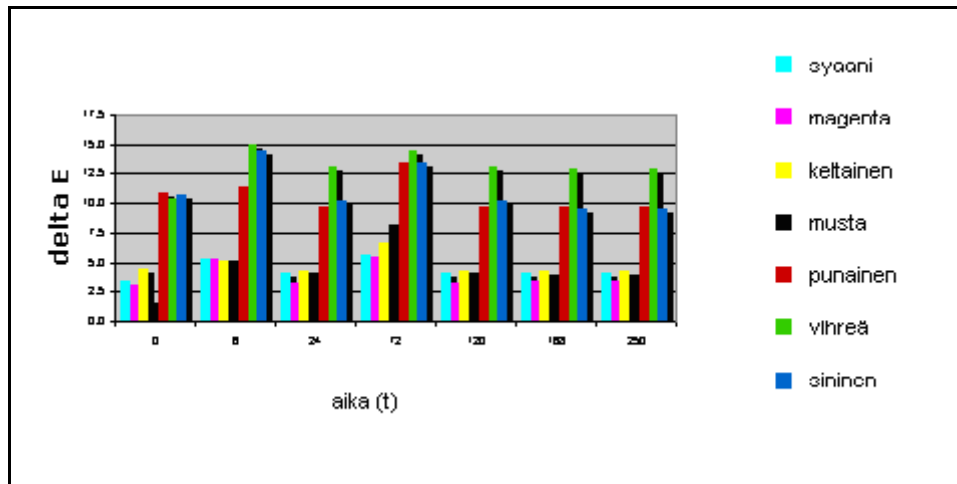
Toisessa koepainatuksessa kuntoonlaittodensiteettejä tarkennettiin ensimmäisestä

koepainatuksesta saatujen tietojen perusteella. Densiteetit, joilla saavutettiin ISO-standardin mukaiset optimaaliset Lab-arvot kuivassa painojäljessä, tuottivat korkeat pisteenkasvuprosentit verrattuna ISO-standardin tavoitearvoihin (kuva 25).



Kuva 25. Pisteenkasvuprosentit osaväreittäin ensimmäisellä koepainatuspaperityypillä Eurobulk-paperille.

ΔE -arvot verrattuna ISO 12647-2 -standardiin ilmenevät kuvassa 26. Osavärien ΔE -arvot pysyvät melko muuttumattomina ajan suhteen lukuun ottamatta mustaa osaväriä. Osavärien ΔE -arvot pysyvät hyvin standardin asettamissa rajoissa. Päällepainatusvärien ΔE -arvot ovat taas hyvin suuria verrattuna standardin asettamiin informatiivisiin suositusarvoihin.



Kuva 26. Ensimmäisen koepainatuksen mittaustulosten ΔE -arvot syaanille, magentalle, keltaiselle ja mustalle sekä ΔE -arvot punaiselle, vihreälle ja siniselle verrattuna ISO-standardin määrittelemiін normatiivisiin ja informatiivisiin tavoitearvoihin optimaalisella värinpitotasolla.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli löytää ratkaisuja ongelmiin, jotka koskevat arkkioffsetpainokoneen kuntoonlaiton toteutusta ISO 12647-2 -standardin asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Työn avulla pyrittiin löytämään toimintatapa, jolla paperien ja painovärien eri yhdistelmillä saavutettaisiin standardin tavoitteiden mukainen painojäljen laatu valmiissa lopputuotteessa. Tiedon vähäisyys painovärien kuivumisesta tapahtuvista muutoksista painojäljen väriarvoihin oli työn liikkeelle paneva voima.

