



# **Pilotsyväpainokoneen käyttöönotto**

Antti Saurio

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Paperitekniiikan  
koulutusohjelma  
Paperitekniiikan  
suuntautuminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperitekniikan koulutusohjelma  
Paperitekniikan suuntautuminen

SAURIO, ANTTI: Pilotsyväpainokoneen käyttöönotto

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Toukokuu 2013

---

Työn tarkoituksena oli löytää Tampereen ammattikorkeakoulun ROKO-pilotkoneeseen asennettavaan syväpainoyksikköön sopivat ajoparametrit sisäänajoa varten ja tehdä siitä ohjeet opiskelijoille. ROKO-pilotkoneelle oli jo aikaisemmin tehty käyttöohjeet päällystykseseen ja pintaliimaukseen.

Teoriaosuudessa käsitellään syväpainatuksen teoriaa ja siihen liittyviä vaatimuksia painatusympäristöltä, ajoparametreilta ja papereilta sekä kartongeilta. Teoriassa syvennyttään syväpainoyksikön rakenteeseen ja tutustutaan konetyypeittäin vaihteleviin painotuotteisiin ja niiden luomiin edellytyksiin. Kokeellisessa osuudessa selvitetään tuloksia syväpainoyksikön sisäänajosta ja esitetään parannusehdotuksia laboratoriovälineisiin ja painatusmateriaaliin.

Työ alkoi ROKO-pilotkoneen ajo-opettelulla, jonka jälkeen siirryttiin Tampereen ammattikorkeakoulun rullapapereihin, jotka osoittautuivat käyttökelvottomaksi syväpainatukseen karheutensa vuoksi. Metsä Board Takolta tilattu kartonki osoittautui pilotkoneelle ja syväpainoyksikölle liian raskaaksi ainakin tässä työssä tutkituilla ajoparametreilla, eli maksimissaan 4 barin painatusnippipaineella ja 4 barin kiinnirullaimen kireydellä.

Millään paperi- tai kartonkilaadulla ei saatu tyydyttävää painojälkeä ja näin ollen tutkimusta vaaditaan lisää joko kevyemmällä kartonkilaaduilla tai sileämmällä aikakauslehtipaperilla ROKO-pilotsyväpainokoneen sisäänajamiseksi niin, että painojälki on tyydyttävää ja ajo hallittavissa.

---

Asiasanat: syväpaine, pilottipaperikone, kartongin painettavuus, paperinpainettavuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Department of Paper Technology

**ANTTI SAURIO:**

Set-up Parameters for ROKO-Pilot Machine's Rotogravure Unit  
Bachelor's thesis 35 pages, appendices 4 pages  
May 2013

---

This thesis was commissioned by the paper laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The work consisted of figuring out the set-up parameters for rotogravure unit for the ROKO pilot paper machine and creating instructions for students to follow in the future. A separate instruction manual was already written for the ROKO pilot paper machine.

The theoretical parts deal with the theory of rotogravure technology and requirements set up by printing environment, set-up parameters as well as papers and paperboards. The theoretical part also consists of the structure of the rotogravure unit and different printing products which are made with different kinds of rotogravure printing machines. The practical parts deal with the structural requirements within the set-up parameters of the ROKO pilot paper machine and the rotogravure unit and offers upgrading proposals for enhancing the laboratory measuring devices and base printing materials.

None of the paper or paperboard grades proved to be adequate for the ROKO pilot paper machine's rotogravure unit. The paper grades proved to be insufficient because of their roughness and the paperboard provided by Metsa Board Tako turned out to be too heavy, even though the roughness of the paperboard was suitable for rotogravure printing. Additional research is required for figuring out the sufficient set-up parameters for the rotogravure unit for ROKO pilot paper machine.

---

Key words: rotogravure, pilot paper machine, paperboard printability, paper printability

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SYVÄPAINO.....	6
2.1	Syväpainatuksen historia.....	6
2.2	Syväpainatuksen periaate.....	6
2.3	Sylinterinvalmistus.....	7
2.3.1	Kuparointi.....	7
2.3.2	Kaiverrus.....	8
2.3.3	Syövytys.....	10
2.3.4	Vedostus, korjailu ja kromaus.....	10
2.3.5	Sylinterin kierrätys ja laserkaiverrus.....	11
2.4	Painoyksikkö.....	12
2.4.1	Painoväriin syöttö.....	12
2.4.2	Raakeliterä.....	13
2.4.3	Painonippi.....	13
2.4.4	Paperin kuljetus ja kuivaus.....	14
2.5	Syväpainopaperit ja –värit.....	14
2.6	Syväpainatuksen häiriöt ja laatuongelmat.....	15
2.7	Syväpainokoneet.....	18
2.7.1	Aikakauslehtipainokoneet.....	18
2.7.2	Pakkauspainokoneet.....	20
2.7.3	ROKO-pilotsyväpainokone.....	21
3	SYVÄPAINOYKSIKÖN KÄYTTÖÖNOTTO.....	26
3.1	Painoväri, kartonki ja paperi.....	26
3.2	Radan vienti.....	27
3.2.1	Aukirullaus.....	28
3.2.2	Syväpainoyksikkö.....	28
3.2.3	Puhalluskuivaimet.....	29
3.2.4	Laminaattori ja kiinnirullaus.....	29
3.3	Tulosten tarkastelu.....	29
3.3.1	Ongelmat ja ratkaisuehdotukset.....	33
4	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET.....	37

## 1 JOHDANTO

ROKO-pilotkone on Pintecon toimittama laboratoriotutkimuksiin tarkoitettu pienimittakaavainen kone, jolla pyritään ennustamaan suuremman mittakaavan koneiden ajoparametrejä. ROKO-pilotkoneella Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijat voivat harjoitella päällystystä, pintaliimausta, flexo- ja syväpainatusta sekä paperikoneen ajojen hallintaa.

Työ on tarkoitettu alustavaksi tutkimustiedoksi seuraavalle pilotsyväpainokoneen käyttöönottotutkimukselle Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa. Työn liitteenä on syväpainoyksikön asennusohjeet. Pintecon toimittama syväpainoyksiköllä tehtiin koeajoja ja tutkittiin ajoparametreja, joiden arveltiin vaikuttavan ajoon. Työn toteuttaminen vaatii tietoa syväpainotekniikasta ja siihen liittyvistä vaatimuksista papereille tai kartongeille.

Opinnäytetyötä aloitettaessa tarkoituksena oli löytää sopivat ajoparametrit syväpainoyksikölle ja ajaa se sisään ROKO-pilotkoneelle. Koeajoissa tärkeimmät ajoparametrit olivat radan kireys ja painonippi. Raakeliterän kulma säädettiin hyväksi todettuun asentoon, mutta raakeliterää säätevien mikrometriruuvien asteikkojen suhteen kohdattiin haasteita, jotka kuitenkin ratkaistiin.

Työn kokeellinen osuus aloitettiin huhtikuussa harjoittelemalla ROKO-pilotkoneen käyttöä ja siihen liittyviä ajoparametrejä. Alustavia koeajoja tehtiin paperilaboratoriosta löytyneillä rullilla, jotka eivät kuitenkaan soveltuneet tarkoitukseen. Huhtikuun loppupuolella saatiin myös Pyrollilta paperia, joka ei myöskään soveltunut karheutensa vuoksi syväpainettavaksi. Toukokuun alussa saatiin Metsä Board Takolta syväpainokartonkia, joka osoittautui liian raskaaksi syväpainoyksikölle ja ratajännityksen pitämiseksi pilotkoneella.

Tulevaan tutkimukseen ehdotetaan myös joko kevyempää syväpainokartonkia tai siihen paremmin soveltuvia sileitä paperilajeja, kuten SC tai LWC. Myös mittausteknikset ominaisuudet värin viskositeetin alhaisuuden vuoksi aiheuttivat haasteita ja opinnäytetyön lopussa onkin ehdotettu parannuksia Brookfieldin toimittamaan viskometriin.

## 2 SYVÄPAINO

### 2.1 Syväpainatuksen historia

Syväpainomenetelmä syntyi 1400-luvulla sinettien kaiverrustekniikasta. Ensimmäiset painoiheet kaiverrettiin kuparilevylle levittämällä painoväri syvennettyihin kaiverruskohtiin. Painoväri siirrettiin paperiin puristamalla. Myöhemmin käytettiin syövytystekniikkaa. Molemmat tekniikat ovat edelleen käytössä. Arkkisyväpainoa käytettiin kauan laadukkaiden kuvien painomenetelmänä, jonka offsetin kehittyminen myöhemmin syrjäytti. Nykyään syväpainokoneet ovat lähes poikkeuksetta rotaatiokoneita, joilla painetaan suuria painomääriä aikakauslehtiä sekä sileitä pakkauksia, kuten joustopakkauksia. Pakkaus- ja aikakauslehtipainotekniikka poikkeavat joiltakin osin toisistaan. Esimerkiksi pakkauksia painetaan usein rullalta rullalle ja vain yhdelle puolelle, kun taas aikakauslehtien painoon käytettävissä syväpainokoneissa on tyypillisesti taittolaitte ja molemmat puolet painetaan saman ajan aikana. (Karhuketo, Seppälä, Törn, Viluksela, 2004, 107.)

### 2.2 Syväpainatuksen periaate

Syväpainatuksessa painava pinta on ei-painavan pinnan alapuolella. Painoihe joko kaiverretaan tai syövytetään kuparipintaiselle sylinterille. Painettaessa painopinta kastellaan painovärillä ja ylimääräinen väri kaavitaan pois metallisella raakeliterällä. Painoväri jää vain painopinnan syvennyksiin, jolloin painoväri siirtyy painonipissä painoalustalle. (Karhuketo, Seppälä, Törn, Viluksela, 2004, 107.)

Syväpainomenetelmässä rasteroidaan kaikki painettavat elementit, teksti ja linjat. Painopinta muodostuu rasterikupeista ja kannaksista, joiden avulla raakeliterä voi kaavata ylimääräisen värin pois. Syväpainojälki on tunnistettavissa sen jättämistä jäljistä tekstin ja linjojen reunoihin, mikä ilmenee sahalaitaisuutena. (Karhuketo ym. 2004, 107.)

