



FLEKSOPAINOYKSIKÖN KEHIT- TÄMINEN

Lauri Hatavara
Juuso Humalamäki

Opinnäytetyö
Lokakuu 2014
Paperi-, tekstiili- ja
kemiantekniikan
koulutusohjelma
Paperitekniikan
suuntautuminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Paperitekniikan suuntautuminen

HATAVARA, LAURI & HUMALAMÄKI, JUUSO:
Fleksopainoyksikön kehittäminen

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Lokakuu 2014

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle. Tavoitteena oli kehittää paperilaboratorion RK-pilotkoneen fleksopainoyksikköä. Flexopainoyksikköön tuli hankkia uusi painolaatta ongelmia aiheuttaneen vanhan laatan tilalle. Painolaatta suunniteltiin koulutusohjelman tarpeisiin ja sisäänajettiin toimivien ajotapojen löytämiseksi. Koeajoissa ongelmia aiheuttivat häiriöt painojäljessä, paperiradan huono hallittavuus ja erityisesti radan kulkeutuminen reunaan.

Painolaatta suunniteltiin ja teetettiin TAMK:n graafisen suunnittelijan Anne Aution ja Flexolahti Oy:n kanssa. Painolaatan sisäänajossa esiintynyt radan huono ajettavuus saatiin osittain hallintaan kokeilemalla erilaisia radan nopeuksia ja nopeussuhteita sekä kiinnirullauksen paineen asetusarvoja. Paperirata saatiin kulkemaan riittävän stabiilisti painoprosessia varten. Painolaatan painokuvio koostui kahdesta eri linjatiheydellä toteutetusta symmetrisestä kuviosta, joista toiseen saatiin hyvä painatustulos käyttämällä matalaviskootista painoväriä ja suuria nippipaineita. Suuremman linjatiheyden painokuvion häiriöitä ei saatu poistumaan. Flexopainoyksiköllä voidaan kuitenkin nyt suorittaa oppilastöitä.

Fleksopainoyksikköön jäi vielä kehitettävää, mikäli se halutaan ulkopuoliseen tutkimuskäyttöön. Painolaatassa tulisi olla tunnetuilla sävyillä toteutettuja kenttiä, jotka helpottavat painotulosten vertailua. Laatta tulisi myös asentaa asiaankuuluvalla laitteistolla. RK-pilotkone vaatii mekaanista kunnossapitoa, kuten laakerien, voimansiirron ja telojen linjauksien tarkistamista. Paperilaboratorioon tulisi hankkia erilaisia pilotkoneeseen sopivia papereita.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Paper Engineering

HATAVARA, LAURI & HUMALAMÄKI, JUUSO:
Development of Flexographic Printing Unit

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 4 pages
October 2014

This thesis was commissioned by Tampere University of Applied Sciences. The target was to develop the RK pilot machines flexographic printing unit at the paper laboratory. The objective was to replace the existing printing plate that was causing problems by a new one. The printing plate was designed for the needs of the degree programme. Preliminary runs were conducted with the plate to find the driving settings for the printing unit. In the preliminary runs problems detected were poor print quality, runnability and particularly the web drifting to the side of the machine.

The plate was designed with graphic designer Anne Autio and Flexolahti Oy and made by Flexolahti Oy. The problems of the web runnability in the preliminary run were partly controlled by trying different web speeds, speed ratios and rewind pressures. Sufficient web runnability was achieved for the needs of the printing process. The impression in the printing plates consisted of two images. The images were implemented with different route densities. Using low viscosity ink and high nip pressure we gained good print quality in the other image. The printing problems in the image with the higher route density still occurred but the printing unit can now be used in student projects.

The flexographic printing unit needs further development if it is to be used in research by outside companies. The printing plate should have areas with known dot coverages to enable the comparison of images with different route density. The plate mounting should be done with appropriate equipment. The RK pilot machine requires mechanical maintenance such as inspection of bearings, drives and roll alignments. The paper laboratory should obtain more paper grades suitable for the pilot machine.

Key words: flexographic printing, rk-pilot unit, printing plate, preliminary run, print quality

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	FLEKSOPAINO.....	7
2.1	Menetelmä	7
2.2	Painojäljen laatu.....	8
2.2.1	Painojäljen muodostuminen.....	8
2.2.2	Densiteetti	10
2.2.3	Rasterointi	11
2.2.4	Väriarviointi	12
2.2.5	Painojäljen häiriöt	13
2.3	Painolaatan valmistus	14
2.4	Fleksopainovärit.....	16
3	LAITTEISTO JA MATERIAALIT	18
3.1	RK-pilotkone	18
3.2	Flexopainoyksikkö.....	20
3.3	Painoväri	21
3.4	Painopaperi	22
4	PAINOLAATAN TILAAMINEN	23
4.1	Flexolahti Oy	23
4.2	Painolaatan suunnittelu	23
4.3	Painolaatan asentaminen.....	27
5	PAINOLAATAN SISÄÄNAJO.....	29
5.1	Lähtötilanne	29
5.2	Radanvienti	30
5.3	Ajoasetukset.....	31
5.3.1	Anilox-telan ja paperiradan nopeussuhde	31
5.3.2	Rainan hallinta	31
5.3.3	Nippipaineet	32
5.3.4	Raakelointi	32
5.3.5	Painoväri	32
5.3.6	Kuivatus	33
6	SISÄÄNAJON ARVIOINTI.....	34
6.1	Paras painotulos	34
6.2	Jatkuva häiriö	35
6.3	Mikroskopointi.....	38
6.4	Spektrofotometri	43
7	POHDINTA.....	45

LÄHTEET	47
LIITTEET	48
Liite 1. Ajo-ohjeet RK-pilotkoneen fleksopainoyksikköön	48

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Tampereen ammattikorkeakoululle. Työn tarkoituksena on kehittää paperilaboratorion RK-pilotkoneen fleksopainoyksikköä. Työ on jatkoa aiemmalle opinnäytetyölle, jossa painoyksikön sisäänajoa haittasi huono painolaatta. Tavoitteena on saada pilotkoneen fleksopainoyksikkö opetuskäyttöön ja mahdollisiin yritysten koeajoihin.

Tehtävässä tutustutaan fleksopainomenetelmän teoriaan ja suunnitellaan sen avulla painolaatta, joka soveltuu paperilaboratorion tarpeisiin. Laatassa tulee olla useampia erilaisia painavia pintoja ja mahdollisuuksia testata painatuksen onnistumista eri mittareilla. Tehtävänä on myös tutustua painolaattoja valmistaviin yrityksiin ja laatia tarjouspyyntöjä uuden painolaatan hankkimiseksi RK-pilotkoneen fleksopainoyksikköön.

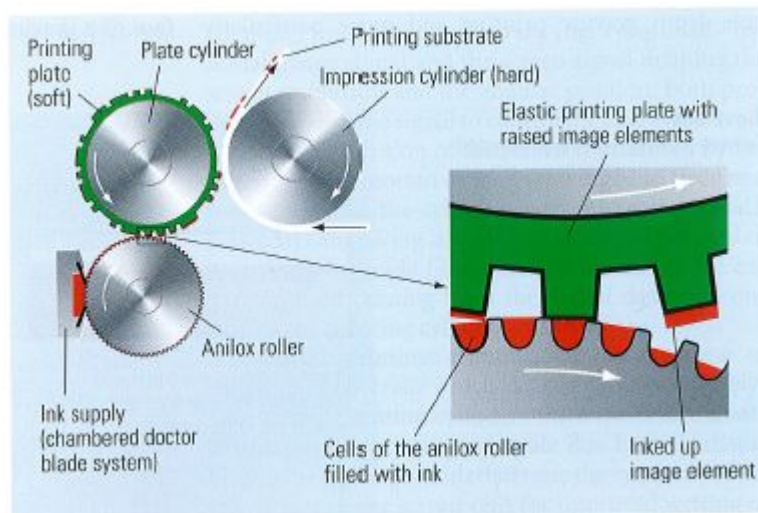
Uusi painolaatta asennetaan painosylinterille paperilaboratoriossa. Asennettu laatta sisäänajetaan koeajoissa, joissa etsitään sopivia ajoparametreja hyvälle painatukselle. Sopivat ajoparametrit taulukoidaan ja laaditaan ajo-ohje fleksopainamiseen RK-pilokoneella.

Työssä esitellään fleksopainomenetelmän teoria ja painatusprosessin muuttujat, käytetty laitteisto ja niiden osat. Teoriaosuuden jälkeen käydään läpi painolaatan asennus, radanvienti ja koeajoissa löytyneet ajoarvot. Tämän jälkeen kerrotaan koeajoissa esiintyneistä ongelmista, niihin löydetyistä ratkaisuista ja kehitettävistä kohteista.

2 FLEKSOPAINO

2.1 Menetelmä

Fleksopaino on yksi kohopainomenetelmä. Käyttämällä joustavaa, eli pehmeää painolaattaa ja matalaviskoottista painoväriä, on fleksopainomenetelmällä mahdollista painaa lukuisille absorboiville ja ei-absorboiville pinnoille. Kuvassa 1 nähdään fleksopainoyksikön toimintaperiaate. Matalaviskoottinen painoväri siirretään painolaatalle tasaisesti kennotetun anilox-telan kautta. Anilox-tela voi olla keraaminen tai kromattu. Linjatiheys on yleensä 200–600 1/cm. Kumista tai muovista valmistettu painolevy on kiinnitetty painosylinteriin. Muste siirtyy painopinnalle painosylinterin paineen avulla. Raakelite-rän tarkoitus on stabilisoida anilox-telan värinsiirtoa kaavaamalla ylimääräinen väri pois. (Kipphan, 2001, 46; Mäkelä, 2008, 29.)



KUVA 1. Fleksopainoyksikön rakenne. (Kipphan, 2001, 47.)

Fleksopainoa käytetään eniten pakkausteollisuudessa, mutta sillä painetaan myös kirjoja, sanomalehtiä sekä kirjekuoria. Fleksopainon laatu ei ole yhtä hyvä kuin syväpainossa, jota käytetään samoissa tuoteryhmissä, mutta sen edullisten materiaali- ja rakennekustannusten ansiosta se kasvattaa markkinaosuuttaan erityisesti pakkausteollisuudessa. (Koskinen, 2001, 139.)

2.2 Painojäljen laatu

Painotuotteelle asetetaan yleensä tekniset laatutavoitteet, jotka ovat mitattavia arvoja. Esimerkiksi väreillä on useita eri luokitusjärjestelmiä ja on hyvin tärkeää, että tilaaja ja tuottaja käyttävät samaa järjestelmää. Painojälkeä arvioidaan myös visuaalisesti. (Kipphan, 2001, 99.)

Painojäljen laatu riippuu suuresti repressa tehdystä valmistelutyöstä, painoprosessista, laitteiston teknisistä ominaisuuksista sekä painotuotteen materiaaleista, esimerkiksi paperista ja painoväristä. Painetun tuotteen laatuun voi vaikuttaa vielä viimeistelyssä käytetty laitteisto. Painatuksen laatua voidaan tarkkailla teknisesti värien laadun, yksityiskohtien toiston ja sävyerojen, päällepainatuksen tarkkuuden, sekä painettavan tuotteen pintaominaisuuksien avulla. Laadun määrittävien tekijöiden pitää olla määritettäviä ja mitattavia suureita. (Kipphan, 2001, 99.)

Painojäljen visuaalinen arviointi vaatii hallitun valaistuksen ja tutkimusolosuhteet. Ihmisen näköaisti antaa aina parhaiten tiedon painojäljen visuaalisesta laadusta. Kuitenkin ainoastaan mittaamalla saadut arvot antavat mahdollisuuden objektiiviseen arviointiin ja painatuksen automaattiseen laaduntarkkailuun. Mittaamalla ja vertaamalla originaalin, koevedoksen ja tuotannon painojälkeä varmistetaan painojäljen tasaisuudesta koko painatusprosessin ajan. (Kipphan, 2001, 99.)

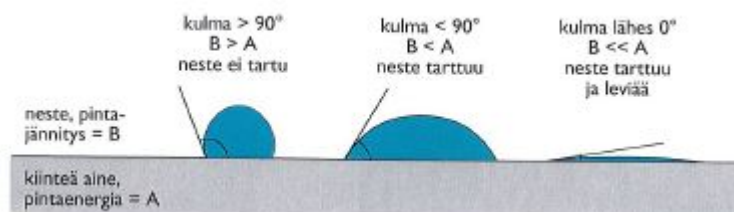
2.2.1 Painojäljen muodostuminen

Painatusprosessi on teknisesti vaativa. Painettavan värin on siirryttävä painokoneen värilaitteesta painolevyille tai -laatalle ja sieltä edelleen painoalustalle. Tämä tapahtuu suurilla nopeuksilla. Painoväriä vaaditaan tällöin sopivaa viskositeettia, sekä asettumis- ja kuivumisaikaa. Nämä vaatimukset tekevät painoikkunasta kapean. (Ristimäki, Spännäri, Viluksela, 2007, 118.)

Painoväri siirtyy painoalustalle painonipissä. Fleksopainamisessa värinsiirtoon vaikuttaa nippipuristuksen suuruus. Suuri puristus tehostaa värinsiirtymistä, mutta se aiheuttaa pisteenkasvua sekä rasittaa mekaanisesti painokonetta ja aiheuttaa painolaatan muodonmuutoksia. Painovärin matala viskositeetti mahdollistaa pienemmän nippipuristuk-

sen, mutta aiheuttaa valumia ja roiskeita. (Karhuketo, Seppälä, Törn, Viluksela, 2004, 117; Ristimäki ym. 2007, 118.)