Ensimmäisessä testipainatuksessa huomattiin ongelmaksi eri mittalaitteiden keskenään vertailukelvottomat mittaustulokset. Densitometri- ja spektrofotometri-antamat mittaustulokset poikkesivat huomattavan paljon toisistaan. Vaihtelu mittalaitteiden ja mittalaitteiden valmistajien välillä on otettava huomioon, kun tehdään värimittauksia, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Densitometri- ja spektrofotometri-erot densiteetti-arvoissa johtuvat mittaustekniikan erilaisista tavoista mitata ja laskea densiteetti-arvot. Densitometrisessä mittauksessa densiteetti-arvo saadaan fyysisten värisuotimien avulla mittaamalla värikerroksen paksuutta. Spektrofotometrisessä tekniikassa densiteetti-arvo lasketaan matemaattisilla kaavoilla Lab-arvoista. Lab-arvot mittalaitteiden välillä vaihtelevat hyvin vähän, mutta densiteetti-arvoissa vaihtelu on suurta.

Mittaustulosten analysoinnin jälkeen huomattiin, että paperien ja painovärien eri yhdistelmillä standardin tavoitteiden saavuttaminen edellyttää testipainatuksia, jotta varmistetaan standardin toleranssin rajoissa pysyminen. Painoväreissä tapahtuvat muutokset ovat merkittäviä ensimmäisen kuuden tunnin aikana, mutta tämän jälkeen väriarvoissa ei tapahdu enää merkittäviä muutoksia. Suurin muutos tapahtuu mustan osavärien vaalenemisessa, jonka densiteetti laskee noin 0,2–0,3 densiteettiyksikköä paperilaadusta riippuen. Muilla osaväreillä densiteetin lasku jää alle 0,15 densiteettiyksikön.

Painoväriin kuivumisen vaikutus täytyy ottaa huomioon, kun halutaan varmistaa valmiin tuotteen standardin mukaisuus. Työn avulla saatiin hyvää tietoa ja käytännön kokemusta, kuinka painojälki saadaan vastaamaan standardin vaatimuksia huomioimalla ongelmat kuntoonlaiton ja mittalaitteiden mittatiedon vaihtelussa.

Paperilaatujen erot värinkuivumisessa tapahtuvien muutosten kannalta on otettava huomioon, jotta värit toistuisivat haluttuina. Paperilaadun huokoisuus kasvattaa kuivumisen aikana tapahtuvia muutoksia. ISO 12647-2 -standardissa värien toistuvuus eri paperilaaduilla on huomioitu luokittelemalla paperit viiteen luokkaan.

Korkealaatuisilla papereilla standardin värintoistovaatimukset ovat tiukemmat kuin heikompilaatuisilla papereilla. Standardinmukaisen painolaadun todentamiseksi on suoritettava paperi- ja painovärikohtaiset testit jokaiselle yhdistelmälle erikseen.

Ennen insinööriyön aloittamista oli tiedossa, että painovärien Lab-arvoista L-arvo, joka ilmentää tummuusarvoa, laskee värin kuivuessa. Tieto ab-arvojen muutoksesta värien kuivuessa oli hyvin vähäistä. Testituloksissa muutokset ab-arvoissa olivat vähäisempiä verrattuna l-arvojen muutoksiin. Ab-arvojen muutokset olivat suurimmat keltaisessa osaväriässä. Muutokset kuuden tunnin jälkeen olivat enää marginaalisia. Ab-arvoissa tapahtuvien muutosten vaikutuksen arviointi vaikeutti se, että muutokset mahtuvat usein mittaustoleranssien vaihteluun. Tämä vaikeuttaa luotettavan informaation saamista testipainatuksista. Lab-väriavaruuden kolmiulotteisuus luo haasteita tarkan ja spesifin mittatiedon keräämisessä ja analysoinnissa.

Mittainformaation visualisointi selkeään muotoon oli myös hankalaa suuren mittatietomäärän vuoksi. Kuntoonlaittoa varten tarvittavat optimaaliset väriarvot saatiin selvitettyä etsimällä mittatiedoista arvot, joissa Lab-arvojen ΔE -arvot ovat minimissä kuivassa painojäljessä verrattuna standardiin. Näiden arvojen avulla pystytään määrittämään määrän painojäljen optimaaliset Lab-arvot kuntoonlaittoa varten.