Syväpainosylinterien rasterikuppien rakenteita on erilaisia, jotka riippuvat valmistusmenetelmästä. Konventionaalisessa rakenteessa rasterikuppien pinta-ala on vakio, mutta syvyys vaihtelee tummuuden mukaan. Autotyypisessä rakenteessa taas

syvyys on vakio, mutta pinta-ala vaihtelee. Puoliautotyypissä sekä pinta-ala että tilavuus vaihtelevat. (Karhuketo ym. 2004, 107.)

## **2.3 Sylinterinvalmistus**

Painosylinteri koostuu kuparilla päällystetystä teräsvaipasta ja molemmissa päissä olevista akseleista. Vaipan paksuus ja sylinterin rakenne ovat riippuvaisia koneen leveydestä, joka on suurimmillaan yli 3,5 metriä. Tällä rakenteella pyritään minimoimaan sylinterin taipuma. Sylinterit ovat todella raskaita, jopa yli 1000 kg ja niiden siirtelyyn vaaditaan usein nostolaitteita. Tavoitteena on tasoittaa sylinterit niin, etteivät ne nopeudesta johtuen värähtele ajojen aikana. (Karhuketo ym. 2004, 107.)

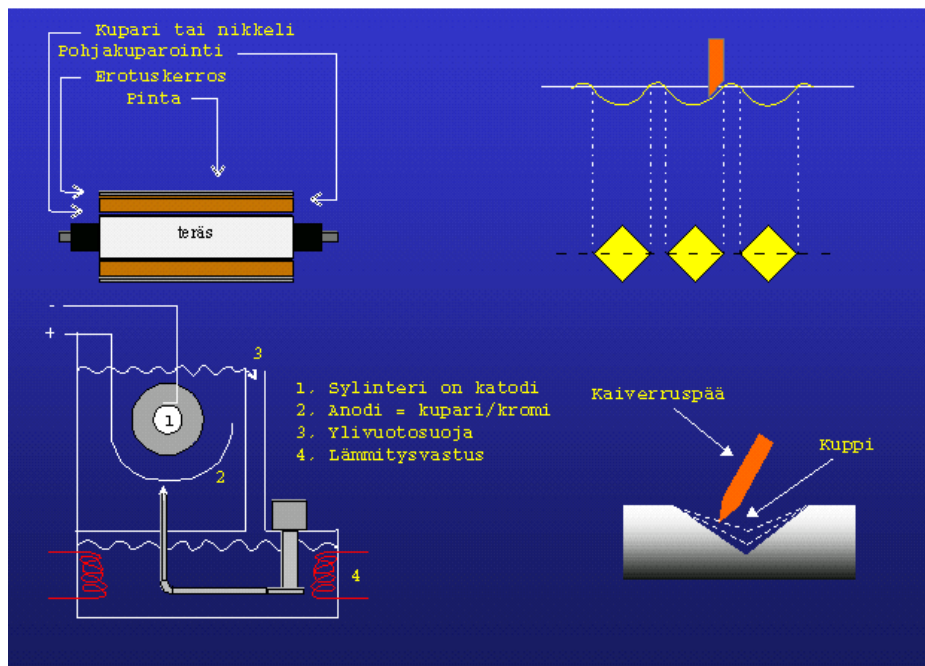
Painosylinteriä voidaan käyttää useita kertoja uudestaan. Sylintereistä sorvataan pois vanha painoaihe ja tarvittaessa kuparoidaan pinta uudestaan. Pakkauksia painettaessa sylinterit varastoidaan ja käytetään uudelleen myöhemmin uusien painoksien yhteydessä. Alla käsitellään sylinterinvalmistusta tarkemmin syventymällä kuparointiin, kaivertamiseen yleensä ja erilaisiin kaiverrustekniikoihin. Kuviossa 4 havainnollistetaan syväpainosylinterin valmistuksen vaiheet. (Karhuketo ym. 2004, 107.)

### **2.3.1 Kuparointi**

Sylinteri kuparoidaan tasavirtaisella elektrolyyttitekniikalla, jossa sylinteri asetetaan kuparointilaitteeseen, jossa se pyörii rikkihappoliuoksessa altaassa, jonka pohjalla on joko kuparitankoja tai -rakeita. Tasavirtaisessa elektrolyysitekniikassa kupari toimii anodina ja sylinteri katodina. Tässä tekniikassa kupari siirtyy ionimuodossa sylinterin pinnalle. Elektrolyysikuparointi kestää kymmeniä minuutteja, jonka valmistuttua sylinteri hiotaan ja kiillotetaan. (Karhuketo ym. 2004, 108.)

Monivärisessä painotyössä sylinterit ovat tyypillisesti eri kokoisia, jolloin ensimmäisen ja viimeisen painosylinterin ympärysmitta voi vaihdella 0,1-0,2 millimetriä. Kokoerolla voidaan vaikuttaa hallintaparametreihin, kuten esimerkiksi ratajännitykseen painovaiheessa. (Karhuketo ym. 2004, 107.)

Elektrolyysitekniikka ei ole ainoa kuparointitekniikka. Toinen hieman harvinaisempi kuparointitekniikka on nimeltään pintakuparointi. Tässä tekniikassa tehdään kaksi kuparointikerrosta. Pohjakupari päällystetään erotuskemikaalikerroksella, jonka päälle tehdään pintakuparikerros. Pintakuparikerroksen paksuus on noin 0,1 millimetriä. Painatuksen jälkeen pintakuparoitu kerros voidaan irrottaa, eikä sylinteriä tarvitse sorvata uudelleen. (Karhuketo ym. 2004, 107.) Kuviossa 1 havainnollistetaan sylinterin painopinnan rakenne ja valmistus.

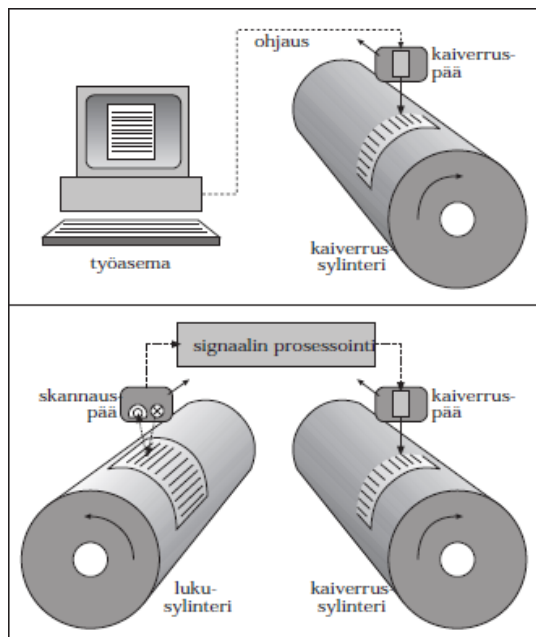


KUVIO 1: Syväpainopinnan rakenne ja sylinterin valmistus (VTT, 2010)

### 2.3.2 Kaiverrus

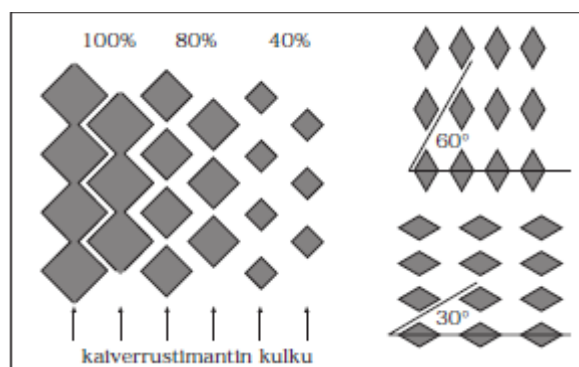
Yleisen sylinterinvalmistusmenetelmä on kaiverrus. Nykyaikana kaiverrustekniikassa ollaan siirtymässä analogisesta prosessista digitaaliseen. Analogisessa kaiverrustekniikassa painoaihe on opaalifilmillä lukusylinterissä, jota skannataan. Skannauksesta saatu signaali käännetään kaiverruskäskyksi. Digitaalisessa kaiverruksessa kaiverruspäätä ohjataan tietokoneelta saatavalta signaalilta. Kuviossa 2 esitellään sekä analoginen, että digitaalinen kaiverrustekniikka. Kuvan ylin osuus kuvaa digitaalista kaiverrusta ja alin osuus analogista kaiverrustekniikkaa. (Karhuketo ym. 2004, 108.)





KUVIO 2: Syväpainsylinterin analoginen ja digitaalinen kaiverrus. (Karhuketo ym. 2004, 108.)

Kaiverrus tehdään timanttineulalla. Kaiverrettava sylinteri pyörii ja timanttineula liikkuu 4000-8000 kertaa sekunnissa sylinterin pintaa vasten kohtisuoraan. Kaiverrettävien rasterikuppien, jotka ovat tyypillisesti katkaistun pyramidin muotoisia, syvyyteen ja pinta-alaan vaikuttaa neulan liikkeen pituus. Toisen terän tehtävä on poistaa kaiverruksessa syntyvät kuparihiukkaset. Kaiverretut rasterikupit ovat peräkkäin sylinterin kehän suuntaisesti. Kuviossa 3 havainnollistetaan rasterien rakenteita. Kuten kuviossa 3 voidaan nähdä, rasterikulmat saadaan kulmasta riippuen litistämällä tai venyttämällä rasterirakennetta.



KUVIO 3: Kaiverretun rasterin rakenne ja rasterikulman toteutus. (Karhuketo, Seppälä, Törn, Viluksela, 2004, 109.)

Tyypillisesti rasteritiheydet vaihtelevat syväpainotekniikassa eri värien välillä. Esimerkiksi mustalla värillä käytetään tiheintä rasteria. Tästä voidaan päätellä, että rasteritiheys vaikuttaa sylinterien kaiverrusaikoihin. (Karhuketo ym. 2004, 108.)