Painettavan pinnan sileys vaikuttaa myös värinsiirtoon. Sileys edesauttaa väriä leviämään ja tarttumaan painopintaan. Jos painoalusta on lisäksi liian tiivispintaista, voi se aiheuttaa tahrimita tai häiriötä kuivumisessa. Karhealle, epätasaiselle tai korkean bulkin omaavalle painoalustalle painaminen voi taas aiheuttaa puuttuvia pisteitä. Painoalustan ja painoväriin pintakemialliset ominaisuudet vaikuttavat värinsiirtoon, kuten kuvassa 2 on esitetty. Painoalustan pintaenergia tulisi olla suurempi kuin painoväriin pintajännitys. Esimerkiksi muovipäällystettyjä papereita painettaessa saattaa painoväri jäädä helmeilemään muovipäällysteen pinnalle. Tätä voidaan estää mm. painopinnan koronakäsittelyllä. (Ristimäki ym. 2007, 118.)



KUVA 2. Pintakemiallisten ominaisuuksien vaikutus värinsiirtoon. (Ristimäki ym. 2007, 136.)

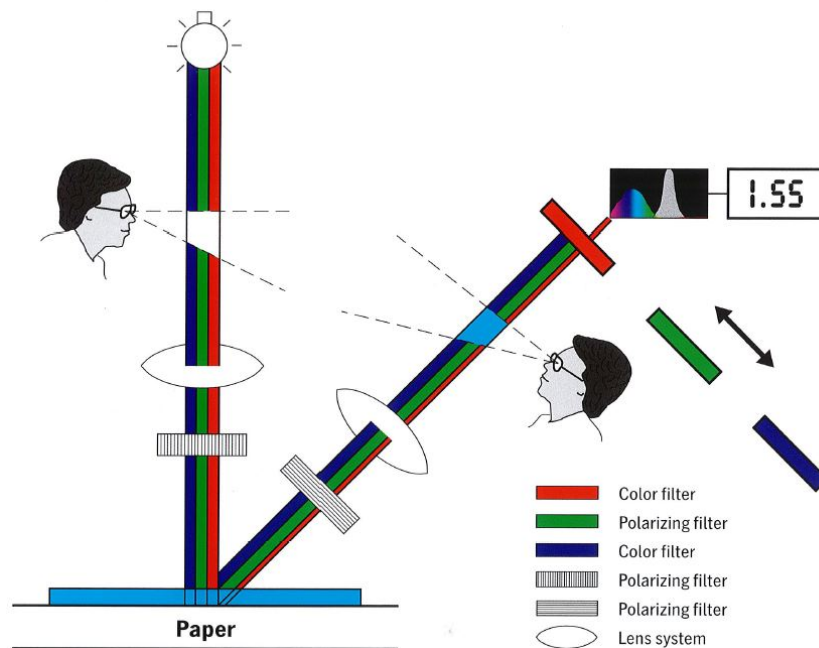
Painoväriin asettuminen ja kuivuminen ovat kriittisiä painojäljen muodostuksen kannalta. Väriin asettumisessa sen liuotinaine absorboituu painoalustaan sideaineiden ja pigmenttien jäädessä sen pinnalle. Moniväripainatuksessa väriin asettuminen on tärkeää osavärien päällekkäispainamisen ja jatkokäsittelyn vuoksi, koska väriin tulee olla osittain asettunut ennen seuraavaa painatusta. Fleksopainossa käytetään kolmea erilaista painoväriä: liuotinpohjaista, vesiohenteista ja UV-väriä. Näillä kaikilla on erilaiset ominaisuudet liittyen väriin asettumiseen ja kuivumiseen. Koska hyvä värinsiirto ja kuivatus voivat olla ristiriidassa, on painomenetelmien ja olosuhteiden, sekä painoväriin ja painoalustan valintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. (Antalis 2009,1; Ristimäki ym. 2007, 118.)

2.2.2 Densiteetti

Densiteetti on yleisimmin käytetty kuvan tummuuden mittari. Kuvasta 3 nähdään densiteettimittauksen toimintaperiaate. Se on mittasuure, joka antaa kuvan painovärikerroksen paksuudesta ja sen kyvystä absorboida ja heijastaa valoa. Densiteetti ei ole absoluuttinen vaan suhteellinen arvo. Siitä johtuen eri aikaan, eri paikassa tai eri laitteella mitattua densiteettiä ei voi suoraan verrata keskenään. Käytännössä mittauskulmat ovat standardoitu sisääntulo- ja heijastuskulman mukaan. Silti mittalaitteen valolähteen aukkoa ja valon spektriä ei ole standardisoitu. Densiteetti lasketaan kaavalla 1. (Oittinen, Saarelma, 2009, 240.)

$$D = -\log\left(\frac{I_{\text{mitattu}}}{I_0}\right) \quad (1)$$

Jossa I_{mitattu} on painotuotteesta mittapäähän heijastuvan valon intensiteetti ja I_0 on painotuotteeseen tulevan valon intensiteetti. Densiteetti on logaritminen, jotta se vastaisi paremmin ihmissilmän havaintoja, sillä ihmisen silmä toimii logaritmisesti ja tulkitsee valon intensiteetin kaksinkertaistumisen yhtenä askeleena. (Heidelberg 2006, 24–25; Oittinen ym. 2009, 240.)

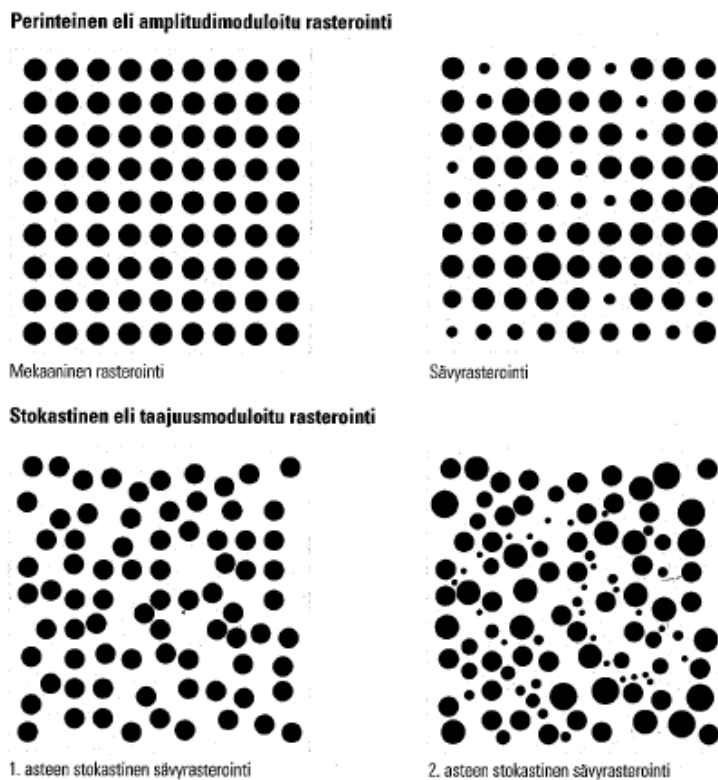


KUVA 3. Densiteetin mittausperiaate. (Heidelberg 2006. 25.)

2.2.3 Rasterointi

Painettavan kuvan eri tummuusasteita ei pystytä säätämään painovärikerroksen paksuutta muuttamalla. Tämän takia kuva hajotetaan pieniksi pisteiksi ja sävyt toistetaan muuttamalla painetun ja painamattoman pinnan suhdetta. Tätä kutsutaan rasteroinniksi. Rasteripiste voi olla muodoltaan pyöreä, neliö tai ellipsi. Olemassa on myös harvinaisempia viiva- ja erikoisrastereita. (Ristimäki ym. 2007, 20–21.)

Rasterointitapoja on kaksi. Perinteinen amplitudimoduloitu (AM) – rasterointi ja taajuusmoduloitu (FM) – rasterointi, jota kutsutaan myös stokastiseksi rasteroinniksi. Perinteisessä rasteroinnissa sävyt muodostuvat erikokoisista rasteripisteistä. Rasteripisteet sijoitetaan tietylle linjatiheydelle, joka valitaan painotuotekohtaisesti. Vaaleat sävyt muodostetaan pienillä rasteripisteillä ja tummat sävyt isoilla. Stokastisessa rasteroinnissa muutetaan rasteripisteiden etäisyyttä halutun sävyn mukaan. Tässä rasterointitavassa käytetään hajapisterakennetta, jolloin tummissa sävyissä pisteitä on tiheämmässä kuin vaaleissa sävyissä. Kuten kuvassa 4 on nähtävissä, molemmissa rasterointitavoissa on myös sovelluksia. Näissä sovelluksissa pisteen kokoa muuttamalla saadaan tarkempia sävyjä. (Ristimäki ym. 2007, 20–22; Koskinen, 2001, 105-107.)

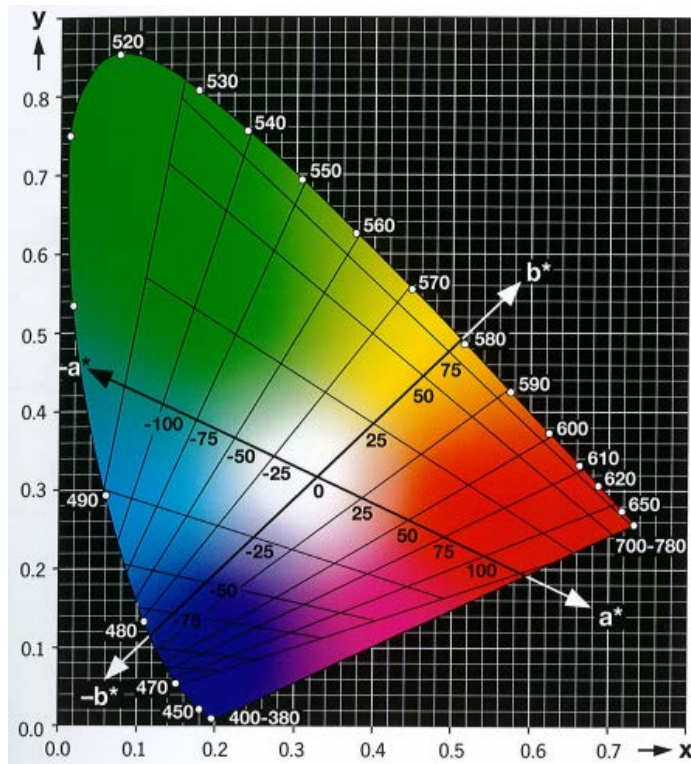


KUVA 4. Eri rasterointeja. (Koskinen 2001, 106.)

Rasterilinjan ja vaakatason välistä kulmaa kutsutaan rasterikulmaksi. Kulmat pyritään säätämään niin, että rasterien linjarakenne saadaan häivytettyä mahdollisimman hyvin. Tästä johtuen tumman värin rasterikulmaksi valitaan 45° , jossa katsojan huomio kiinnittyy sävypintaan eikä yksittäisiin pistelinjoihin. Painettaessa useammalla värillä pitää ottaa huomioon osavärien rasterikulma, jotta vältetään linjojen vääränlainen päällekkäisyys. Vääränlaisesta päällekkäisyydestä aiheutuu moiré- eli läikekuvio. (Ristimäki ym. 2007, 23.)

2.2.4 Väriarviointi

Ihmissilmä näkee värit eri tilanteissa eri lailla riippuen valaistuksesta, mielialasta ja arvioijasta. Teollisuudessa tarvitaan kuitenkin objektiivisuutta värien mittaamiseen. Kolmiulotteista väriavaruutta käytetään, jotta värejä voitaisiin kuvata matemaattisesti. Värin sijainnin määrittää väriavaruudessa kolme tekijää: valoisuus, kylläisyys ja värisävy. Kuvassa 5 on CIE – standardin mukainen ihmissilmän näkemä väriavaruus. Tässä standardissa jokainen näkyvä väri on määriteltävissä värikoordinaattina x, y – koordinaatistossa. Z -koordinaatti ilmaisee värin valoisuuden. (Lehtonen, Mattila, Veilo, Raninen, 2003. 126–127; Sumelius, 2000. 52–53.)

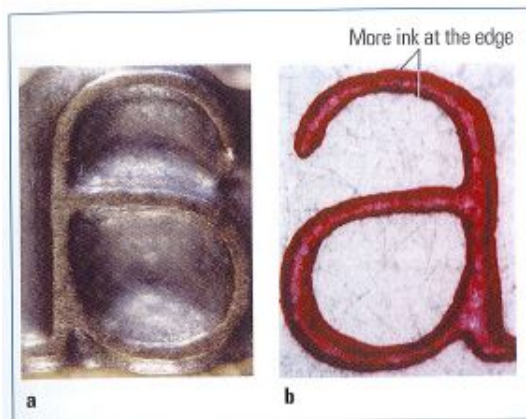


KUVA 5. CIE Lab – väriavaruus (Heidelberg 2006. 39.)

Värejä tarkastellessa CIE Lab -väriavaruuden avulla saadaan myös väriero ΔE , joka ilmoittaa eri väripisteiden etäisyyden värikartalla. Tätä käytetään muun muassa originaalin ja valmiin painotuotteen värejä vertaillessa. (Heidelberg 2006. 38; Wikgren, 9.4.2014.)

2.2.5 Painojäljen häiriöt

Fleksopainossa, kuten kaikissa kohopainomenetelmissä tyypillinen ongelma on painoväriin pakeneminen painoaiheen reunalle. Tämä johtuu painolevyn pehmeystä ja kovasta nippipuristuksesta. Painoväriin pakeneminen aiheuttaa kirjainten, linjojen ja rasteripisteiden reunoille vaaleamman rajan. Reunan ulkopuolelle siirtynyt painoväri aiheuttaa tummemman rajan, kuten nähdään kuvassa 6. Ilmiö aiheutuu suurella puristusvoimalla painoaiheen reunoilla. Jos taas nippipainetta alennetaan, erityisesti vaaleilla sävyillä väriaine ei pääse reunoille. Vaaleiden sävyjen toisto on yksi fleksopainamisen haasteista. Vaalean pään rasteripisteet ja ohuet linjat voivat hävitä jo painolaatan valmistuksessa, tai ne voivat vahingoittua kovassa nippipaineessa. (Ristimäki ym. 2007, 87.)