Työn lähtökohtana oli löytää ratkaisuja ja tietoa ISO 12647-2 -standardin mukaisen painolaadun saavuttamiseksi. Työtä toteuttaessa havaittiin eroavaisuuksia eri mittaustekniikoilla toteutettujen mittausten tuloksissa. Mittaustekniikoiden

poikkeavuuksiin haettiin ratkaisu käyttämällä kaikissa analysoitavissa mittauksissa samaa mittatekniikkaa ja -laitetta. Tavoitteiden mukaisesti saatiin myös selville tapasuunnitella ja toteuttaa testipainatukset, joilla saavutetaan optimaaliset väri- ja kuntoonlaittoarvot standardin mukaista painamista varten.

Lähteet

1. Fraser, Bruser – Murphy, Chris – Bunting, Fred. Värinhallinta. Helsinki. Edita Prima. 2004.
2. Väri & Laatu. Heidelberg 1999.
3. Taskinen, Antti, konsultti, Gateway Communications Oy. Keskustelu 12.6.2006.
4. Standardit ja standardisointi - SFS-käsikirja 1. (WWW-dokumentti.) Suomen standardisoimisliitto SFS. <<http://www.sfs.fi>>. Luettu 15.6.2006.
5. International standard ISO 12647-2-2004, Graphic technology – Process control for the production of half-tone separations, proof and production prints, Part: Offset lithographic processes. The International Organization for Standardization. 2004.
6. MacNee, Colin: ISO 9001:2000: laadunhallintajärjestelmät, vaatimukset, siirtymävaihe ja käyttö. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS. 2001
7. Räsänen, Pia: Yksityiskohtien toistokyky pulveritoneripohjaisessa digitaalisessa elektrofotografiassa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 2004.
8. Katila, Tommi: ICC-profiilin luontivaiheen parametrien vaikutus väriavaruuden laajuuteen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 2006.
9. Suvanto, Timo: Väriin ominaisuuksia hahmottava kokeellisuus. Laudatur-tutkielma. Helsingin yliopisto, 1998.
10. Viluksela, Pentti. Paperilajit. Luentokalvot. EVTEK-ammattikorkeakoulu. 2004.

11. Lahdenperä, Esko. Paperitekniikka – Yleistä. Luentokalvot. Paperitekniikan opintojakso. EVTEK-ammattikorkeakoulu. 2006.
12. Askola, Joni, Ovaska, Sami: Paperin ominaisuuksiin vaikuttaminen kuitulajeilla ja valmistuksen osaprosesseilla. Kandidaattityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2008.
13. Leach R. H.: The Printing Ink Manual. Padstow. T. J. Press, 1989.
14. Viluksela, Pentti. Painovärien rakenne ja koostumus. Luentokalvot. EVTEK-ammattikorkeakoulu. 2004.
15. Ahlqvist, Jorma: Väripidon ohjearvojen määrittäminen Otavan Keuruun kirjapainoon. Insinöörityö. EVTEK-ammattikorkeakoulu. 1999.

Liite 1: Yhteenveto ISO 12647-2 -standardista

Normatiiviset ja informatiiviset tavoite-Lab-arvot

Paperi tyyppi	1,2			3			4			5		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Musta	16	0	0	20	0	0	31	1	1	31	1	3
Syaani	55	-37	-50	58	-38	-44	60	-26	-44	60	-28	-36
Magenta	48	74	-3	49	75	0	56	61	-1	54	60	4
Keltainen	91	-5	93	89	-4	94	89	-4	78	89	-3	81
Punainen (M+Y)	49	69	52	49	70	51	54	58	32	53	58	37
Vihreä (C+Y)	50	-68	33	51	-67	33	53	-47	17	50	-46	17
Sininen (C+M)	20	25	-49	22	23	-47	37	13	-33	34	12	-29
C+M+Y	18	3	0	19	9	7	33	2	3	32	3	2