### **2.3.3 Syövytys**

Syövytys on kaiverrukseen verrattuna nykyään harvinainen tekniikka. Syövytyksessä saadaan kaiverrukseen verrattuna suurempi tilavuus rasterikupille, jolla saattaa olla merkitystä joissain erikoistöissä, kuten erikoisvärien käytössä ja lakkauksessa. Syövytysmenetelmässä sylinterin pinta päällystetään valoherkällä polymeerilla, jonka jälkeen se valotetaan UV-valolla. Valottaminen tapahtuu positiivifilmin läpi, jonka rasterirakenteen pitäisi taata kuppien välisien kannaksien säilyminen tummissa sävyissä. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

UV-valon tarkoitus on kovettaa ei-painavia pintoja. Sylinterin kehitysvaiheessa valottumattomat pinnat poistetaan, jolloin niiden alta tulee näkyviin kuparipinta. Itse syövytys suoritetaan rautakloridilla. Tässä menetelmässä rasterirakenne on autotyyppinen ja rasterikuppien syvyys on noin 40 mikrometriä. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

### **2.3.4 Vedostus, korjailu ja kromaus**

Ennen painamista kaiverrettu tai syövytetty sylinteri voidaan vedostaa, johon tarkoitukseen on olemassa erillisiä vedostuskoneita. Vedostuskoneissa käytetään samoja materiaaleja kuin painossakin. Vedostuksen tarkoitus on korjailta sylintereitä ennen painoa mahdollisten virheiden vuoksi. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

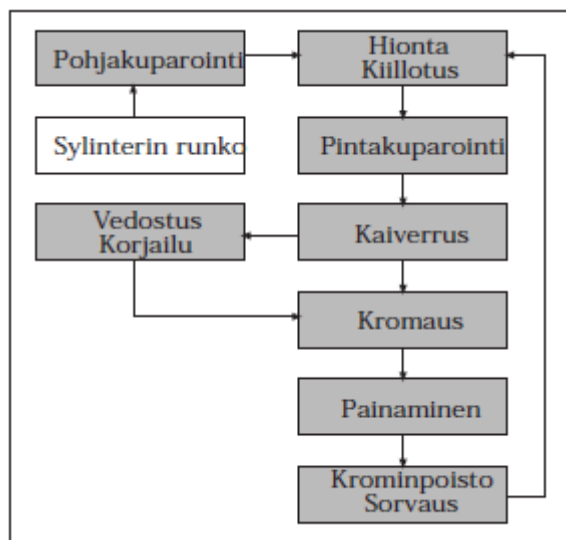
Yleinen korjauksen syy on värintoiston säätö, jolloin sävyä voidaan tummentaa suorittamalla lisäsyövytys kyseiselle alueelle, jota halutaan korjata. Vaalennusta varten rasterikuppeja täytetään elektrolyyttisesti, lakalla tai hiomalla, jolloin rasterikupin syvyys vastaavasti pienenee. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

Kupari kuluu painettaessa. Tästä syystä painonkestävyyden parantamiseksi sylinteri tyypillisesti kromataan elektrolyytisesti. Kromatun kerroksen paksuus on noin 5 mikrometriä. Näin kromatun sylinterin painokestävyys on useita miljoonia kierroksia. Tarvittaessa kromaus voidaan poistaa tai uusia. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

### 2.3.5 Sylinterin kierrätys ja laserkaiverrus

Vanha painotyö poistetaan sylinterin pinnalta tyypillisesti sorvaamalla. Tätä ennen mahdollinen kromipinta poistetaan elektrolyytisesti. Sorvauksen jälkeen sylinteri puhdistetaan, kuparoidaan uudestaan, hiotaan ja kiillotetaan uudelleenkäytettäväksi. Pakkauspainossa käytetyt painosylinterit varastoidaan ja suojataan kolhuilta. (Karhuketo ym. 2004, 109.)

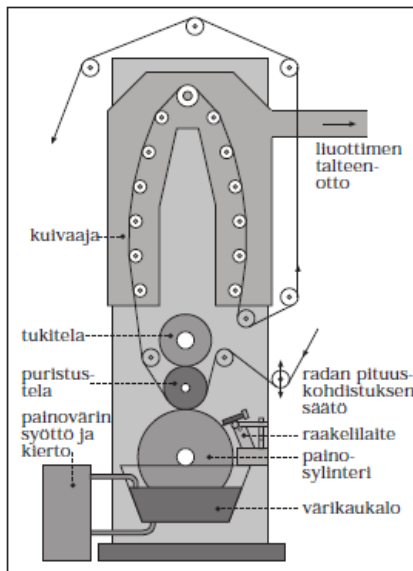
Syväpainsylinterin laserkaiverrusta on tutkittu paljon. Syväpainsylinterin pintamateriaalina onkin käytetty kuparin sijaan muun muassa muovia tai sinkkiä. Laserkaiverruksen etuna voidaankin nähdä suuri nopeus, jopa 30000 rasterikuppia sekunnissa. Toisena etuna nähdään säädettävyys. Lasersäteen kokoa tai tehoa voidaan säätää, jolloin on mahdollista tehdä eri kokoisia ja syvyisiä rasterikuppeja. Myös värinsiirto on tehokkaampaa kaiverrukseen tai syövytystekniikkaan verrattuna. (Karhuketo ym. 2004, 109.)



KUVIO 4: Syväpainsylinterin valmistuksen vaiheet (Karhuketo ym. 2004, 108.)

## 2.4 Painoyksikkö

Syväpainoyksikön tärkeimmät osat ovat väriallas, raakeliterä, painosylinteri, puristustela ja kuivain. Kuviossa 5 havainnollistetaan syväpainoyksikön rakenne ja alla selitetään niiden rakenne sekä tehtävät. Myöhemmin tarkastellaan tarkemmin erikseen prosessin eri osa-alueita: painovärin syöttöä, raakeliterää, painonippiä sekä paperin kuljetusta ja kuivausta syväpainoyksikössä. (Karhuketo ym. 2004, 110.)



KUVIO 5: Syväpainoyksikön rakenne (Karhuketo ym. 2004, 110.)

### 2.4.1 Painovärin syöttö

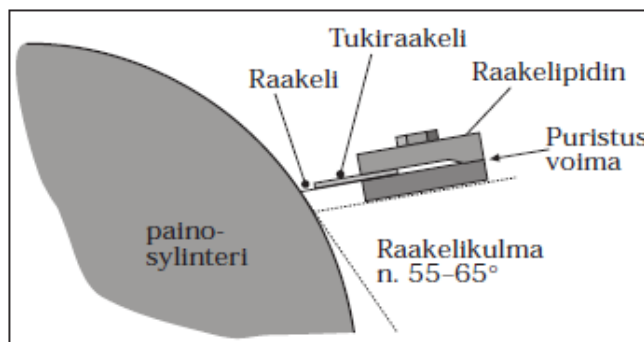
Syväpainoyksikön värilaite on yksinkertainen painovärin alhaisen viskositeetin vuoksi. Painoväri kiertää värialtaan ja värisäiliön välillä, jolloin uusissa koneissa viskositeettia ja lämpötilaa voidaan valvoa ja säätää automaattisesti. Värin lämpötila pyritään pitämään tasaisena. Syväpainomenetelmälle määritelty viskositeetti-ikkuna on 5-25 mPas (cP). Syväpainovärit voivat olla liuotin- tai vesipohjaisia. Liuottimilla pyritään säätämään viskositeettiä. Niiden haittapuolina ovat ympäristö- ja terveysriskit. (Viluksela, 2007, 45)

Värialtaassa pyörivä painosylinteri kastuu väristä, josta se siirtyy rasterikuppeihin sylinterin pinnalle. Raakeliterä kaavaa ylimääräisen värin pois sylinterin pinnalta, jolloin väri jää vain rasterikuppeihin, joista se siirtyy painonipin avulla painopinnalle. (Viluksela, 2007, 45)

### 2.4.2 Raakeliterä

Kuviossa 6 havainnollistetaan raakelin rakenne ja toimintaperiaate. Raakeloinnilla tarkoitetaan ylimääräisen painovärin kaapimista, eli raakeloimista, syväpainosylinteristä pois. Tämä tapahtuu yleensä 0,15 mm paksusta teräksestä valmistetulla terällä, joka on kiinnitetty pidikkeeseen, jota kutsutaan raakelipidikkeeksi. Raakeloinnissa voidaan usein käyttää apuna tukiraakelia. Tärkeimpiä muuttujia raakeloinnissa ovat terän kulma, eli raakelikulma ja terän paine, eli raakelipaine. (Viluksela, 2007, 45)

Raakeliterän ja painosylinterin puristus pyritään säätämään optimaaliseksi, että terän ja sylinterin väliin jää ohut voiteleva kerros painoväriä, ettei terä kulu liian nopeasti. Painotuotteeseen saattaa syntyä viiruja, jotka aiheutuvat mahdollisista painovärin epäpuhtauksista. Näitä kutsutaan raakeliviiruiksi ja niitä pyritään ehkäisemään oskilloinnilla, eli sivusuuntaisella liikkeellä. (Viluksela, 2007, 45)



KUVIO 6: Raakelin rakenne (Viluksela, 2007, 45)

### 2.4.3 Painonippi

Painovärin siirto paperille tapahtuu painonipissä, jossa kumipäällysteinen puristustela ja painosylinteri kohtaavat. Nipin pituuteen vaikuttavia tärkeitä tekijöitä ovat puristusvoima, telan ja sylinterin halkaisijat sekä puristustelan pinnan kovuus. Nipin pituus määrittää värin siirtoajan paperille. Tyypillinen nippipituus on 12 mm. (Viluksela, 2007, 45)

Värinsiirrossa paperille tärkein ominaisuus on painatussileyys, joka tarkoittaa yhdessä sekä paperin sileyttä että kokoonpuristuvuutta. Värinsiirtoa paperille voidaan tehostaa

alentamalla painoväriin viskositeettia tai kasvattamalla nippipainetta. Toisaalta liian suuri puristusaine kuluttaa enemmän energiaa, lisää paperin ja laitteiston mekaanista rasitusta ja tuottaa lämpöä prosessiin. Lisäksi liian alhainen viskositeetti huonontaa painojäljen laatua. (Viluksela, 2007, 45)