KUVA 6. Flexopainoväriin pakeneminen reunoille. (Kipphan, 2001, 47.)

Tummissa sävyissä ja kompaktipinnoissa ongelmana on rasterirakenteen tukkeutuminen nippipuristuksen ja paperi- sekä väripartikkeleiden johdosta. Samalla painolaatalla esiintyvät laajat kompaktipinnat sekä vaaleat sävyt aiheuttavat myös ongelmia. Kompaktipinta vaatii kovan nippipaineen, etenkin karhealle painotuotteelle. Tämä aiheuttaa rasteripintojen pisteenkasvua ja huonontaa vaaleiden sävyjen toistoa. (Ristimäki ym. 2007, 87.)

2.3 Painolaatan valmistus

Fleksopainossa käytetään kumi- tai fotopolymeerilevyjä. Kovemmat painolaatat siirtävät väriä vähemmän kuin pehmeät. Painotuotteen ollessa karhea, tulee painokuvion olla syvempi ja painolaatan pehmeämpi. Fleksopainolevyn kovuus on noin 30–60 Shorea ja paksuus 0,75–6 mm. Painolevyn alla oleva joustoalusta voi olla kovuudeltaan 10–20 Shorea. (Ristimäki ym. 2007, 77.)

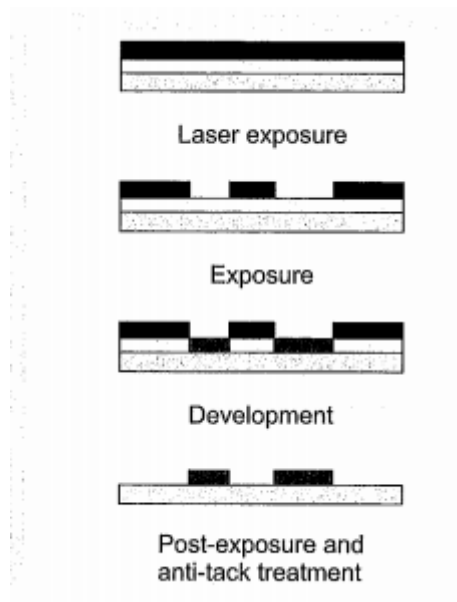
Painamisessa nippipuristukseen vaikuttaa painolaatan kovuus-joustavuussuhde. Pehmeän laatan pienet pisteet ja viivat voivat korkealla nippipaineella vääntyä, josta seuraa pisteenkasvua ja epätasainen painojälki. Pehmeä laatta sopii hyvin laajoille kompakteille pinnoille. Painolevyn valintaan vaikuttaa painoalusta, tuotetyyppi sekä haluttu laatu-taso. Nykyisin painolevyn paksuudet ovat pienentyneet. Esimerkiksi pakkaus- ja etikettipainatuksessa paksuus voi olla 1 mm ja aaltopahvin painatuksessa 2,8 mm. Painolevyn materiaalilta vaaditaan perinteisen painoskestävyyden lisäksi hyvää liuotin- ja puhdistusaineiden kestoä. (Ristimäki ym. 2007, 77.)

Aiemmin käytetyistä vulkanoiduista kumisista painolaatoista on siirrytty fotopolymeerilaattoihin. Vulkanointi aiheutti kumilaatoille mittamuutoksia, josta aiheutui kohdistusongelmia. Vulkanoinnin vaikeus aiheutti pienten yksityiskohtien toiston heikkoutta ja vaaleat rasterisävyt katosivat helposti matkalla originaalista painolaattaan. Nykyisin painokuvio voidaan kaivertaa laserilla suoraan painosylinterin kumipäälysteeseen. Näin mittamuutosongelmia ei synny, yksityiskohtien toisto on hyvä, sekä itse laatan painoskestävyys paranee. (Ristimäki ym. 2007, 77.)

Fotopolymeerilevyn yleistyttyä on fleksopainamisen laatu parantunut. Suuremmat rasteritiheydet ovat mahdollisia, mittapysyvyys on parempi ja laatat kestävät useampia erilaisia liuotainaineita. Fotopolymeeristä valmistetaan yksi- ja monikerroksisia painolevyjä. Levyt voidaan valottaa negatiivifilmin läpi UV-valolla tai CTP-tekniikalla (Computer to plate) laservalotuksella. UV-valo aiheuttaa polymerisaatioreaktion, joka kovettaa levyn pinnan valottuneet kohdat. Vaiheet ovat nähtävissä kuvassa 7. (Ristimäki ym. 2007, 77–78.)

Ainoastaan yksikerroslevyt taustavalotetaan UV-valolla ilman filmiä. Näin saavutetaan haluttu reliefisyvyys. Varsinainen painoaihe saadaan fotopolymeerilevyille negatiivifil-

min läpi päävalotuksessa. Tämä vaihe määrittää monikerroslevyn reliefin syvyyden. Kehityksessä pestään valottumattomat osat painolevystä harjoilla ja pesunesteellä. Pesussa oleellista on lämpötila, harjauksen voimakkuus, pesuaika sekä pesunesteen koostumus. Laatan vääränlainen pesu voi poistaa pieniä yksityiskohtia painoaiheelta tai jättää valottumattomia kohtia. Kuivauksessa fotopolymeerilaatta kuivataan noin 60-asteisella ilmalla. Tällöin pesuneste haihtuu ja reliefi kiinteytyy. Liian voimakas kuivaus kutistaa levyä, toisaalta vähäinen kuivaus ei kiinteytä reliefiä. Karkaisuliuksella poistetaan laatan tahmeus, jonka jälkeen levy huuhdellaan vedellä ja kuivataan. Levyn etupuolen jälkivalotuksella varmistetaan polymerisoituminen koko painolaatalla. (Ristimäki ym. 2007, 77–78.)



KUVA 7. Fotopolymeerilevyn käsittely. (Oittinen ym. 2009, 44.)

Painolevyn valmistamiseen CTP-menetelmällä on kolme erilaista tapaa. Tavat perustuvat laserkaiverrukseen. Kaikkia tapoja voidaan käyttää perinteisessä ulkorumputekniikassa, jossa kaiverrus tapahtuu suoraan rummulle kiinnitettyyn painolevyyn. Laserkaiverrusta voi soveltaa sekä kumi- että fotopolymeerilevyille. (Ristimäki ym. 2007, 52,78–79.)

Ensimmäisessä tavassa laser aiheuttaa fotopolymeeripinnassa valottuneen materiaalin haihtumisen. Kehittämistä ei tarvita. Toinen tapa liittyy mustalla maskikerroksella päällystettyyn monikerrosainolevyyn. Laser muuttaa tumman kalvon kirkkaaksi, jolloin maskikerros toimii negatiivifilmin tavoin. Valotus tapahtuu UV-valolla ja jatkoprosessi tapahtuu perinteisellä tavalla. Kolmas vaihtoehto on käyttää infrapuna-alueella toimivaa

termolaseria. Fotopolymeerilevyn pitää omata samanlainen herkkyys. Laser polymerisoi levyn valotetut alueet. Sen jälkeen levy kehitetään. (Ristimäki ym. 2007, 78–79.)

Laserkaiverruksessa käytetään myös tyypiatmosfääri-tekniikkaa. Valotuksessa käytetään perinteisesti happea, mutta se sisältää valon hajontaa aiheuttavia epäpuhtauksia. Tämä vältetään korvaamalla happi 99,5 % typpikaasulla. Näin saavutetaan painokuvio, jossa kaiken kokoiset rasteripisteet ja kompaktit pinnat ovat täsmälleen samalla korkeudella toisin kuin perinteisillä tekniikoilla. (Kallio, 7.4.2014; Kallio, 24.9.2014)

2.4 Fleksopainovärit

Fleksopainamiseen käytettävät värit ovat joko liuotinpohjaisia, vesiohenteisia tai UV-värejä. Painovärit ovat matalaviskoottisia (10–200 mPas) parantaakseen värinsiirtoa. Toisaalta matalaviskoottisuus johtaa painovärin tunkeutumiseen painotuotteeseen sekä roiskumista. (Oittinen ym. 2009, 47.)

UV-värit ovat korkeaviskoottisia, joka estää värin leviämisen. Pisteenkasvu vähenee, mutta kompakteille pinnoille voi tulla painamattomia pisteitä. UV-värin kuivatus poikkeaa muista väreistä siten, että siitä ei haihdu väriaineen komponentteja. Kun taas liuotin- ja vesipohjaisissa väreissä yli 50 % väriaineen koostumuksesta haihtuu kuivatuksessa. (Oittinen ym. 2009, 47.)

Liuotinpohjaisia värejä käytetään muoville painettaessa niiden kuivumisen ja erinomaisen painolaadun vuoksi. Ne aiheuttavat kuitenkin vaarallisia päästöjä. Vesiliukoisten värien etuna on päästöttömyys, mutta ne tekevät painoprosessista vaikeasti hallittavan ja painojäljestä ei saada kovin korkealaatuista. UV-värit ovat kalliita, mutta antavat hyvän ja kestävän painojäljen eivätkä aiheuta vaarallisia päästöjä. (Oittinen ym. 2009, 47; Ristimäki ym. 2007, 128–129.)

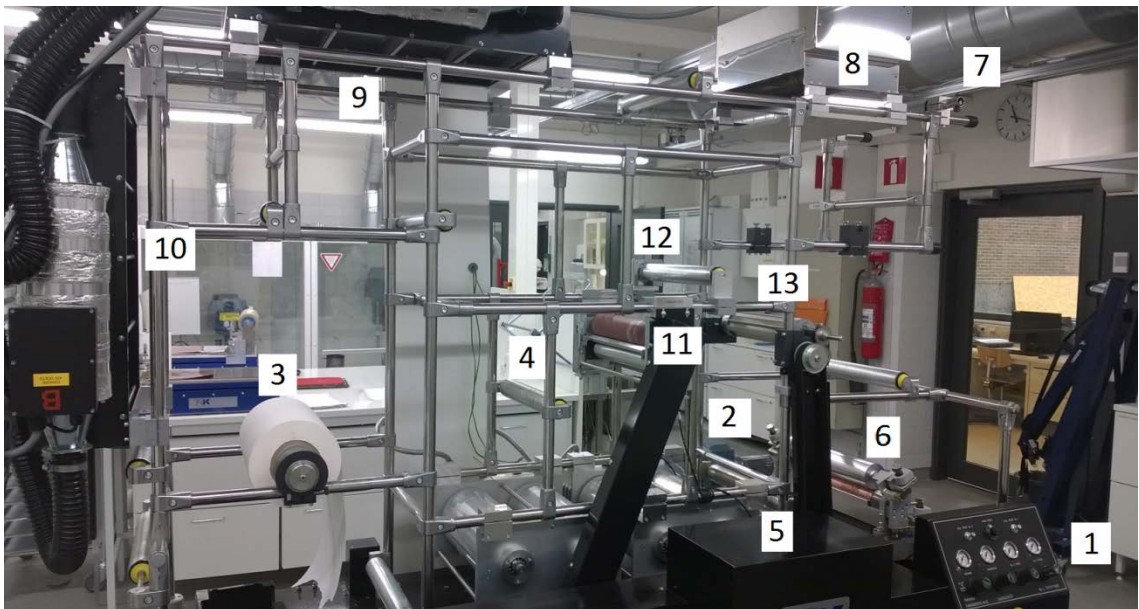
Painovärit koostuvat kolmesta pääkomponentista, pigmentistä, sideaineesta ja liuottimesta. Pigmentin tehtävä on aikaansaada riittävä kontrasti painopinnan ja painojäljen välille ja luoda haluttu värivaikutelma. Sideaine kiinnittää pigmentin painoalustaan. Liuottimella väri laimennetaan painoprosessiin sopivaan viskositeettiin. Liuotin ei kuitenkaan saa vahingoittaa painolevyä tai värilaitteiston pintoja. Tehtävänä on myös

edesauttaa painovärin kuivumista. Joskus käytetään sideaineen ja liuottimen yhdistelmää, jota kutsutaan väliaineeksi. (Oittinen ym. 2009, 47; Ristimäki ym. 2007, 128–129.)