Spektrofotometrin mittausasetukset

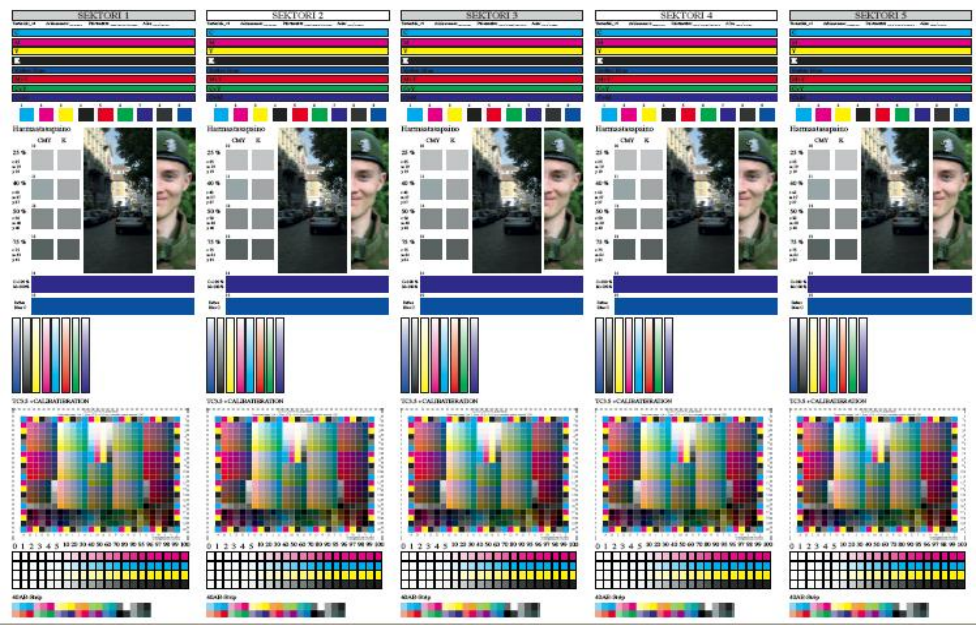
Valonlähde:	D50
Tarkastelukulma:	2°
Geometria:	0/45 tai 45/0
Tausta:	valkoinen