ESA, eli electro-static assist, on sähköinen apuväline painojäljen laadun parantamiseksi. ESAa käytetään varaamalla puristuslaite sähköisesti, jolloin painoväri hakeutuu painonipissä varausta kohti, mikä mahdollistaa pienemmän puristusvoiman käytön nipissä, joka vähentää sylinterin kulumista. ESA mahdollistaa myös paremman kontaktinmuodostuksen avulla puuttuvien pisteiden vähenemisen. (Viluksela, 2007, 45)

#### **2.4.4 Paperin kuljetus ja kuivaus**

Aiemmin painettua väriä käytetään painojäljen kohdistuksessa hyväksi. Kuviossa 5 näkyvä kohdistuslaite lukee painorataan painettua kohdistusmerkkiä, jolloin voidaan automaattisesti säätää kohdistus kone- ja poikkisuuntaisesti. Painoväri kuivataan ennen seuraavaa väriä. Jos painoväri on liuotinpohjaista, liuotin haihdutetaan ennen seuraavaa väriä ja otetaan talteen tai poltetaan energiaksi. (Viluksela, 2007, 46)

Paperiradan kuivaus aiheuttaa poikkisuuntaista kutistumista, jossa suurin osa kutistumasta tapahtuu ensimmäisen kuivauksen aikana. Kutistumaa voidaan ennakoida kompensoimalla ensimmäisen painosylinterin leveyttä suuremmaksi kuin seuraavien painoyksikköjen. Rataa voidaan myös kuivata ennen ensimmäistä painoyksikköä tai kosteuttaa sitä seuraavien painoyksikköiden välillä. (Viluksela, 2007, 46)

#### **2.5 Syväpainopaperit ja –värit**

Syväpainossa painetaan tyypillisesti kiillotettuja ja päällystettyjä paperi- ja kartonkilajeja, muoveja ja laminaatteja. Painoväriin tyyppi, liuotinpohjaisuus ja tuotantotekniset ominaisuudet valitaan painettavan lajin mukaisesti. Tyypillisiä paperilajeja syväpainatuksessa ovat SC- ja LWC-paperit. Pakkauspuolella käytetään toispuoleisesti päällystettyjä joustopakkauskauksia ja päällystettyjä kartonkeja. (Viluksela, 2007, 49)

Syväpainossa tärkeitä toiminnallisia vaatimuksia paperille ovat sileyks, kokoonpuristuvuus, minimaalinen toispuoleisuus ja tasainen painoväriabsorptio. Prosessitekniisiä vaatimuksia paperille taas ovat riittävä lujuus ja pienimittakaavaisen muovautuvaisuuden hallinta kutistumien varalta. (VTT, 2010)

Painovärit koostuvat tyypillisesti neljästä komponentista: pigmentistä, sideaineesta, liuottimista ja lisäaineista. Pigmentin tehtävänä on antaa väri, sideaine sitoo pigmentin paperiin ja auttaa kiillonmuodostuksessa, liuotin toimii kantofaasina ja liuottaa sideaineen, lisäaineilla säädellään näiden kaikkien yhteisvaikutusta tai pyritään tehostamaan jonkun komponentin osuutta prosessissa. Taulukossa 1 havainnollistetaan syväpainoväriin koostumus, kerrotaan eri komponenttien prosentuaalinen osuus ja eritellään niiden käyttöosuudet aikakauslehtipainossa ja pakkauspainossa. (Hakola, 2009, 54)

TAULUKKO 1: Syväpainoväriin koostumus (Hakola, 2009, 54)

	Amount	Typical substances
Pigment	5–20 %	Organic or inorganic pigments
Binder	10–40 %	<b>Publication:</b> hydrocarbon resins and derivatives <b>Packaging:</b> cellulose derivatives (nitrocellulose), acrylates, vinyl resins
Solvent	30–70 %	<b>Publication:</b> toluene, aliphatic hydrocarbons <b>Packaging:</b> ethyl alcohol, ethyl acetate (with ethyl alcohol 20:80), water
Additives	1–5 %	Waxes, slip agents, surfactants
Fillers	0–10 %	

Syväpainossa värien kuivuminen tapahtuu tyypillisesti liuottimen kuivuessa. Aikakauslehtipapereissa liuottimet ovat tyypillisesti toluenipohjaisia ja pakkauspainossa liuottimina käytetään ksyleeniä, isopropanolia ja vettä. Liuottimet ovat merkittävä ympäristö- ja terveyshaitta ja niissä esiintyy osaksi karsinogeneenejä. (Viluksela, 2007, 49)

## 2.6 Syväpainatuksen häiriöt ja laatuongelmat

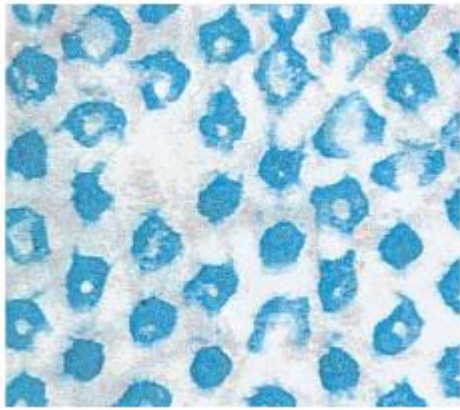
ERA:n (European Rotogravure Association) tutkimuksen mukaan syväpainomenetelmällä painetun painojäljistä mitattavat visuaalisen laadun

ominaisuudet ovat: painojäljen tummuus, painojäljen tasaisuus, painojäljen kiilto, läpipainatus, paperin tummuminen ja puuttuvat pisteet. Tutkimus tehtiin SC-paperilla. (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003, 9)

Paperista mitattavat vastaavat laatuominaisuudet ovat: vaaleus, opasiteetti, sileys, kiilto, absorptio, huokoisuus ja formaatio. ERAn tutkimuksessa ei mitattu huokoisuutta tai formaatioa. (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003)

Syväpainatukselle tyypillisiä laatuongelmia ovat puuttuvat pisteet, painoväriin helmeily, raakeliviirut ja whiskering. Näitä ongelmia tarkastellaan erikseen. (Viluksela, 2007, 50)

Puuttuvia pisteitä syntyy painopintaan, koska väri ei siirry rasterikupista paperille, mikä johtuu usein paperin epätasaisuudesta. Toisin sanoen väri ei siis saa kontaktia paperiin. Kuviossa 7 on esimerkki puuttuvista pisteistä. Puuttuvia pisteitä esiintyy häiritsevänä visuaalisena tekijänä varsinkin vaaleissa värisävyissä. (Viluksela, 2007, 50) Painojäljen parantamiseksi voidaan käyttää apuna ESAa, lisätä nippipuristusta tai parantaa paperin sileysominaisuuksia. (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003, 16)



KUVIO 7: Puuttuvia rasteripisteitä (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003, 16)

Painoväriin helmeily eli mottling, tarkoittaa painetun tumman väripinnan epätasaisuutta. Syynä tähän on painoväriin epätasainen absorptio, joka voi johtua paperin rakenteen epätasaisuudesta. Myös värin halkeaminen voi aiheuttaa helmeilyä, joka voi johtua liian alhaisesta viskositeetista tai värin asettumisnopeudesta paperille. (Viluksela, 2007, 50) Kuviossa 8 on esimerkki helmeilystä, eli mottlingista.





KUVIO 8: Mottlingia painetulla pinnalla (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003, 14 )

Kuten aikaisemmassa osassa todettiin, painotuotteeseen saattaa syntyä viiruja, jotka aiheutuvat mahdollisista painoväriin epäpuhtauksista. Näitä kutsutaan raakeliviiruiksi ja niitä pyritään ehkäisemään raakelin oskilloinnilla, eli sivusuuntaisella liikkeellä. (Viluksela, 2007, 45)

Whiskeringillä tarkoitetaan painetun pinnan leviämistä painamattomalle pinnalle. Sitä esiintyy peitteisien pintojen reunoissa ja prosessissa tyypillisesti 10-15 cm nipin jälkeen. Whiskering-ilmiötä esiintyy KCL:n painatuskoulutuksesta saatujen tietojen (Vuorovaikutukset syväpainossa 2003, 17) mukaan ”Kun syntyneen varausepätasapainon aiheuttamat voimat ylittävät värin pintajännityksen viskoottisen voiman.” Eli kyseessä on tyypillisesti ESAn aiheuttama häiriö, jota voidaan hallita mm. varauksen poistoa nopeuttamalla ja ESAn jännitettä vähentämällä (Packaging Gravure Troubleshooting Guide, 2013). Kuviossa 9 on esimerkki whiskering-ilmiöstä.



KUVIO 9: Whiskeringiä painetussa tuotteessa (Viitaharju, 2012, 22)

Poikkisuuntainen kutistuma on laskettavissa myös painojäljen häiriöksi. Poikkisuuntaista kutistumaa tapahtuu kuivatuksen myötä jokaisen painoyksikön jälkeen. Suurin kutistuma tapahtuu ensimmäisen osaväriin jälkeen. Kuten aikaisemmin todettiin, sitä on mahdollista torjua kompensoimalla sylinterien painopintojen leveyksillä tai alentamalla kuivauslämpötiloja. (Viluksela, 2007, 50)

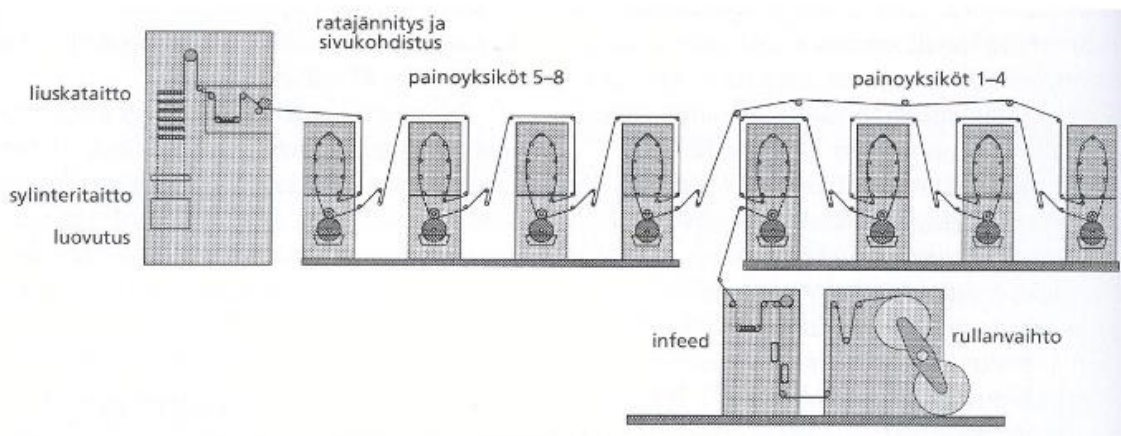
## 2.7 Syväpainokoneet

Tässä osiossa tarkastellaan aikakauslehtipainokoneita, pakkauspainokoneita ja pilotsyväpainokoneita. Tyypillisiä paperilajeja aikakauslehtipainokoneelle ovat SC ja LWC, pakkauspainokoneilla toispuoleisesti päällystetyt joustopakkaukset ja päällystetyt kartongit. Pilotkoneiden tarkoitus on simuloida ja ennakoida laboratorio-olosuhteissa suurempien koneiden toimintaa varsinaisessa tuotannossa.