3 LAITTEISTO JA MATERIAALIT

3.1 RK-pilotkone

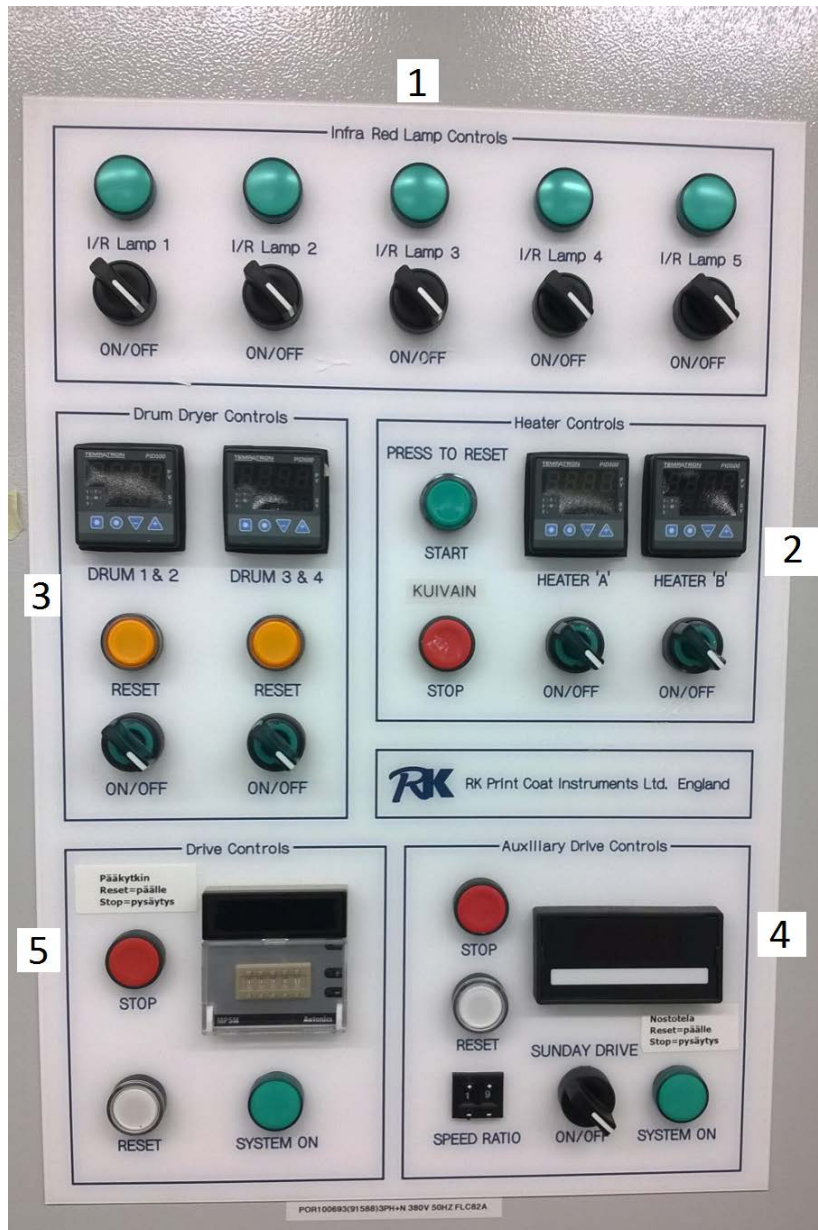
Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion RK-pilotkone on suunniteltu testiajoihin eri paino- ja päällystystekniikan sovelluksiin. Siihen voidaan asentaa liimapu-ristin, fleksopaino-, päällystys- tai syväpainoyksikkö. Koneessa on kolme eri kuivatusmahdollisuutta. Viisi infrakuivainta, kaksi leiju-ilmakuivainta sekä neljä kuivatussylinteriä. Pilotkoneessa on vetävä kiinnirullaus sekä sähkökäyttö paino- ja päällystysyksiköille. Kuvassa 8 on RK-pilotkone ja sen tärkeimmät osat numeroituna.



KUVA 8. RK-pilotkone ja sen tärkeimmät osat. 1. Ohjauspöytä 2. Apumoottori 3. Aukirullaus 4. Ensimmäinen ohjaustela ennen painoyksikköä 5. Toinen ohjaustela ennen painoyksikköä 6. Fleksopainoyksikkö 7. Sädettävä ohjaustela ennen kuivausta 8. Infrakuivaimet 9. Ensimmäinen leiju-ilmakuivain 10. Toinen leiju-ilmakuivain 11. Laminaattori 12. Ohjaustela jossa infrakuivaimia ohjaava pyörintävahti 13. Kiinnirullaus.

Infrakuivaimilla on itsenäiset käynnistykset, kuten leiju-ilmakuivaimilla. Ilmakuivaimille on myös erilliset lämpötilasäädöt. Kiinnirullauksen painetta ja pyörimisnopeutta apumoottorin suhteen voidaan säätää. Kuivatussylinterit on jaettu kahteen eri lohkoon, joita voidaan ohjata erillisesti. Aukirullausta hidastetaan mekaanisella jarrulla.

Ohjaukset löytyvät ohjauskaapista ja ohjauspöydästä. Kuvassa 9 on esitetty ohjauskaappi ja kuvassa 10 ohjauspöytä.



KUVA 9. Ohjauskaappi. 1. Infrakuivainten ohjaus 2. Leiju-ilmakuivainten ohjaus 3. Kuivatussylinderien ohjaus 4. Nostotelan ohjaus ja nopeussuhteen säätö 5. Pääkäyttö ja rainan nopeussäätö.



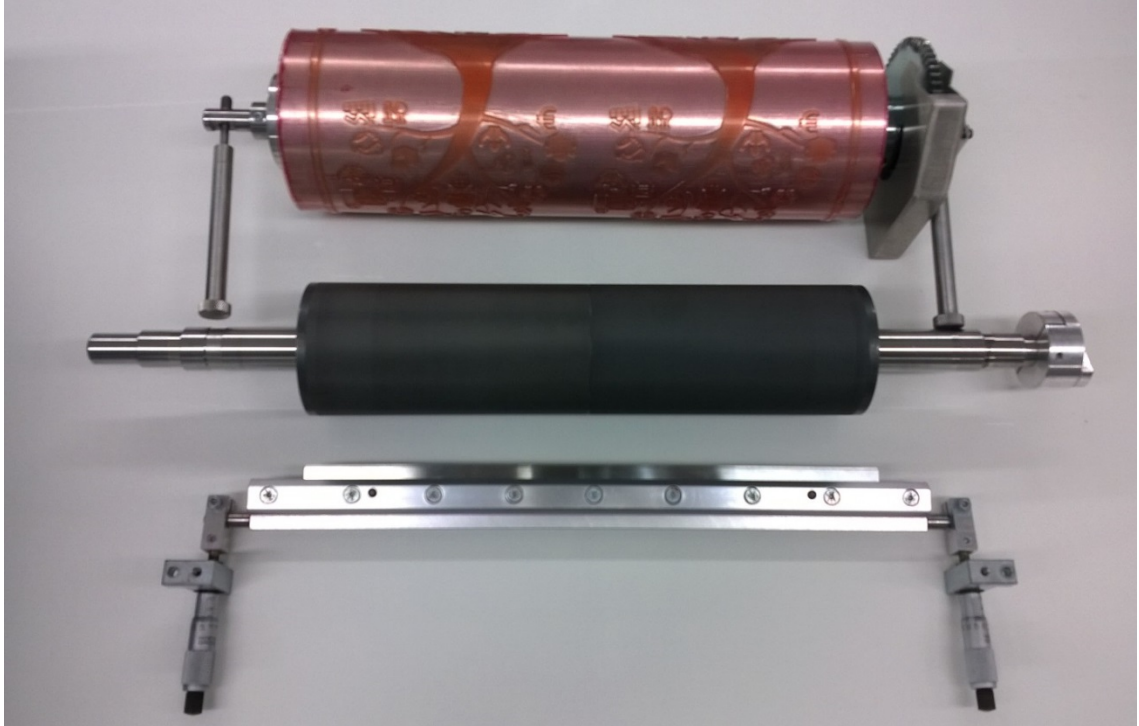
KUVA 10. Ohjauspöytä. 1. Nopeussäätö 2. Jarrun paine 3. Laminaattorin paine. 4. Häätä-seis -painike.

Koska laite on tarkoitettu moniin eri sovelluksiin, on mahdollisuuksia radan viemiseen monia. Toimivin ratkaisu riippuu paperin ominaisuuksista ja rainalle tehtävästä käsittelystä.

3.2 Flexopainoyksikkö

Fleksopainoyksikkö koostuu anilox-telasta, painosylinteristä, vastatelasta ja raakeliterästä. Kuvassa 8 on fleksopainoyksikön osat ilman vastatela, joka on kiinni fleksopainoyksikön rungossa. Anilox-tela on keraaminen ja se on jaettu kahteen eri rasteritiheyteen. Tiheydet ovat 100 ja 200 1/cm. Telassa on hunajakennorasterointi. Painolaatta asennetaan kaksipuoleisella kuvalaattateipillä metalliselle painosylinterille. Metallinen vastatela ja painosylinteri, jolle painolaatta on asennettu, muodostavat painonipin.

Pilotkoneen apumoottori pyörittää aniloxia, joka välittää voiman painosylinterille telojen nipin avulla. Painosylinteriltä voima välittyy ratastuksella edelleen vastatelalle. Anilox-tela on kiinteästi paikallaan. Painosylinterin, vastatelan ja raakeliterän etäisyyksiä säädetään mikrometriruuveilla hoito- ja käyttöpuolelta.



KUVA 8. Flexopainoyksikön osat alhaalta ylöspäin lueteltuna: raakeliterä, anilox-tela ja painosylinteri.

3.3 Painoväri

Koeajot suoritettiin käyttämällä Flint Group Finland Oy:n punertavaa P 1935 – väriä, joka on saatu DS Smith Packaging Finlandilta. Väri on tarkoitettu aaltopahvin kompaktipainatukseen. Taulukossa 1 nähdään värin komponentit.

TAULUKKO 1. Painovärin komponentit. (Kaihevaara, Lautanen, 2014, 21.)

Komponentit	Osa/%
Premo X	65,92
PR 57 Rubiinin punainen	22,44
PR 2 Lämmin punainen	11,28
PC 7 Musta	0,36

3.4 Painopaperi

Koeajoissa käytettiin Kauttuan etiketinpohjapaperia. Paperi ei ole tarkoitettu flekso-painatukseen. Paperin karheus ja veden absorptio ovat sopivat fleksopainamiseen, kuten taulukosta 2 nähdään. Formaatio on kuitenkin erittäin huono. Koeajoissa esiintyi ongelmia radanhallinnassa. Tähän ongelmaan on törmätty samalla paperilajilla pilotkoneen sisäänajoon keskittyvässä opinnäytetyössä. Koeajoissa ei päästy kokeilemaan muita paperilajeja, joten ei ole varmuutta johtuvatko ajo-ongelmat käytetystä paperista vai pilotkoneesta. (Muikku, Vuorela, 2011, 27.)

TAULUKKO 2. Painopaperin painatusominaisuudet.

Ominaisuus	Kauttuan etiketinpohjapaperi
Neliömassa, g/m ²	55
Formaatio, g/m ²	3,49
Veden absorptio, g/m ²	40,4
Karheus painopuoli, ml/min	172
Karheus tausta, ml/min	359

4 PAINOLAATAN TILAAMINEN

4.1 Flexolahti Oy

Flexolahti tarjoaa asiakkailleen graafisia suunnittelupalveluita sekä painolaattojen valmistamista erilaisten painatusmateriaalien vaatimuksiin. Se on erikoistunut fleksopainatukseen. Flexolahden palvelut kattavat koko tuotantoketjun reprosta aina laatua parantaviin projekteihin. Sillä on kaksi tuotantoyksikköä, jotka sijaitsevat Lahdessa ja Tampereella. Henkilöstöä näissä yksiköissä on noin 30.

Flexolahti on investoinut HD Flexo -painolaattojen tuotantoon. Vuonna 2013 yhtiö hankki Tampereen toimipisteeseen uuden Flat Top Dot -painolaattojen tuotantolinjan. Sama uudistus tehtiin Lahden toimipisteeseen vuotta aiemmin ensimmäisten joukossa Euroopassa. Uusi teknologia parantaa värinsiirtoa ja tuo pakkauksiin lisää värivoimaa.

4.2 Painolaatan suunnittelu

Painolaatan suunnittelu aloitettiin miettimällä painolaatan käyttötarkoitusta ja sen asettamia vaatimuksia. Laatta tulee opetuskäyttöön, joten laatassa tulisi olla useampia erilaisia painettavia pintoja. Koska anilox-tela on jaettu kahteen eri rasteritiheyteen, päätettiin painolaatta jakaa kahteen identtiseen eri rasteritiheydellä toteutettuun painokuvaan.

Tampereen ammattikorkeakoulun viestintä suunnitteli painolaattaan tulevan kuva-aiheen. Kuvassa 9 näkyy ensimmäinen versio. Kuva koostuu ainoastaan kompaktista ja painamattomasta pinnasta eli siinä on hyvin vähän tarjottavaa opetuskäyttöön.



KUVA 9. Ensimmäinen versio painokuvioista.

TAMKin graafinen suunnittelija Anne Autio muokkasi pyynnöstä kuvaan useampia sävyjä, jolloin siinä olisi enemmän tutkittavaa. Toinen versio painolaattaan tulevasta kuvasta on nähtävissä kuvassa 10.



KUVA 10. Toinen versio painokuvioista.