Liite 2: Testiarkin sektori

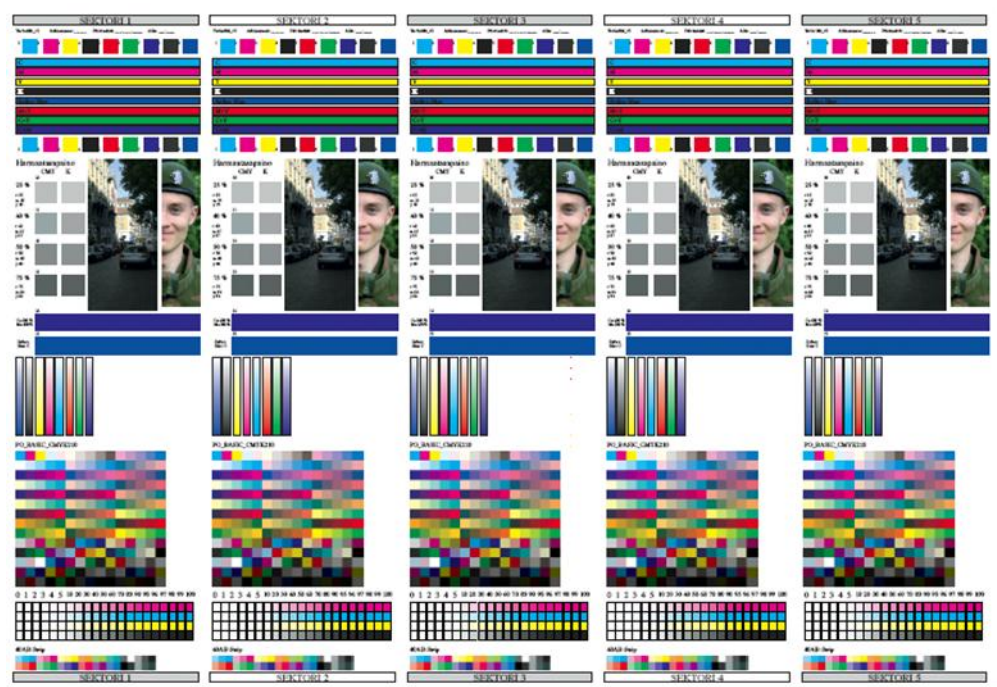


Liite 3: Testipainatuksen testiarkit

Testiarkki versio 1



Testiarkki versio 2



Liite 4: Eurobulk-paperin tekniset tiedot

Product sheet										
<h1>EuroBulk</h1> <p>EuroBulk Matt</p>										
<p>MAIN END USES</p> <p>Annual reports, Catalogues, Children/Comic books, Direct mail, Illustrated books, Magazines, Advertising materials</p>										
FEATURES										
PRINTING METHODS	Heatset web offset, Sheet-fed offset				AVAILABLE IN	Sheets, Reels				
PRODUCT TYPE	Coated fine papers				MILL	M-real Hallein				
TECHNICAL INFORMATION										
Property, unit	Standard	Values								
Grammage g/m ²	ISO 536	80	90	100	115	135	150	170	200	250
Thickness mm	ISO 534	0.091	0.101	0.112	0.128	0.151	0.169	0.192	0.221	0.275
Opacity %	ISO 2471	92.0	93.5	94.5	95.5	96.5	97.5	98.0	99.5	99.5
Brightness %		94								
CIE Whiteness	ISO 11475	113								
Gloss %	TAPPI T 480	11	11	11	12	12	12	12	15	15
Smoothness µm	ISO 8791-4	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.8

Test methods: Brightness % (R457/D65), Gloss % (Tappi 75*), Smoothness µm (PPS)

Liite 5: Dito-paperin tekniset tiedot



LAADUN KUVAUS	Hiokkeeton ja päällystämätön offsetpainopaperi, jolla erinomainen bulkki, painettavuus ja ajettavuus.
RAKENNE	ECF-sellu, pintaliimattu, 7,5 pH
KÄYTTÖKOHEET	Soveltuu erityisesti tekstipitoisiin painotöihin sekä mustavalkoisten ja helppojen monivärikuvien painamiseen. Esimerkkejä käyttökohteista ovat oppikirjat, vuosikertomukset, esitteet, asiakaslehdet katalogit, kansiot, kortit ja kannet.
VALMISTAJA	M-real StockStadt GmbH, Saksa
TEKNISET SUOSITUKSET	Soveltuu erityisesti offset-painatukseen. Valitse päällystämättömille papereille tarkoitetut värit ja vältä yli 280% väripintaa aivärinpoistolla. Yli 100 g/m ² soveltuvat laminoitavaksi. Tummille painopinnoille saattaa kuitenkin muodostua laminoinnista johtuen valkoisia laikkuja. Dito ei sovellu päällystämättömänä paperina kovinkaan hyvin lakattavaksi. Yli 120 g/m ² tuotteille suositellaan nuuttausta ennen taitamista. Suositeltu rasteritiheys 54-60 linjaa/cm.

YMPÄRISTÖTIEDOT	TUOTTEEN SERTIFIKAATIT	TEHTAAN SERTIFIKAATIT
	PEFC 	EMAS 
	Paper Profile 	ISO 14001 
MUUT SERTIFIKAATIT	ISO 9706 (kestopaperi) BfR Food Certificate 94/62 EC Heavy Metal Certificate EN 71/3:1988 D Safety of Toys	ISO 9001 OHSAS 18001 PEFC C-o-C FSC C-o-C

*=pyynnöstä

TEKNISET TIEDOT

g/m ²	80	90	100	120	140	170	190	250	300
Bulkki (cm ³ /g)	1,30	1,28	1,28	1,25	1,23	1,20	1,20	1,20	1,18
Opasiteetti ISO (%)	91,5	93,0	94,5	96,5	98,0	99<	99<	99<	99<
Valkoisuus CIE (%)	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Vaaleus (R457/D65)	104,1	104,1	104,1	104,1	104,1	104,1	104,1	104,1	104,1
Karheus (Bendtsen)	<400	<400	<400	<400	<450	<450	<500	<600	<700

Tarkasta hinnastovalikoima voimassa olevasta hinnastostamme.