### 2.7.1 Aikakauslehtipainokoneet

Kuviossa 10 esitellään kahdeksanyksikköinen aikakauslehtisyväpainokone. Kone on tyypillisesti 1,8-3,6 m pitkä ja sen ratanopeus 15 m/s. Koneessa on 8-10 painoyksikköä, sekä taittolaitte. Rullanvaihtajat sijaitsevat alemmassa kerroksessa ja pystyvät vaihtamaan rullaa täydessä vauhdissa. Kuviossa 10 esiintyvä infeed-yksikkö mittaa ja

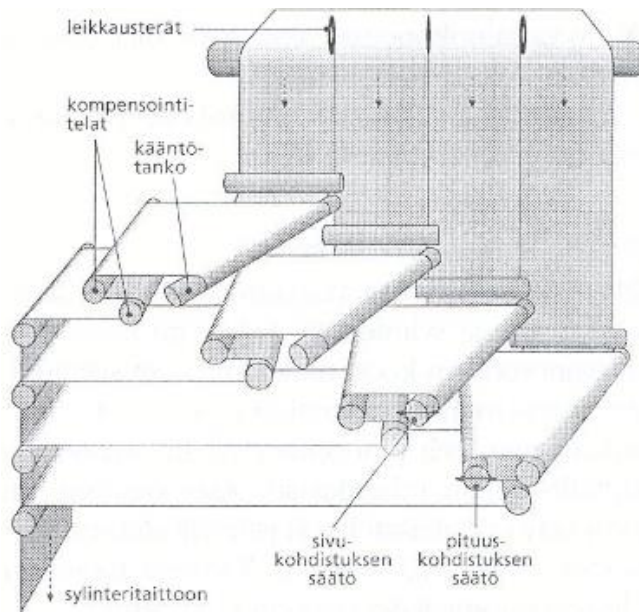
säätää ratajännitystä sekä sivuttaista asemaa ja se auttaa tasaamaan rullanvaihtoa. (Viluksela, 2007, 46)



KUVIO 10: Aikakauslehtisyväpainokoneen rakenne (Viluksela, 2007, 47)

Aikakauslehtituotteet asemoidaan poikittain painosylinterille taittamisen helpottamiseksi. Esimerkiksi A4-kokoluokassa sivun raakakorkeus on 31 cm, jolloin esimerkiksi 248 cm leveän koneen painosylinterille saadaan kahdeksan A4-kokoista arkkia. Tällöin koneen leveydestä puhuttaessa voidaan käyttää termiä kahdeksan liuskainen kone. Yhden sylinterin ympärille asemoidaan 4,6 tai 8 aikakauslehtisivua. (Viluksela, 2007, 47)

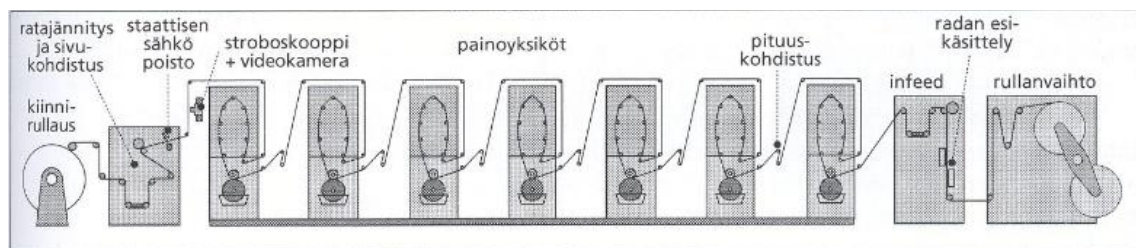
Aikakauslehtipainokoneissa käytetään liuskataittolaitetta. Liuskataittolaitteen tehtävät ovat: paperin leikkaus liuskoiksi, liuskojen kohdennus kompensointiteloilla ja lopuksi liuskat ajaminen päällekkäin kääntötangoilla. Tämän jälkeen liuskat katkaistaan ja kerätään päällekkäin, minkä jälkeen viimeiseksi suoritetaan sylinteritaitto. Kuviossa 11 havainnollistetaan taittokoneen periaate. (Viitaharju, 2012, 15)



KUVIO 11: Liuskataiton periaate (Viluksela, 2007, 48)

### 2.7.2 Pakkauspainokoneet

Pakkauspainokoneen tyypillinen leveys on 0,5-1,5 m ja ratanopeus 8-12 m/s, joten ne ovat sekä pienempiä, että hitaampia kuin aikakauslehtikoneet. Tyypillisesti pakkauspainokoneilla painetaan vain yhdelle puolelle rataa. Niissä käytetään useasti myös erilaisia lakka- ja erikoisvärejä, mistä johtuen painoyksiköiden määrä on usein 7-8. Pakkauspainokoneissa voidaan hyödyntää myös fleksopainoyksiköitä syväpainoyksikköjen lisäksi. (Viluksela, 2007, 48) Kuviossa 12 esitetään seitsemäyksikköisen pakkauspainokoneen tyypillinen rakenne. Pakkauspainokonevalmistajia ovat muun muassa Cerruti, KBA ja Bobst. (Viitaharju, 2012, 16)



KUVIO 12: Seitsemäyksikköisen pakkausssyväpainokoneen rakenne (Viluksela, 2007, 48)

Kiinnirullaimen voi pakkauspainokoneessa korvata jonkinlainen jälkikäsitteily-yksikkö. Tyypillisiä ovat arkkileikkuri, liuskaleikkuri, rotaatiostanssi, pakotus ja nuuttuus.

Kuviossa 12 näkyy stroboskooppi ja videokamera, joilla valvotaan painettavan tuotteen laatua. Painoyksiköt, kohdistuslaitteet ja esikäsittelyt ynnä muut ohjaus- ja hallintalaitteet ovat samanlaisia kuin aikakauslehtisyväpainokoneissa. (Viluksela, 2007, 49)

### 2.7.3 ROKO-pilotsyväpainokone

Pilotsyväpainokonevalmistajia ovat esimerkiksi Tapio, Winstone ja ROKO. Tässä työssä käytettiin ROKO-pilotkonetta. Samaa pilotkonetta on käytetty aikaisemminkin opinnäytetöissä, joten kuvat laitteen rakenteesta ja ohjauksesta pohjautuvat pääosin aiempiin tutkimuksiin sekä valmistajan omiin ohjeisiin. Käytössä ollut pilotkonetta myy Pinteco. Kuvassa 1 esitetään ROKO-pilotkone ja sen eri osat.



KUVA 1: ROKO-pilotkone

1. Aukirullainpaikat
2. Syväpainoyksikkö
3. Rumpukuivaimet
4. Puhallinkuivaimet

5. Infrapunakuivaimet
6. Laminaattori
7. Kiinnirullain
8. Ohjaustaulu

Kuvassa 2 esitellään ROKO-pilotkoneen ohjaustaulu.



KUVA 2: ROKO-pilotkoneen ohjaustaulu

Ohjaustaulun keskellä ylhäällä oleva säätönuppi, main drive, säätelee koneen nopeutta. Nopeus alkaa numerosta yksi, milloin kone on pysähdyksissä ja kasvaa siitä suuremmaksi yhdeksään asti. Laitetta ajettiin onnistuneesti korkeintaan nopeudella 3. Mittarinäyttöjen alla olevat säätönupit ohjaavat ilmanpaineen avulla kiinnirullauksen kireyttä, laminointinippiä ja nippipainetta syväpainonipissä. Punainen nappi on hätäseis. Kuvassa 3 esitellään ROKO-pilotkoneen ohjauskaappi.



KUVA 3: ROKO-pilotkoneen ohjauskaappi

Kuivatusosia (IR-kuivaimet, puhalluskuivaimet ja rumpukuivaimet) säädetään ohjauskaapin oven kytkimistä. Ylin rajattu alue (Infra red lamp controls) säättää kuutta 1,5 W infrapunalamppua. Vasemmalla keskellä oleva rajattu alue (Drum dryer controls), säättää neljää rumpukuivainta, joita voi säättää kahden ryhmässä erikseen. Oikealla keskellä on puhalluskuivaimien säätö (Heater controls), millä säädetään kahta eri puhalluskuivainryhmää. Vasemmalla alhaalla rajatulla alueella (Drive controls) on päämoottorin käyttö, josta nähdään myös rainannopeus. Oikealla alhaalla rajatulla alueella (Auxillary drive controls) on nopeussuhteen säätö ja nopeuden näyttö. (Pinteco, 2011)

Kuvassa 4 esitellään kiinnitetty syväpainoyksikkö. Syväpainoyksikkö koostuu kahdesta telasta, joista toinen on kova kumitela ja toinen painava tela, raakeliterästä ja väriallasta.