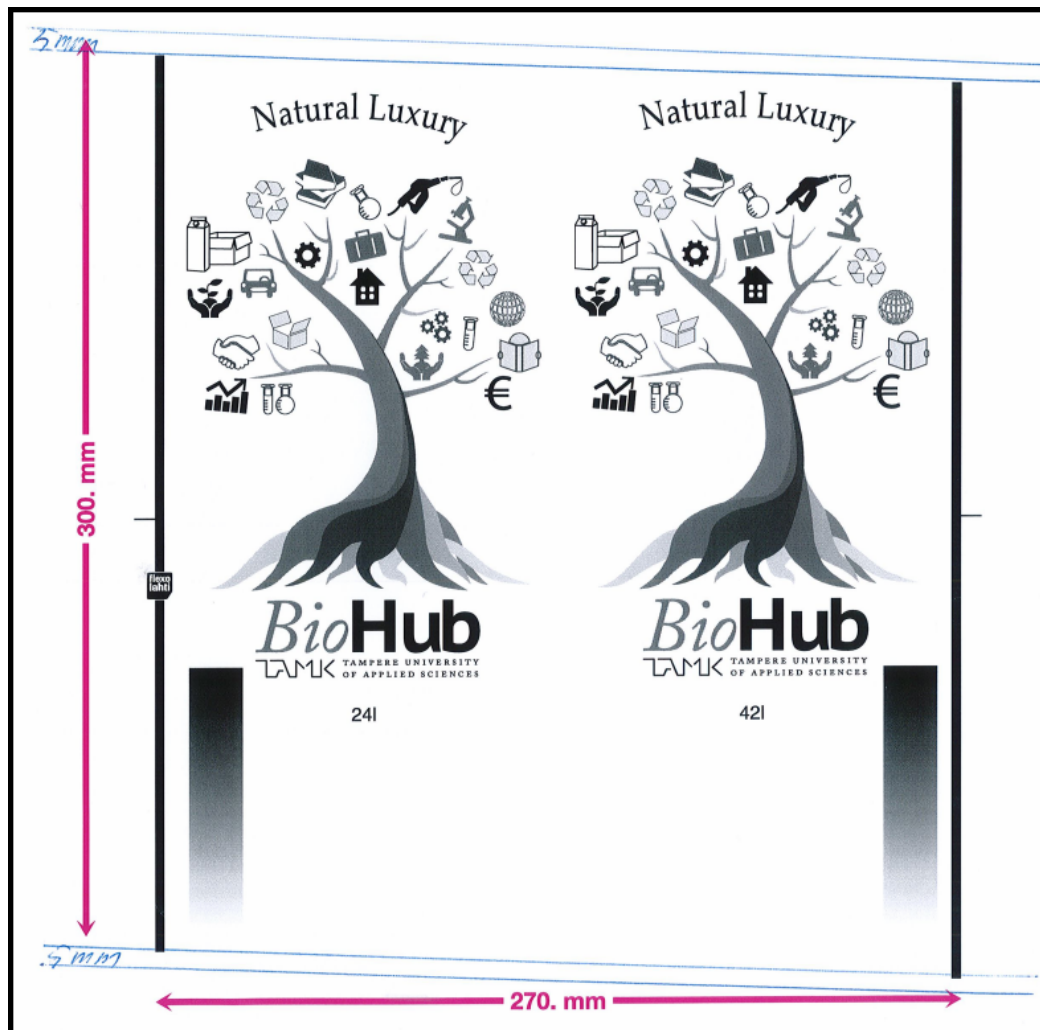
Painokuvaan haluttiin myös liukuvärikentät kuvan molemmille puolille. Liukuvärikenttä lisättiin kuvaan painolaatan valmistavan Flexolahti Oy:n repressa Vesa Saarilahden toimesta. Kuvassa 11 on painolaatan lopullinen versio.

Lopullisessa kuvassa on siis kaksi identtistä kuvaa, jotka on toteutettu eri rasteritiheydellä. Tämä mahdollistaa rasteritiheyden vaikutusten tutkimisen lopullisesta painotuotteesta. Kuvassa olevissa liukuvärikentissä löytyvät sävyerot portaattomasti painamattomasta pinnasta kompaktipintaan, jolloin painojäljen toteutunutta sävyä on helppo verrata tavoitteeseen.

Kuvassa on runsaasti pieniä yksityiskohtia ja teräviä reunoja, joista voidaan visuaalisesti arvioida painatuksen tarkkuutta. Kuvassa olevien kompaktien pintojen ja vaaleiden sävyjen avulla saadaan painoprosessille kapea ajoikkuna ja haastetta opetuskäyttöön.

Painolaatan linjatiheyksiksi valittiin 24 1/cm ja 42 1/cm, jotka sopivat anilox-telan linjatiheyksiin. Painokuvion resoluutio on 2540 DPI (dots per inch). Painolaataksi valikoitui Dupontin valmistama fotopolymeerilaatta Cyrel® DPR 67 kovuudeltaan 69 Shorea. Laatta sopii liuotinpohjaisille ja vesiohenteisille painoväreille, mutta joidenkin UV-värien käyttöä Dupont ei suosittele. Koska RK-pilotkoneella ei pysty ajamaan paksuja paperi- tai kartonkilajeja, päädyttiin valitsemaan 1,7 mm paksuinen laatta. Painolaatta on digitaalisesti laserilla valotettu käyttämällä tyypiatmosfääri-tekniikkaa ja pesty liuotinesutekniikalla. (DuPont Packaging Graphics 2010)

Painolaatta leikataan puolisuunnikkaan muotoiseksi, jottei sauma aiheuta tärinää painonipistä kulkiessaan. Painolaattojen reunoille tulee myös ns. ohjurit, jotka ovat samalla tasolla laatan painavien pintojen kanssa. Ohjureiden tarkoitus on tukea laattaa koko sylinterin kierroksen matkalta.



KUVA 11. Painolaatan lopullinen versio, jossa näkyvissä vinoonleikkaukset ja linjatiheydet 24 1/cm ja 42 1/cm.

4.3 Painolaatan asentaminen

Painolaatta tulee olla hyvin asennettu painosylinterille. Ilmakuplat, väärä kohdistus tai asennuksessa vahingoittunut laatta aiheuttavat ongelmia painoprosessissa. Painotaloilla on tarkoitukseen suunniteltu laitteisto, joka takaa hyvän asennuksen.

Flexolahdelta saatu painolaatta asennettiin painosylinterille ilman asiaankuuluvaa laitteistoa. Asennus suoritettiin TAMK:n paperilaboratoriossa kuvassa 12 näkyvällä laitteistolla.



KUVA 12. Painolaatan asennus.

Tilattu painolaatta oli liian pitkä painosylinterille. Laatassa oli varaa lyhentämiselle, joten se leikattiin mattopuukolla sopivaan pituuteen. Leikatessa täytyy ottaa huomioon laatan vino saumakohta.

Asennus aloitettiin puhdistamalla painosylinterin pinta ja painolaatan tausta miedolla puhdistusaineella mahdollisten rasvojen ja lian poistamiseksi. Puhdistuksessa tulee käyttää varovaisuutta, jottei painolaatta vahingoitu. Painolaatta asennetaan painosylinte-

rille kaksipuoleisella kuvalaattateipillä. Teipin asennuksessa tulee noudattaa äärimmäistä tarkkuutta ilmakuplien välttämiseksi. Painolaattaa asentaessa otetaan huomioon ohjuvien suora linjaus laatan sauman molemmilla puolilla ja tasainen kiinnittyminen. Käytössä olleella laitteistolla jouduttiin laatta asentamaan useaan kertaan hyvän kiinnityksen saavuttamiseksi. Kuvalaattateippi on erittäin tarraavaa, joten laattaa irrottaessa tulee välttää laatan venymistä ja painokuvioiden vahingoittumista.

5 PAINOLAATAN SISÄÄNAJO

5.1 Lähtötilanne

Pilot-fleksopainoyksikkö on sisäänajettu aiemmin erilaisella, kompaktipintaisella painolaatalla. Painolaatassa on ollut sauman kohdalla teippaus, jonka vuoksi laatassa oli korkeusero sauman ja muun laatan välillä. Tämä aiheutti painosylinterin pomppimista painatuksen aikana ja rajoitti ajonopeutta ja nippipainetta. (Kaihevaara ym. 2014, 47–48.)

Painosylinterin pysähtely jatkui myös uuden painolaatan sisäänajossa. Ongelmia aiheutti myös paperiradan ajautuminen painonipissä apumoottorin puoleiseen reunaan. Alhaisilla nopeuksilla sylinterin pysähtely oli jatkuvaa, mutta ajonopeutta nostamalla enää satunnaista. Katkonainen ajo ja radan kireysvaihtelut aiheuttivat huonon kiinnirullauksen. Epäkesko kiinnirullaus johti vielä suurempiin kireysvaihteluihin. Näiden ongelmien vuoksi ei ajoja pystytty suorittamaan suuremmilla ajonopeuden asetusarvoilla kuin 5 nopeussäädön asteikon ollessa 1-11. Jo näillä nopeuksilla painokuva venyi erittäin paljon. Tämä johtui painoyksikön ja radan nopeuserosta.

Värinsiirto painopaperiin onnistui kuitenkin visuaalisesti arvioiden kohtalaisesti, vaikkakin apumoottorin puoleisella painokuviolla esiintyi painamattomia kohtia. Huomattiin, että painolaatta on asennettu väärinpäin, jolloin anilox-telan ja painolaatan rasteritiheydet eivät täsmänneet. Painolaatan huono asennus saattaa vaikuttaa myös radan ohjautumiseen reunalle, joten painolaatta asennettiin uudelleen. Ongelmat jatkuivat kuitenkin seuraavassa ajossa, joten syy ei ollut painolaatan asennuksessa.

5.2 Radanvienti

RK-pilotkoneessa radanviennille on monta erilaista tapaa. Kuvassa 13 on koeajojen perusteella toimivin radanvienti. Erilaisilla radanviennillä kokeiltiin saada poistettua radan kulkeutuminen sivulle. Vienti aukirullauksesta painoyksikköön kahden telan (kuva 13) tukemana osoittautui parhaaksi rainan stabiiliuden kannalta.



KUVA 13. Toimivin radanvienti.

Ennen kuivatusta sijaitsevaa ohjaustelaa kokeiltiin siirtää apumootorin puolelta kauemmas UV-kuivaimista. Tällä pyrittiin ohjaamaan rataa pois reunasta. Sillä ei kuitenkaan havaittu olevan merkittävää vaikutusta radan käyttäytymiseen painonipissä.

Radan noustua viimeiseltä ilmakeivaimelta voidaan se viedä kiinnirullaukseen kolmen telan tukemana tai se voidaan viedä lisäksi laminaattorin kautta. Teoriassa vetävä laminaattorin nippi voisi poistaa epätasaisen kiinnirullauksen aiheuttamat kireyserot, mutta nipin ollessa kiinni laminaattori ohjaa radan reunaan. Paras kiinnirullaus saavutetaan viemällä rata laminaattorin läpi nippi auki. Radan vientiä ei voi viedä laminaattorista kiinnirullaukseen, vaan se on vietävä viimeisen ohjaustelan kautta. Telassa on pyörintävahti, joka ohjaa UV-kuivaimet päälle telan pyöriessä ja sammuttaa ne radan pysähtyessä.

5.3 Ajoasetukset

Suoritetuissa koeajoissa löydettiin sopivat ajoparametrit käytetylle paperilajille. Taulukossa 3 on esitetty parhaan painotuloksen ajoarvot. Näillä ajoparametreilla painojälki on erittäin hyvä rasteritiheyden 24 1/cm puolella. Rasteritiheyden 42 1/cm painokuviossa on vielä painovirheitä. Painokuviossa on erittäin vahva fleksoreuna ja tummemmissa sävyissä yhteenkasvaneita pisteitä. Virheet johtuvat kovasta nippipaineesta, jota jouduttiin käyttämään, jotta kaikki painettavat kohdat monistuvat painopaperille. Virheettömän painokuvion saaminen on haasteellista etiketinpohjapaperille. Paperin pintaominaisuudet tekevät painoprosessin hallinnasta hankalaa. Kyseisen paperin ajettavuus on ennenkin aiheuttanut ongelmia pilotkoneessa. (Muikku ym. 2011, 27.)

TAULUKKO 3. Ajoarvot parhaasta painotuloksesta.

Nopeus, m/s	45,00
Ratakireys, bar	1,25
Painonipin vällys vasen	0,10
Painonipin vällys oikea	0,90
Värinsiirtonippi vasen	93,04
Värinsiirtonippi oikea	95,67

5.3.1 Anilox-telan ja paperiradan nopeussuhde

Sähkökaapissa oleva Sunday Drive -kytkin tulee olla off-asennossa, jolloin nopeussuhde (Speed Ratio) -kytkimellä voi säätää anilox-telan nopeutta suhteessa radan nopeuteen. Sunday Drive -kytkimen ollessa on-asennossa rata luistaa painonipissä ja painokuvio venyy vauhtia nostettaessa. Sunday Driven ollessa päällä radan veto on vahvempi kiinnirullauksesta kuin painonipistä. Tämä aiheuttaa radan kireysvaihtelua ja sivuun ohjautumista. Sunday Driven ollessa pois päältä, veto tulee painonipistä ja kiinnirullauksen vedon vaikutus painonippiin vähenee.

5.3.2 Rainan hallinta

Ennen pilotkoneen ajolle laittamista tulee jarrun paine olla korkea, n. 4 bar. Kovan paineen avulla kiinnirullaukseen saadaan hyvä pohja, joka auttaa saamaan hyvän rullaustu-

loksen. Hyvä kiinnirullaus vähentää kireysvaihteluja. Kun kone on kiihdytetty haluttuun ajonopeuteen, tulee jarrun paineen olla n. 1,5 bar. Näin rata ei ohjaannu painoyksikön runkoon, vaan pysyy painoalueella. Alhaisilla paineilla ajettaessa rata voi kuitenkin pussittaa painonipin jälkeen ja saattaa lähteä rullaamaan painosylinterin ympärille. Painotulos on hyvä nopeussuhteella 1,5. Jos edellä mainittua pussitusta tapahtuu, nopeussuhdetta voi nostaa aina 1,9 asti, jolloin myös kiinnirullauksen painetta voidaan nostaa korkeammaksi pussituksen poistamiseksi.

5.3.3 Nippipaineet

Hyvän painatuksen onnistumiseksi etiketinpohjapaperilla, tulee pilotkoneen fleksopainoyksikön nippipaineen olla korkea. Pienemmillä paineilla jää painamattomia kohtia. Korkea nippipaine aiheuttaa pisteenkasvua ja fleksoreunan vahvistumista, sekä rasittaa mekaanisesti painolaattaa. Molemmissa painoyksikön nipeissä, eli paino- ja värinsiirtonipissä, jouduttiin nippejä lopulta ruuvaamaan niin kiinni kuin mikrometriruuveissa säätövaraa on, riittävän värinsiirron varmistamiseksi. Suuri paine värinsiirtonipissä auttaa välittämään apumoottorin voimaa myös paino- ja vastatelalle.