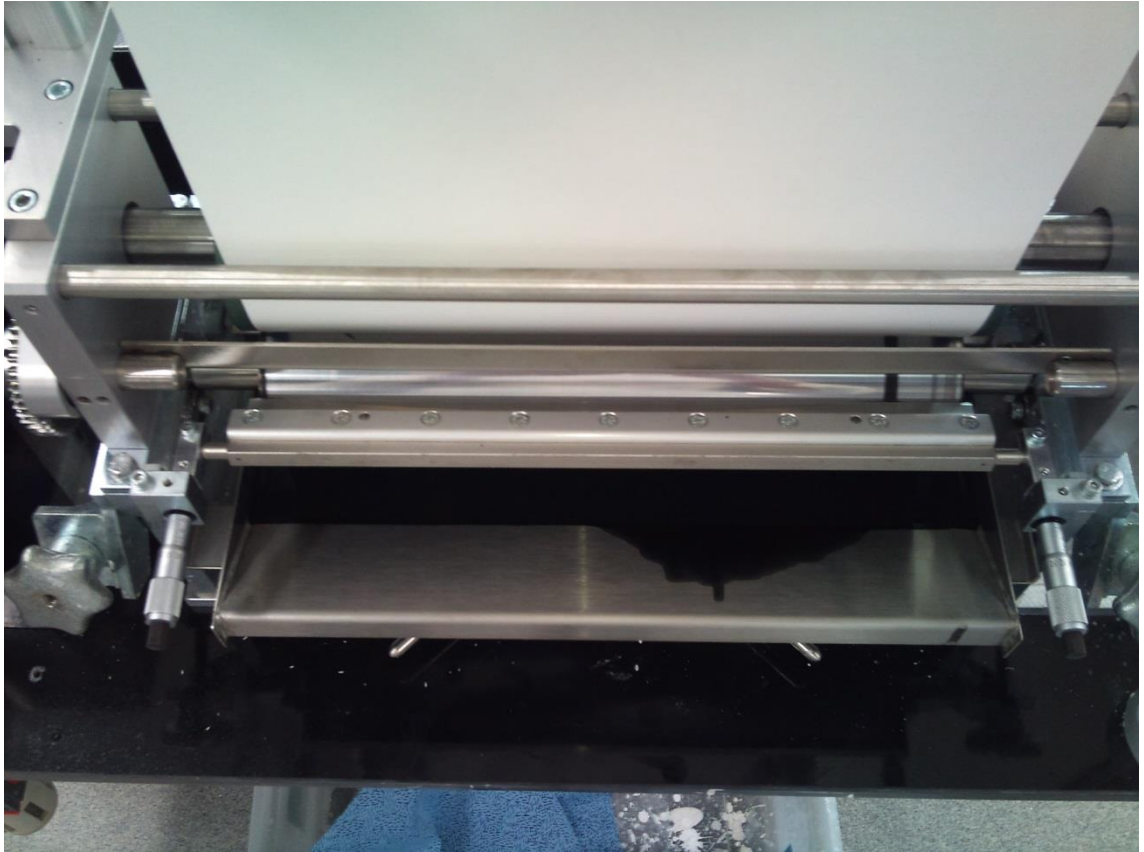


KUVA 4: Syväpainoyksikkö asennettuna ROKO-pilotkoneeseen

1. Kiinnitysruuvit
2. Väriallas
3. Painotela
4. Mikrometriruuvit raakelin säätöön
5. Ilmapaineletkut nippipaineelle
6. Kumitela

Kuvassa 5 esitetään syväpainoyksikkö kiinnitettynä ROKO-pilotkoneeseen toisesta kuvakulmsta. Kuvassa 5 voidaan myös loput kiinnitysruuvit.





KUVA 5: Syväpainoyksikkö ROKO-pilotkoneeseen asennettuna

Kuvassa 5 voidaan havaita raakeliterän sivuilla kiinnitysruuvit, joista raakeli on kiinnitetty syväpainoyksikköön. Raakeliterä määritettiin positiiviseen silmämääräiseen noin 50 ° kulmaan painotelaan nähden. Altaassa näkyy mustaa painoväriä.

### 3 SYVÄPAINOYKSIKÖN KÄYTTÖÖNOTTO

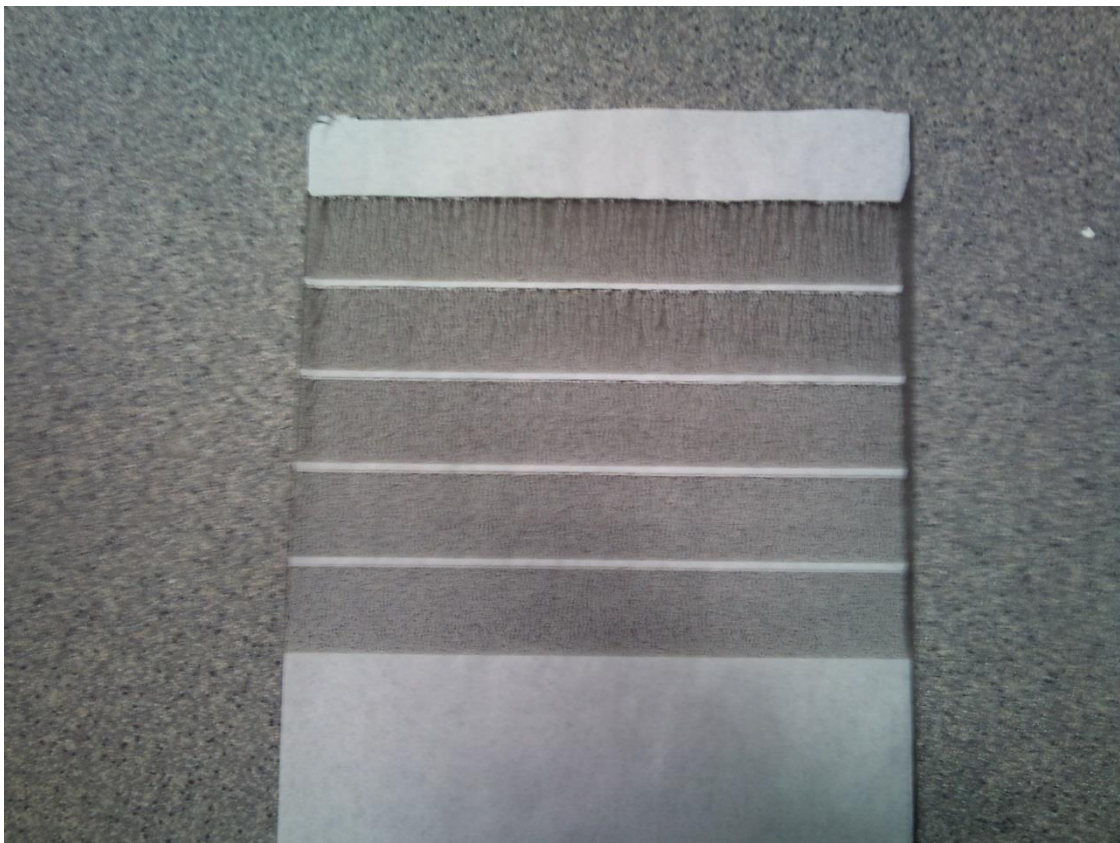
Tässä luvussa tarkastellaan syväpainoyksikön käyttöönottoa ROKO-pilotkoneella. Aluksi kuvataan työhön valmistautumista, johon kuuluivat muun muassa värin tilaus ja sen testaus, paperin ja kartongin valinta sekä konekonstruktio ja lopuksi tarkastellaan tuloksia. Yhtäkään onnistunutta ajoa tai painatusta ei saatu aikaan tässä työssä millään asetuksilla tai paperilla/kartongilla. Tulosten tarkastelussa paneudutaan näihin ongelmiin ja mahdollisiin ratkaisuihin.

#### 3.1 Painoväri, kartonki ja paperi

Painovärin syväpainoyksikön sisäänajoa varten toimitti Sun Chemicals Oy. Painoväri oli mustaa ja sen viskositeetiksi mitattiin Brookfield-viskosimetrillä 86 cP (mPas). Koska syväpainon hyväksi todettu viskositeetti-ikkuna on 5-25 mPas, väriä jouduttiin laimentamaan. Laimennus tapahtui kaatamalla väriä 600 ml astiaan, jossa oli jo valmiiksi 400 ml vettä.

Viskositeetin mittausta ja säätöä tuotti haasteita, sillä suurimmalla spindlillä (numero 1) tehty viskositeetin määrittäminen ei ollut tarpeeksi tarkka, joten tulokset vaihtelivat 12-16 cP:n välillä. Viskositeetin arvioitiin olevan sopivassa viskositeetti-ikkunassa, mutta sitä ei pystytty täysin varmasti kokeellisesti varmistamaan.

Ensimmäiset koeajot syväpainoyksikön kanssa ROKO-pilotkoneella tehtiin TAMKin laboratoriossa jo valmiiksi olleilla rullilla. Paperi oli silmämääräisesti arvioituna jo ennen ajoa liian huokoista ja karheaa. PPS -mittalaitteella saadut arvot vaihtelivat paperirullista riippuen 4-7  $\mu\text{m}$  välillä, joka on syväpainopaperille liikaa. Kuvassa 6 esitetään karhealle paperille painettu syväpainojälki.



KUVA 6: Karhealle paperille painettu syväpainojälki.

Kuten kuvasta 6 voidaan huomata, väri imeytyy paperiin ja painojäljestä ei saa juurikaan selvää. Käytetyssä syväpainotelassa oli kaiverrettuna 5 poikittaista painopintakuviota, joiden välillä oli pieni ei-painava pinta. Painojälki oli niin huonoa, ettei sitä todettu edes mittauskelpoiseksi. Pyrollin toimittamat paperit olivat yhtä karheita, eikä niistäkään tehty mittauksia painojäljen ollessa kelvotonta.

Paras ajo- ja painotulos saatiin Metsä Board Takon toimittamalla syväpainokartongilla. Kartongin neliömassaksi mitattiin  $200 \text{ g/m}^2$  ja sen sileydeksi mitattiin  $1,37 \text{ }\mu\text{m}$ , joka soveltuu sileydensä puolesta syväpainolle hyvin.

### **3.2 Radan vienti**

Kuvassa 7 esitetään kartonkiradan vienti pilotkoneella, minkä jälkeen esitetään ROKO-pilotkoneen osat siinä järjestyksessä kuin rainan vienti tehtiin. Rataa yritettiin viedä usealla eri tavalla, joista kuvassa 7 näkyvä vienti toimi parhaiten.