5.3.4 Raakelointi

Raakeloinnin optimointi on hankalaa. Raakeliterää ajoasentoon laitettaessa näkyy selvästi epätasainen kaavaus. Terä ottaa kiinni anilox-telan reunoihin aiemmin kuin keski-osaan. Raakelikulman muutoksilla ei havaittu olevan suuria vaikutuksia painojäljen yksityiskohtiin, mutta raakeliterän ja anilox-telan välisellä pienellä kulmalla raakelointi tuottaa tasaisemman värinsiirron koko painokuvion leveydelle.

5.3.5 Painoväri

Koeajot suoritettiin neljällä eri painoväriin viskositeetilla, jotka olivat 290, 108, 96 ja 60 mPas. Viskositeetilla 290 mPas painettaessa painojälki oli silminnähden huonoa. Painojäljessä oli huomattavasti painamattomia ja tukkoon menneitä kohtia. Tästä johtuen painoväriä laimennettiin reilusti seuraaviin ajoihin. Alemmilla viskositeeteilla painojälki

oli parempaa. Painamattomia ja tukkoon menneitä kohtia oli huomattavasti vähemmän. Viskositeetilla 60 mPas saatiin paras painatustulos. Eri sävyt ovat hyvin erotettavissa. Kuitenkin linjatiheyden 24 1/cm painokuvion liukuvärikenttä menee tukkoon. Tähän saattaa vaikuttaa painolaatan pieni painopinta-ala liukuvärikenttien kohdalla, jolloin niihin kohdistuu suuri paine.

5.3.6 Kuivatus

Kuivatukseen riittää viisi UV-lamppua, mutta haettaessa painoyksikölle sopivia nippi-puristuksia ja värinsiirtoa on hyvä käyttää myös ilmakeivaimia, koska painoyksikön siirtämät värimäärät vaihtelevat paljon pienilläkin muutoksilla. Kuivamattomat kohdat aiheuttavat tahriintumista koneella ja kiinnirullauksessa.

6 SISÄÄNAJON ARVIOINTI

6.1 Paras painotulos

Kuvassa 14 on koeajojen paras painojälki. Visuaalisella painatuksen arvioinnilla nähdään linjatiheyden 24 1/cm painokuvion onnistuneen lukuun ottamatta liukuvärikenttää, jossa vaalean pään sävyt ovat menneet tukkoon. Linjatiheyden 42 1/cm painokuviossa on yhteen kasvaneita ja puuttuvia pisteitä. Suuremman linjatiheyden painokuviossa on myös erittäin vahva fleksoreuna. Flexoreunaa esiintyy kuvioiden alalaidassa vahvemmin kuin muualla. Tämän aiheuttaa painosylinterin ja vastatelan muodostaman painonipin pyörimissuunta. Nippi puristaa väriä kuvion alareunaan, joka tulee viimeisenä ulos painonipistä.



KUVA 14. Paras saavutettu painatustulos.



KUVA 16. Jaksollisen häiriön toinen painokuvio.

Ensimmäisessä ja toisessa painokuviossa olevat virheet ovat erimuotoisia ja toisen painokuvion virhe jatkuu keskemälle painokuviota. Jakson kolmannessa ja viimeisessä painokuviossa virhettä ei ole, kuten kuvassa 17 nähdään.

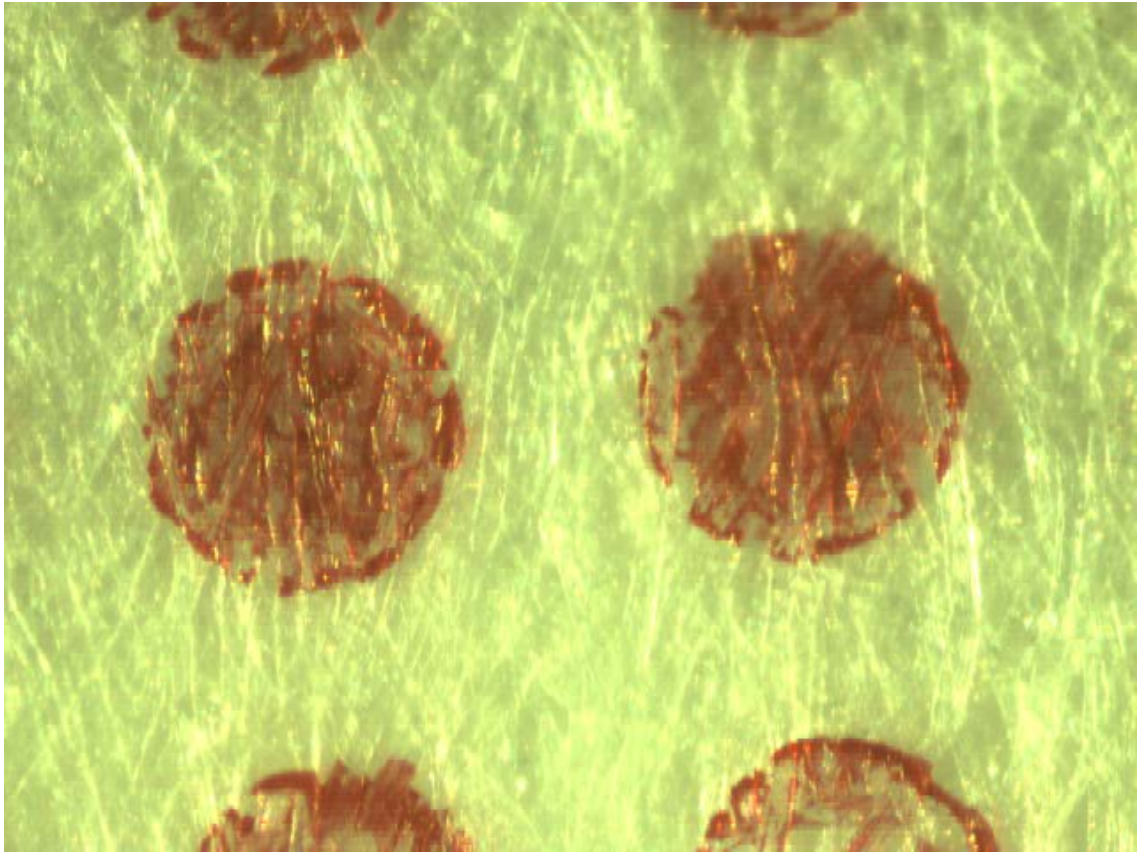
6.3 Mikroskopointi

Onnistuneimpien painatusten painojälkeä tutkittiin kuvassa 18 olevan tutkimusmikroskoopin avulla. Painatus oli saatu aikaan värin viskositeetilla 60 mPas ja suurilla nippipaineilla.



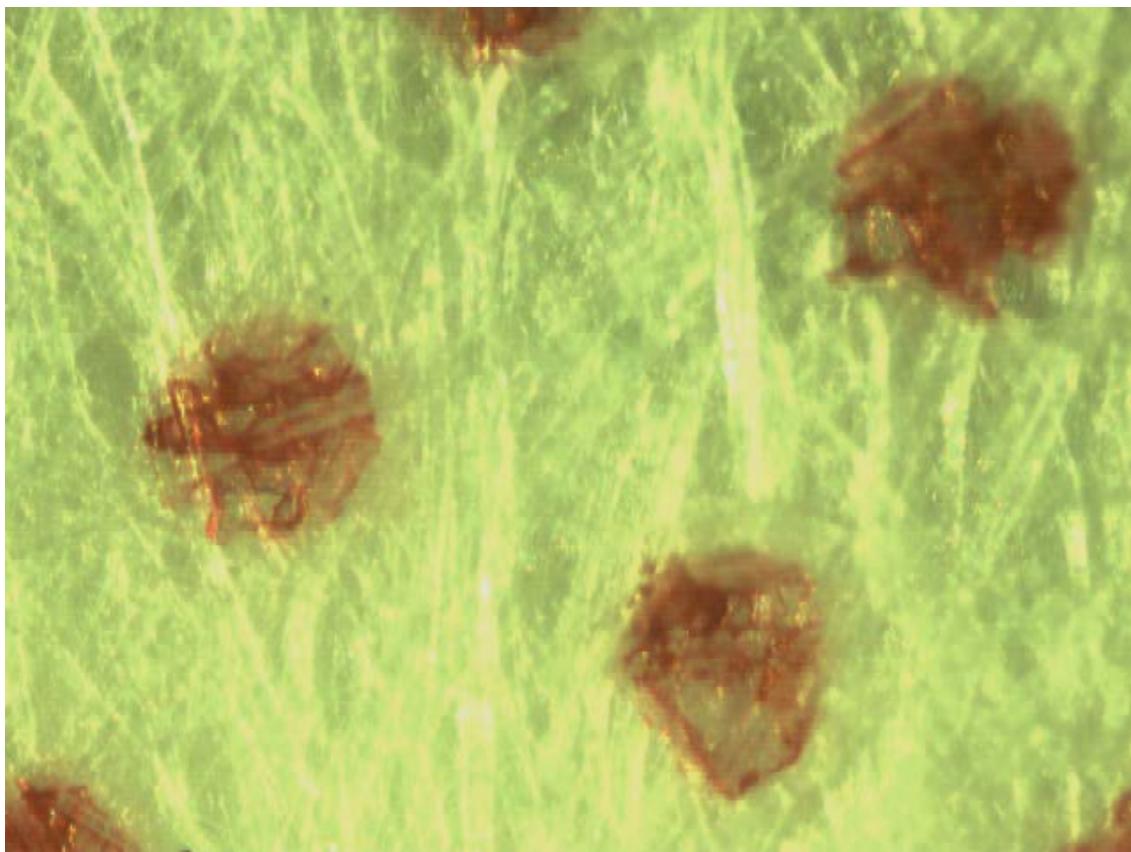
KUVA 18. Tutkimusmikroskoopi Nikon Eclipse E400.

Kuvassa 19 on kaksi hyvää rasteripistettä vaalean sävyn alueelta. Kuva on otettu linjatiheyden 24 1/cm painokuvioista. Rasteripisteet ovat symmetrisiä ja niiden muoto on hyvä. Rasteripisteissä on havaittavissa värin pakenemista rasteripisteen reunoille, tätä ilmiötä nimitetään fleksoreunaksi. Kuvassa oleva vahva fleksoreuna johtuu kovasta paineesta ja harvasta rasterirakenteesta vaalealla alueella.



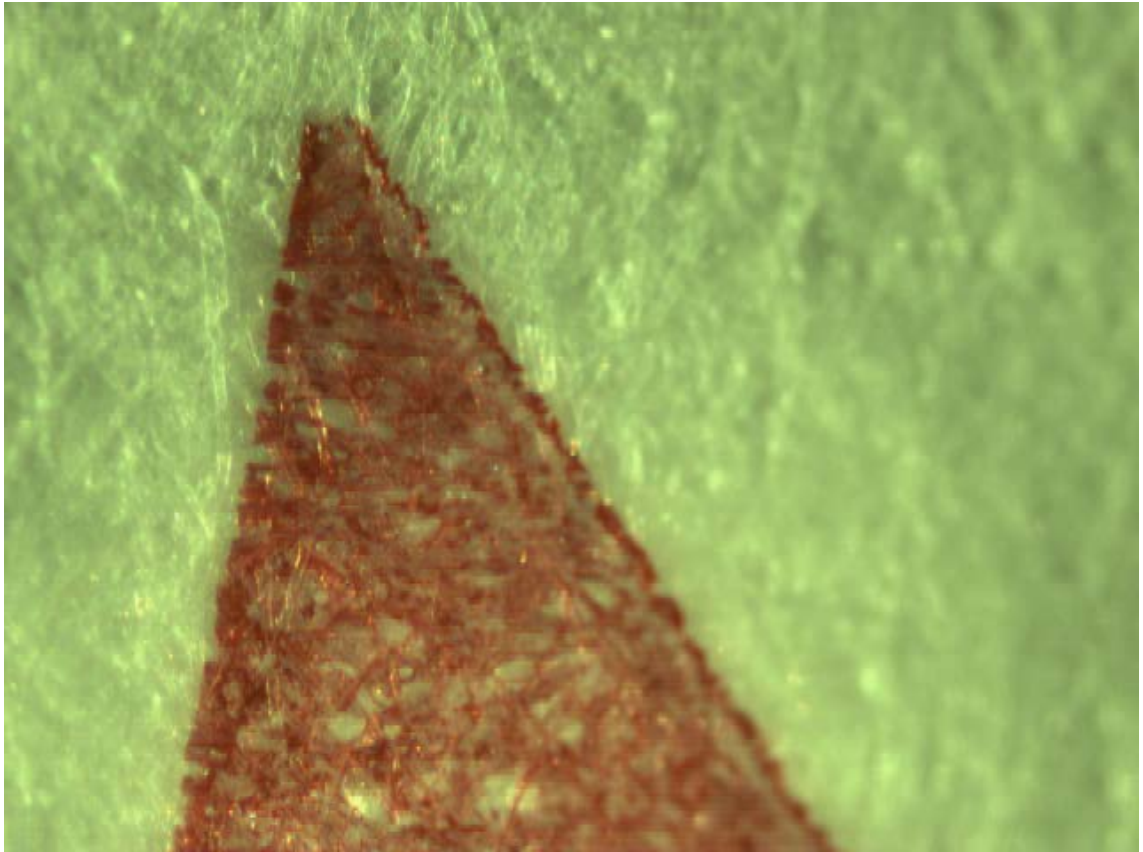
KUVA 19. Kaksi rasteripistettä linjatiheyden 24 1/cm painokuvioista.