KUVA 7: Kartonkiradan vienti ROKO-pilotkoneella

### 3.2.1 Aukirullaus

Syväpainettava kartonkirulla asetettiin aukirullaustelalle, josta se vietiin koneen läpi kiinnirullaimelle. Aukirullaimessa oli mekaaninen käsinsäädettävä ruuvi, jolla säädeltiin rainan kireyttä aukirullauksessa. Jarrun säätö tapahtui joko kiristämällä tai löysentämällä ruuvia. Tässä kuvassa ruuvi on aukirullaimen koneen toisella puolella.

### 3.2.2 Syväpainoyksikkö

Kuvasta 7 nähdään miten kartonkiraina tulee aukirullaimelta syväpainoyksikölle, jossa se sijoittuu vihreän kumitelan ja painavan telan väliin ja jatkaa siitä kuivatussyliinterien ali ensimmäiselle puhalluskuivaimelle. Nippipaine oli kartongilla ajettaessa 1-4 bar.

### **3.2.3 Puhalluskuivaimet**

Puhalluskuivaimet koostuvat kahdesta kuivainyksiköstä, joista ensimmäinen näkyy kuvassa 7 pystysuorassa koneen takaosassa. Toinen yksikkö on heti ensimmäisen perässä vaakasuorassa koneen päällä. Puhalluskuivaimien lämpötila pidettiin vakioasetuksena olevassa 90 °C, sillä se todettiin riittäväksi.

### **3.2.4 Laminaattori ja kiinnirullaus**

Puhalluskuivaimilta kartonkirata vietiin ohjaustelan avulla laminaattorille, jonka nippi todettiin hyödylliseksi pitää auki. Laminaattori myös mittaa rainan nopeuden, jonka näkee ohjauskaapin mittarista. Laminaattoria säädetään koneen ohjaustaulusta.

Kiinnirullauksessa kartonki rullataan hylsyn ympärille, johon se aluksi kiinnitetään teipillä. Kiinnirullausta säädellään ilmanpaineen avulla koneen ohjaustaulusta. Raskaalle kartongille parhaaksi todettu kiinnirullaimen paine oli noin 4 bar. Kiinnirullaus vaikutti merkittävästi rainan kireyteen, jota säädettiin lisäksi aukirullaimen jarrulla ja nippipaineella.

## **3.3 Tulosten tarkastelu**

Sisäänajo aloitettiin säätämällä kiinnirullaimen paine suhteessa aukirullaimen jarruun niin, että ratakiireys oli sopiva ja radan kiinnirullauksessa ei ollut huomattavaa sivuttaissuuntaista vaihtelua. Seuraavaksi vakiokulmassa ollut raakeliterä kiristettiin silmämääräisesti samaan kohtaan painotelaa vasten kummaltakin puolelta, jolloin väri jäi painotelan kuppeihin ja muulle pinnalle jäi ohut voiteleva kerros. Silmämääräinen säätö johtui siitä, etteivät mikrometritruuvien asteikot vastanneet täysin toisiaan. Tämän jälkeen kumpaakin ruuvia kiristettiin saman verran tarvittaessa. Seuraavaksi suljettiin paineilmalla säädettävä painonippi. Nopeus pidettiin vakiona ohjaustaulussa arvolla 2. Suuremmissa nopeuksissa kone alkoi jyskyttää ja kolista ja painojäljen todettiin huononevan.

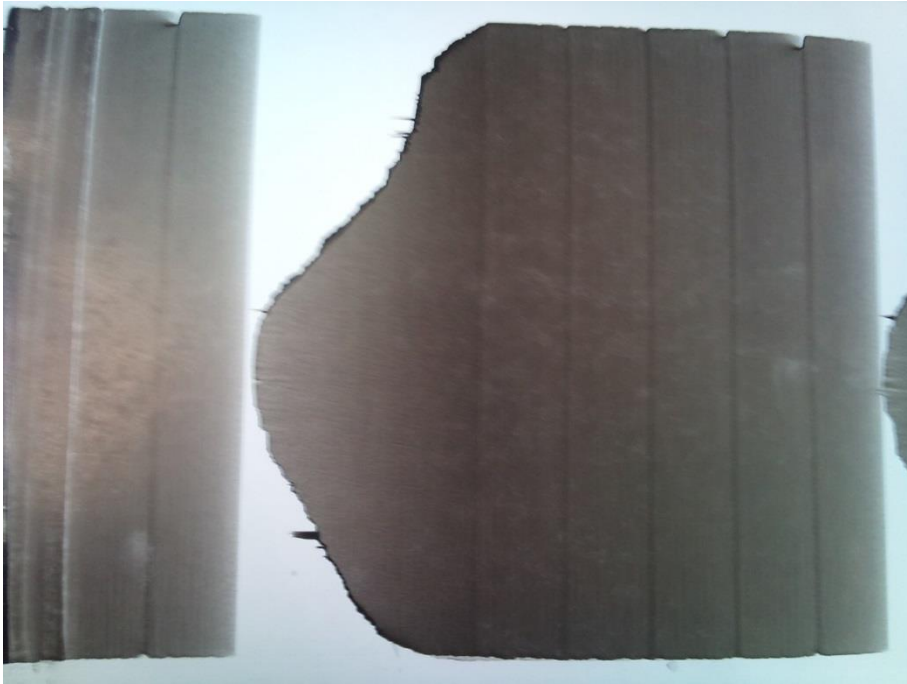
Paras ajo- ja painotulos syväpainoyksikön sisäänajossa ROKO-pilotkoneella saatiin kartongilla. Kuvassa 8, 9, 10 ja 11 esitetään tuloksia kartongilla saaduista tuloksista ja selitetään miten niihin on päästy. Kuvat 9, 10 ja 11 kuvaavat parhaiten onnistuneen ajon

tuloksia. Mikään ajo ei tuottanut toivottuja tuloksia, minkä syitä käsitellään lopuksi erikseen, minkä lisäksi esitetään parannusehdotuksia prosessiin kokonaisuudessaan. Taulukossa 2 esitetään neljän ajon ajoparametrit, missä muuttujina olivat painoyksikön nippipaine ja kiinnirullaimen kireys.

TAULUKKO 2: Syväpainokartongilla tehtyjen ajojen ajoparametrit

Ajo	Nippipaine (bar)	Kiinnirullaimen kireys (bar)
1	1	3,5
2	1	3,5
3	2,5	4
4	4	4

Kuvassa 8 nähdään hyvin epätasainen painojälki. Painonippi on työntänyt väriä keskeltä edellään, jonka vuosi jälkimmäinen rasteroitu kuvio painotelalla on epämuodostunut. Tämä johtuu luultavasti nippipaineen epätasaisuudesta. Myöskään reunat eivät ole toistuneet tarkoituksen mukaisesti painetulle pinnalle. Kuvassa 8 voidaan nähdä myös pystysuorat viivat keskellä painokuviota, joiden ei olisi pitänyt toistua kartongille ollenkaan, vaan päinvastoin näkyä painamattomina pintoina. Jokaisen ajon aikana aukirullauksen mekaaninen ruuvijarru pidettiin mahdollisimman kireällä, sillä muuten radan kireys huononi merkittävästi.



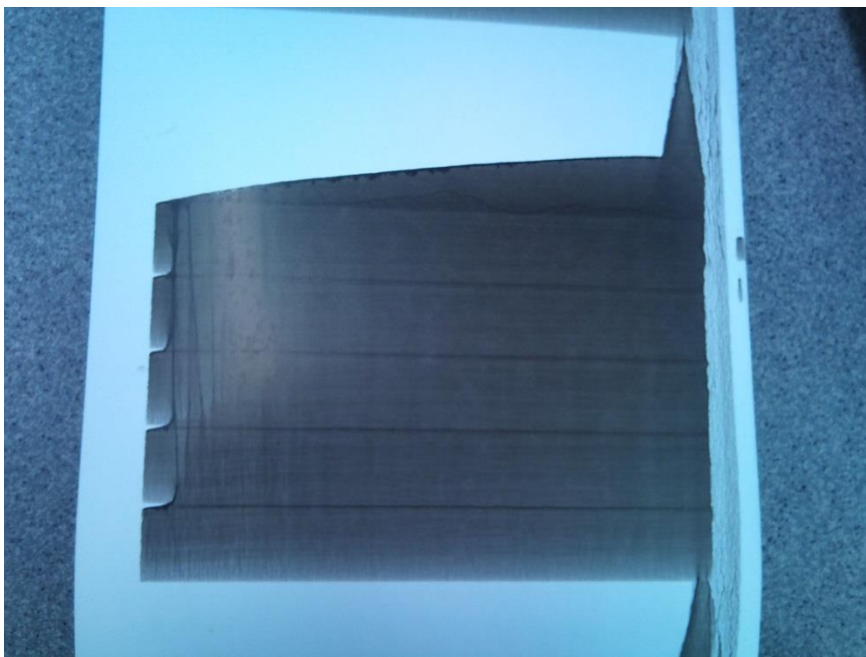
KUVA 8: Ensimmäinen painatusajo kartongille nippipaineella 1 bar ja kiinnirullauksen kireydellä 3,5 bar.

Kuvassa 9 nähdään ajo kartongille seuraavilla parametreilla: nippipaine 1 bar ja kiinnirullauksen kireys 3,5 bar. Raakeliterä oli vaurioitunut reunasta, joten se muodosti painojälkeen viirun kartonkiradan toiseen reunaan. Tällä ei kuitenkaan koettu olevan ajoparametrien demonstroimiseen liittyvien ajojen suhteen merkitystä, koska millään asetuksilla painopinta ei toistunut toivotulla tavalla.



KUVA 9: Parhaan ajon ensimmäinen tulos nippipaineella 1 bar ja kiinnirullauksen kireydellä 3,5 bar.

Kuvassa 10 nähdään ajo kartongille seuraavilla parametreilla: nippipaine 2,5 bar, kiinnirullauksen kireys 4 bar. Kuten kuvasta nähdään, nippipaine tuntuu levittävän painopintaa vielä enemmän kuin kuvassa 9. Kiinnirullauksen paineen kasvattaminen stabiloi lähinnä radan kireyttä ja se saatiin rullattua tasaisesti kiinni.