Linjatiheyden 24 1/cm rasteripisteet ovat paremmin muodostuneita kuin vastaavassa sävyssä olevat rasteripisteet linjatiheyden 42 1/cm painokuviossa. Kuvassa 20 nähdään suuremman linjatiheyden kuvion rasteripisteiden olevan epäsymmetrisiä ja niissä ei ole fleksoreunaa. Suuremman linjatiheyden puolella painolaatan pienet rasteripisteet ovat saattaneet vääntyä suuren nippipaineen vaikutuksesta. Kuvat 19 ja 20 on otettu samalla suurennoksella.



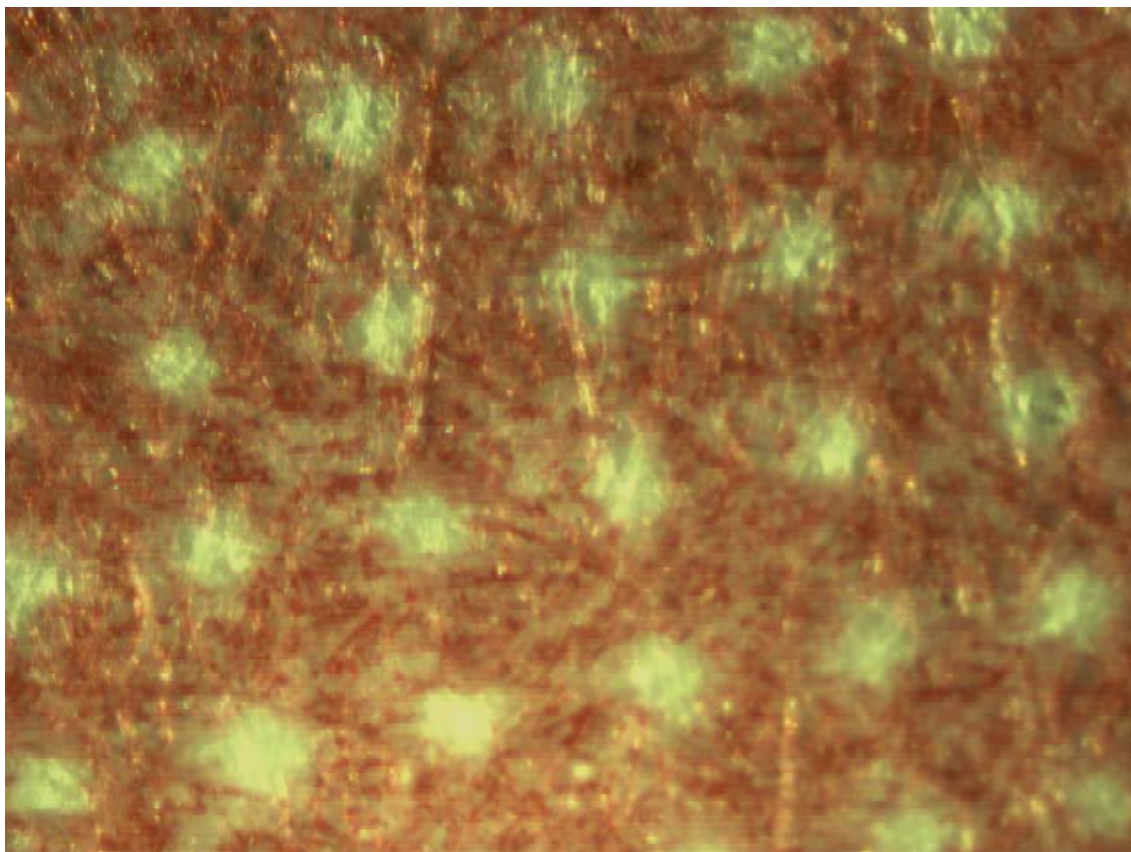
KUVA 20. Kolme rasteripistettä linjatiheyden 42 1/cm painokuvioista.

Kuvassa 21 on pieni kompaktipintainen painokuvio jossa on terävä reuna. Painatuksen reunat ovat melko hyvät lukuun ottamatta kuvion kärkeä, joka on jäänyt painamatta.



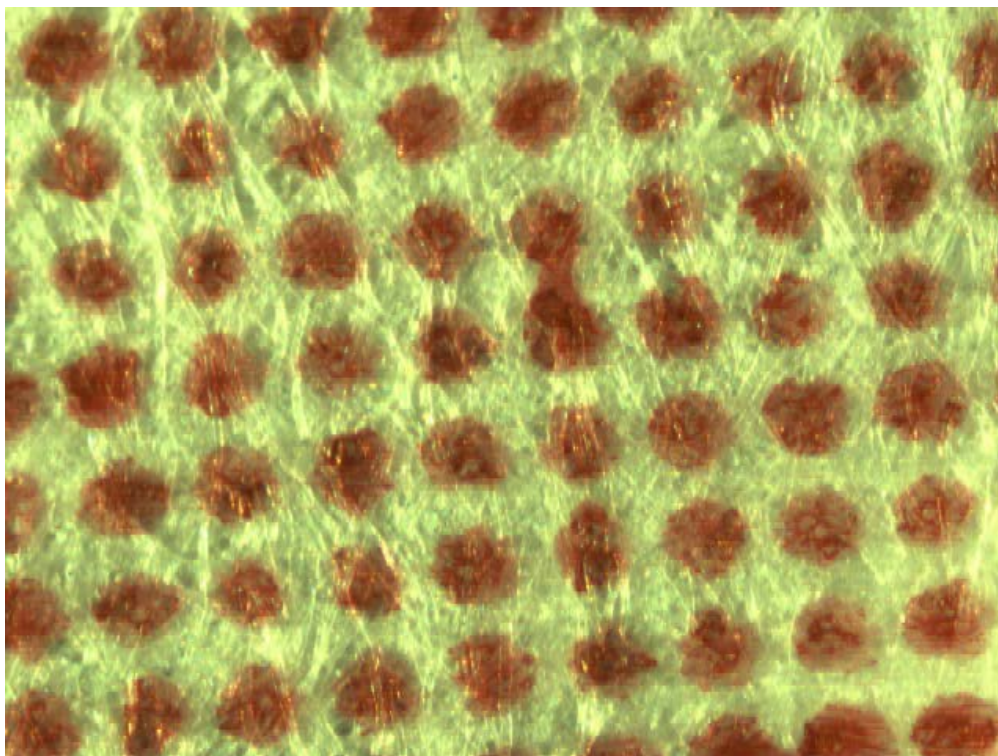
KUVA 21. Kompakti pinta linjatiheyden 24 1/cm painokuvioista.

Kuvassa 22 on linjatiheyden 24 1/cm tummaa pintaa. Kuvan muodostava rasterirakenne näkyy selvästi. Epätasainen pisteenkasvu on aiheuttanut kuvaan vaihtelua painetun ja painamattoman pinnan suhteessa. Kuvassa on paljon painettavaa pintaa, mikä vähentää yksittäiseen rasteriin kohdistuvaa painetta. Tästä johtuen rasteripisteissä ei esiinny fleksoreunaa.



KUVA 22. Tummaa pintaa linjatiheyden 24 1/cm painokuvioista.

Kuvassa 23 on esimerkki yhteen kasvaneista rasteripisteistä. Kaikkien rasterilinjojen välit ovat selkeät, mutta kaksi rasteripistettä on kasvanut voimakkaasti yhteen. Kuvasta voi päätellä, että alempi rasteripiste on levinnyt kuvassa ylempänä olevaan rasteripisteeseen. Kuten visuaalisesti arvioiden painotuloksesta huomattiin, on linjatiheyden 42 1/cm painokuvio huonolaatuista. Mikroskooppikuva vahvistaa tämän. Kuvan rastereiden muodossa ja koossa on huomattavasti enemmän vaihtelua kuin linjatiheyden 24 1/cm puolella.



KUVA 23. Kaksi yhteen kasvanutta rasteripistettä linjatiheyden 42 1/cm painokuviossa.

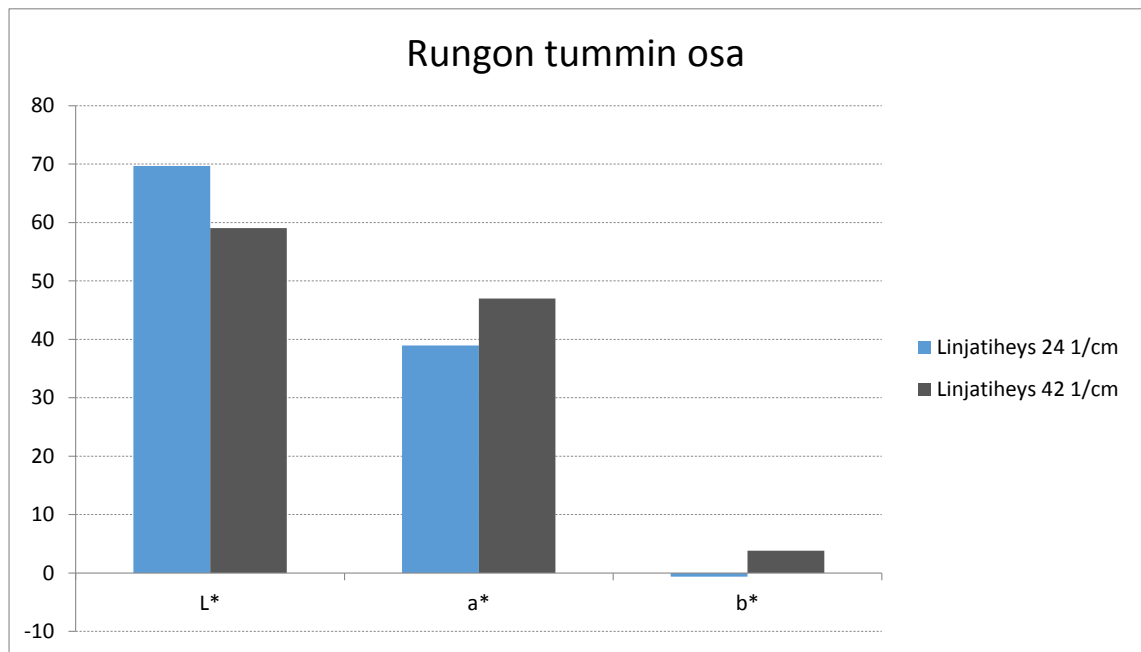
6.4 Spektrofotometri

Yleisesti kuvan tummuuden mittaamiseen käytetään densiteettiä, joka antaa kuvan painoväriin kyvystä absorboida ja heijastaa valoa. Käytetystä painoväristä sitä ei voi mitata, sillä väri ei ole puhdas magenta, vaan siinä on muitakin komponentteja. Sivulla 21 on värin komponentit esitettynä taulukossa 1.

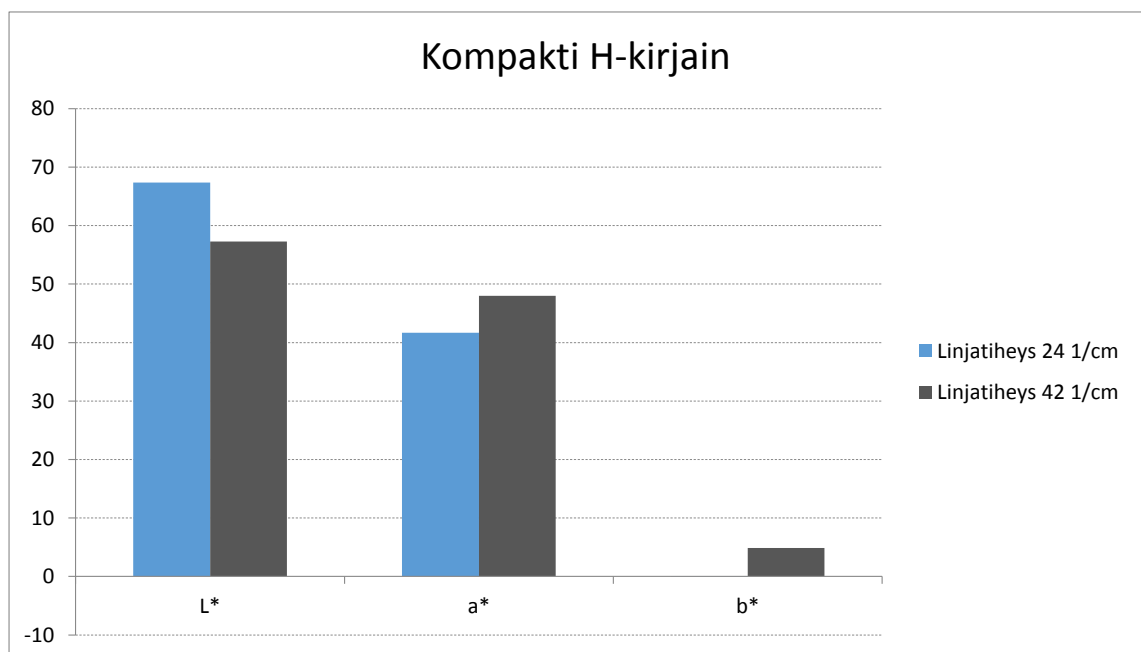
CIE Lab -arvot ovat esitettynä taulukossa 4 sekä kuvioissa 1 ja 2. Arvojen mittaukseen käytettiin spektrofotometriä. CIE Lab määrittää värin kolmella eri komponentilla. L* ilmoittaa vaaleuden, a* ilmoittaa värin punaisuuden tai vihreyden, b* ilmoittaa sinisyyden tai keltaisuuden. (Fraser, Murphy, Bunting, 2004, 70.)

TAULUKKO 4. CIE Lab -arvot mitattuna kuvasta 14 molemmista linjatiheyksistä ja kahdesta eri kohtaa.

Linjatiheys	Rungon tummin osa		Kompakti H-kirjain	
	24 1/cm	42 1/cm	24 1/cm	42 1/cm
L*	69,66	59,02	67,37	57,26
a*	38,95	47,00	41,69	48,01
b*	-0,61	3,82	-0,05	4,89



KUVIO 1. CIE Lab -arvot rungon tummimmasta osasta mitattuna.



KUVIO 2. CIE Lab -arvot kompaktista H-kirjaimesta mitattuna.

Kuvioissa 1 ja 2 nähdään linjatiheyksien vaikuttavan CIE Lab -arvoihin. Molemmissa mitatuissa kohdissa pienemmän linjatiheyden L* on korkeampi, eli kuvio on vaaleampi. Pienemmän linjatiheyden puolella a* on pienempi, eli väri on vihreämpi kuin suuremmalla linjatiheydellä. Pienemmällä linjatiheydellä b* on pienempi, eli kyseisellä linjatiheydellä saatu painatustulos on sinisempää kuin suuremmalla linjatiheydellä.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella, hankkia ja sisäänajaa fleksopainolaatta Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion RK-pilotkoneeseen. Tehtävänä oli myös laatia päivitetty ajo-ohje pilotkoneeseen. Pilotkoneen fleksopainoyksikössä on nyt uusi ja toimiva painolaatta, joka on sisäänajettu ja siihen on tehty ajo-ohjeet. Flexopainoyksikköä voidaan käyttää opetuksessa, eli työn tavoitteet saavutettiin. Painoyksiköön ja pilotkoneeseen löytyi myös lisää kehitettävää.

Painolaatan suunnittelu ja hankinta osoittautui haastavaksi, sillä aihe vaatii graafisen alan tietotaitoa. Aiheesta löydettiin hyvin kirjallisuutta, mutta suurin apu oli painolaatan valmistanut Flexolahti Oy ja tuotantopäällikkö Jarkko Kallio, joka toimi yrityksen yhteyshenkilönä. Pilotkoneen fleksopainoyksikössä on nyt painolaatta, joka mahdollistaa RK-pilotkoneen testaamisen sen koko käyttöalueella.

Painolaatan sisäänajossa ongelmia tuotti radanhallinta painoyksikössä, joten koeajoissa ei päästy tutkimaan painatusprosessin muuttujien, kuten värin reologian, raakeloinnin ja eri kuivatusvaihtoehtojen vaikutusta lopulliseen painojälkeen. RK-pilotkoneeseen löydettiin kuitenkin ajotapa, jolla painatus on mahdollista. Koeajoissa saavutettu painojälki vastasi tavoitteita osittain. Harvemman linjatiheyden puolella painatus on laadukasta, mutta tiheimmän linjatiheyden puolella heikkolaatuista.

Fleksopainoyksikössä on vielä useita kehityskohteita, mikäli halutaan tarjota testauspalveluita ulkopuolisille toimijoille ja monipuolisempia mahdollisuuksia opetukseen. Uudesta painolaatasta ei ole tiedossa eri sävyjen peittävyksiä, mikä tällä hetkellä estää tarkan pisteenkasvun tutkimisen. Mahdolliseen seuraavaan painolaattaan tulisi liukuvärikenttien tilalle laittaa sävykenttiä, joilla on tiedossa oleva peittävyys.

Painolaatan asennus painosylinterille pitäisi hoitaa asianmukaisella laitteistolla. Jatkossa voisi selvittää mahdollisuutta asentaa painolaatta esim. fleksopainotalossa tarkoituksenmukaisella laitteistolla.

RK-pilotkone olisi hyvä tarkistaa mekaniikan osalta. Esimerkiksi koneen laakeroinnit, voimansiirto ja telojen linjaukset voivat aiheuttaa koeajoissa esiintyneitä ongelmia. Tä-

hän tarkoitukseen voitaisiin saada apua koulun sisältä, esimerkiksi kone- ja laitetekniikan koulutusohjelmasta.

Paperilaboratorioon tulisi myös hankkia paremmin flexopainamiseen soveltuvaa paperia. Flexopainotekniikkaa käytetään paljon aaltopahvin ja pakkauskartongin painamiseen. Nämä ovat kuitenkin paksuja ja jäykkiä, eivätkä välttämättä sovellu käytettäväksi pilotkoneella. Hyviä paperilajeja voisivat olla kirjekuori-, säkki-, pussi-, sanomalehti- ja päällystetty tapetinohjapaperi. Anilox-telan värinsiirrossa ei havaittu ongelmia, mutta jos sellaisia ilmenee, Flexolahti Oy on tarjonnut mahdollisuutta anilox-telan rasteroinnin kunnon tarkistukseen heidän laitteistollaan.

LÄHTEET

- Antalis Oy. 2009. Päivitetty 13.8.2009. Painovärit ja paperi. Luettu 9.5.2014.
http://back.antalis.com/sitesweb/media/library/59077_2619_1264147887.pdf
- DuPont Packaging Graphics. 2010. Robust digital plate for highest quality printing. Luettu 25.9.2014.
http://www2.dupont.com/Packaging_Graphics/en_US/assets/downloads/pdf/DP_Cyrel_DS_DPR_us_low.pdf
- Fraser, B. Murphy, C. Bunting, F. 2004. Värinhallinta. Helsinki: IT Press.
- Heidelberg. 2006. Color & Quality. Heidelberger Druckmaschinen AG
- Kaihevaara, J. Lautanen, H. 2014. Opinnäytetyö. TAMK, Pilot-fleksopainoyksikön sisäänajo.
- Kallio, J. Flexolahti Oy tuotantopäällikkö. Keskustelu 7.4.2014.
- Kallio, J. Flexolahti Oy tuotantopäällikkö. Flekso-painolaatta. Sähköpostiviesti. jarkko.kallio@flexolahti.fi. Luettu 24.9.2014.
- Karhuketo, H. Seppälä, J. M. Törn, T. Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus. 2 uudistettu painos, Opetushallitus.
- Kipphan, Helmut. 2001. Handbook of Print Media. Springer.
- Koskinen, Pertti. 2001. Hyvä painotuote. Inforviestintä.
- Lehtonen, E. Mattila, P. Veilo, P. Raninen, T. 2003. Digitaalinen painoviestintä. 1. painos. DARK Oy.
- Muikku, M. Vuorela, O. 2011. Opinnäytetyö. TAMK, Pilot-päällystyskoneen ajoparametrit.
- Mäkelä, Tapio. 2008. Towards printed electronic devices. VTT.
- Oittinen, P. Saarelma, H. 2009. Principles of imaging. Teoksessa Pirkko Oittinen & Hannu Saarelma (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. Helsinki: Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. S. 238-274.
- Ristimäki, S. Spännäri, T. Viluksela, P. 2007. Painoviestinnän tekniikka, Opetushallitus.
- Sumiloff, L. 2000. Graafisen suunnittelijan teknologia. Opetushallitus.
- Wikgren, Leif. 9.4.2014. VALO ja Väri -seminaari. TAMK. Oy Mitaten Finland Ab.

LIITTEET

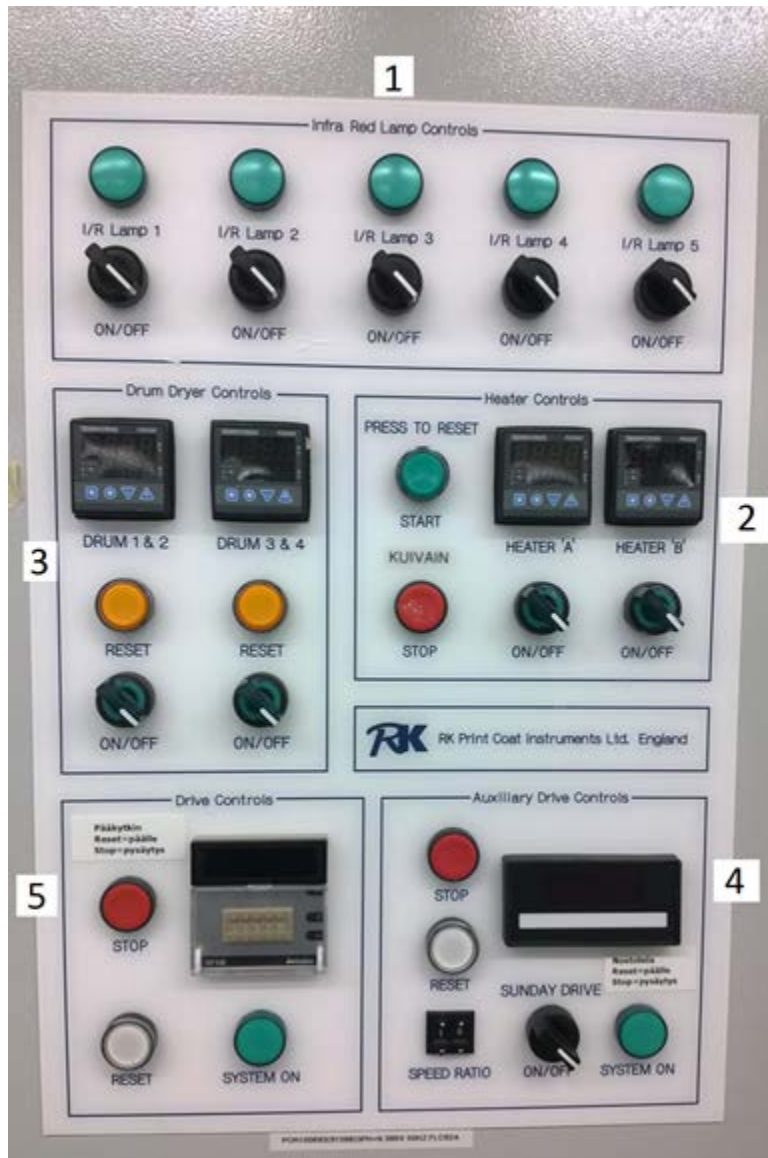
Liite 1. Ajo-ohjeet RK-pilotkoneen fleksopainoyksikköön

1. Asenna fleksopainoyksikkö. Katso fleksopainoyksikön asennusohje Kaihevaaran ja Lautasen opinnäytetyöstä s. 50.
2. Vie rata kuvan 1 osoittamalla tavalla, joka on osoittautunut toimivimmaksi.
3. Avaa RK-pilotkoneen paineventtiili vetokaappien puoleisesta kulmasta.
4. Käännä ohjauskaapissa sijaitseva päävirtakytkin on-asentoon.
5. Ohjauskaapissa Drive Controls ja Auxiliary Drive Controls kohdissa on RESET-napit. Kuittaa painamalla, jolloin niihin pitäisi syttyä valo. Ohjauskaappi näkyy kuvassa 2. Auxiliary Drive Controls -kohdassa tulee SUNDAY DRIVE -kytkimen olla OFF-asennossa. Näin anilox-telan nopeussäätö ohjautuu radan nopeuden suhteen. Nopeussuhdetta säädetään SPEED RATIO -valinnalla.
6. Värikkaukalo lasketaan alas ja sinne annostellaan painoväriä. Noin puoli litraa riittää.
7. Tässä vaiheessa voidaan kääntää infrakuivaimet päälle ohjauskaapista. Kuivaimet eivät käynnisty ennen kuin raina lähtee liikkeelle ja ne sammuvat rainan pysähtyessä.
8. Suositellaan käyttämään myös leiju-ilmakuivaimia ajon alussa. Näin mahdollisesti liian suuri värinsiirto ei tahraa konetta. Leiju-ilmakuivaimet saa päälle ohjauskaapin Heater Controls -kohdasta START-painikkeella ja kummallekin kuivaimelle on oma ON/OFF -kytkin. MUISTA KUULONSUOJAUS!
9. Jarrun paine säädetään kuvassa 3 näkyvästä ohjauspöydästä. Ajon alussa sitä on hyvä olla n. 4 bar hyvän kiinnirullauksen saavuttamiseksi. Katsotaan myös, että laminaattorissa ei ole painetta, eli nippi on auki.

10. Kone laitetaan pyörimään ohjauspöydän MAIN DRIVE -kytkimestä. Kun kone on kiihdytetty haluttuun ajonopeuteen, voidaan jarrun painetta laskea aina 1,5 bar asti. Alhaisilla paineilla ajettaessa rata voi kuitenkin pussittaa painonipin jälkeen ja saattaa lähteä rullaamaan painosylinterin ympärille. Ajo on aina hyvä aloittaa nopeussuhteella (Speed Ratio) 1,5. Jos edellä mainittua pussitusta tapahtuu, nopeussuhteen voi nostaa aina 1,9 asti, jolloin myös jarrun painetta voidaan nostaa korkeammaksi pussituksen poistamiseksi.
11. Laitetaan anilox-telan ja painosylinterin nippi kiinni mikrometriruuveilla.
12. Pistetään painosylinterin ja vastatelan nippi kiinni mikrometriruuveilla. Tämä voi aiheuttaa muutoksia radan kulkemisessa. Haetaan sopiva nopeussuhde ja jarrupaine, jotta rata kulkee stabiilisti ja kiinnirullaus on hyvä.
13. Raakeliterä laitetaan ajoasentoon eli kiinni anilox-telaan.
14. Nostetaan väriaukaloa varovasti, kunnes väriä siirtyy anilox-telalle. Kaukaloa ei saa nostaa kiinni anilox-telan akseliin.
15. Kokeillaan rohkeasti erilaisia säätöjä painatukselle ja rainanhallinnalle.



KUVA 1. Toimiva radanvienti.



KUVA 2. Ohjauskaappi. 1. Infrakuivainten ohjaus 2. Leiju-ilmakuivainten ohjaus 3. Kuivatussylinterien ohjaus 4. Nostotelan ohjaus ja nopeussuhteen säätö 5. Pääkäyttö ja raiinan nopeussäätö.



KUVA 3. Ohjauspöytä. 1. Nopeussäätö 2. Jarrun paine 3. Laminaattorin paine. 4. Häätäseis -painike.