KUVA 10: Parhaan ajon toinen tulos nippipaineella 2,5 bar ja kiinnirullaimen kireydellä 4 bar.



Kuvassa 11 nähdään ajo kartongille seuraavilla parametreilla: nippipaine 4 bar, kiinnirullaimen kireys 4 bar. Kuvasta voidaan huomata, miten nippipaineen lisääminen huonontaa painokuvion toistettavuutta ja painonipin aiheuttamaa painovärikertymää näkyy vielä enemmän painojäljen keskiosassa viimeisen painopinnan jälkeen.



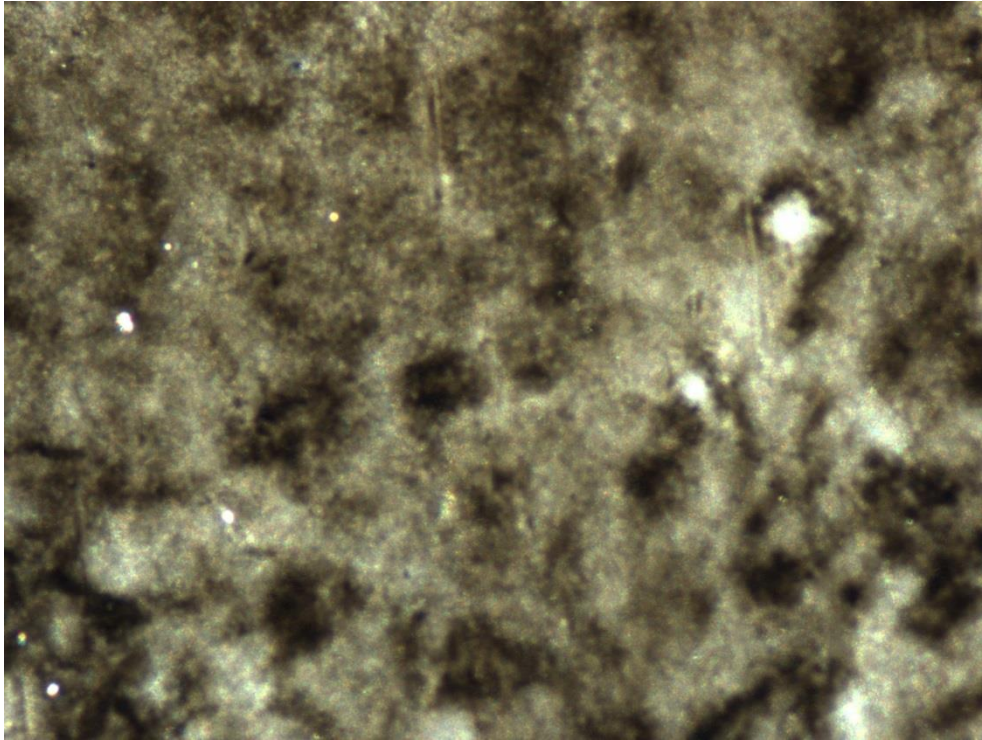
KUVA 11: Parhaan ajon kolmas tulos nippipaineella 4 bar ja kiinnirullaimen kireydellä 4 bar.

### 3.3.1 Ongelmat ja ratkaisuehdotukset

Painonippi muodostui kartonkia painettaessa suurimmaksi haasteeksi. Mahdollisesti paineilman kokoonpuristuvuudesta tai nipin mekaanisesta epätasapainosta johtuen radalle muodostunut painojälki ei ollut millään kokeilluilla ajoparametererillä tasainen. Painojäljen välit eivät erottuneet lainkaan, reuna oli suurimmaksi osaksi sahalaitaista ja nipin jälkeen painojäljen keskiosaan jäi painoväriä aiheuttamaa valumaa, joka oli kulkeutunut nipissä eteenpäin kartongin pinnalle. Painonipin keskiosasta puuttui siis tarvittavaa painetta ja tasaisuutta reunoihin nähden.

Painojälkeä mitataan pääosin visuaalisen laadun mukaan tarkastelemalla kontrastia, tummuutta ja painoväriä kiiltoa. Kokeellisesti mitattava suure on esimerkiksi densiteetti. Luupilla tai mikroskoopilla voidaan tutkia painojälkeä ja -virheitä tarkemmin. Kuvassa 12 esitetään mikroskooppikuva painojäljestä. Syväpainon

tyypillisin ja tunnistettavin virhe on puuttuva piste. Kuvassa 12 sellainen näkyy. Rasterilinjaa voi nähdä kuvan keskiosassa tummina pisteinä, mutta painojälki ei silti ole miltään osin onnistunutta, saati tunnistettavaa. Kuviossa 7 nähdään vertailun vuoksi puuttuvien pisteiden lisäksi onnistunutta syväpainokuviota mikroskoopilla tarkasteltuna.



KUVA 12: Roko-pilotkoneella taivekartongille painettu syväpainojälki mikroskoopilla katsottuna

#### 4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhteenvetona tuloksista voidaan päätellä, että neliömassaltaan painava kartonki ei sovi kyseiselle pilotsyväpainokoneelle ainakaan tässä työssä tutkituilla ajo-olosuhteilla, joten tutkimusta tarvitaan lisää ja paperiksi olisi syytä valita erittäin sileä tai tasaisesti päällystetty aikakauslehtipaperi.

Painoväriin Viskositeetin mittaukseen vaaditaan lisää tarkkuutta laitteilta. Viskometrivalmistaja Brookfield pystyy tarvittaessa toimittamaan tarvittavia osia viskositeetin mittausten tarkkuuden parantamiseen, jos kyseessä on hyvin matalaviskootoinen neste (Brookfield Engineering, 2013). Ratakireyden hallintaan tarvittaisiin lisää hallittavuutta, esimerkiksi kiristäviä teloja tai tehokkaampi jarru aukirullaukseen.

Laadukkaamman painojäljen tekeminen edellyttää erilaista konekonstruktiota tai vähintäänkin kevyempää ja laadukkaampaa painopaperia. Liitteessä 1 esitellään syväpainoyksikön asennusohjeet.

## LÄHTEET

Brookfield Engineering, Viscometers. Luettu 10.5.2013.

<http://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/>

Hakola, Elina 2009. Principles of

conventional printing. Teoksessa Pirkko Oittinen & Hannu Saarelma (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. Helsinki: Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy, . s. 54

Karhuketo Hannu, Seppälä J. Markku, Törn Tage, Viluksela Pentti, Kemiallinen metsäteollisuus III- Pape-rin ja kartongin jalostus, Opetushallitus 2004, s. 107-114

Packaging Gravure Troubleshooting Guide, s. 24, 2013. Flint Group. Luettu 10.5.2013.

<http://www.jdsengineering.com/PkgGravTSGuide.pdf>

Pinteco Oy. 2011. Rotary Koater. Asennus ja käyttöohjeita. Vantaa

Viitaharju, Päivi 2012. Graafinen tekniikka - Syväpaino. Paperi-tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Luentomateriaali.

Viluksela Pentti, Painoviestinnän tekniikka, Opetushallitus, s. 44-50

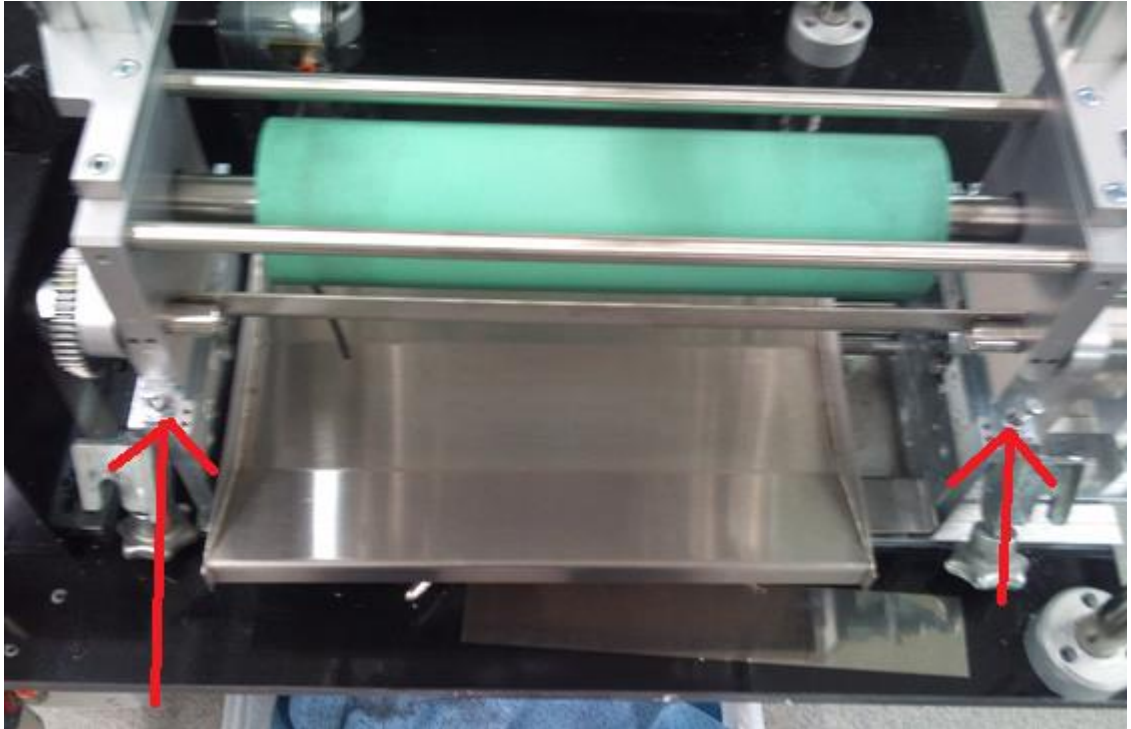
Vuorovaikutukset syväpainossa 2003. KCL Painatuskoulutus. Espoo.

VTT / Proledge Oy 2010. KnowPap Versio 12.0 (12/2010). [online][viitattu 4.4.2013]. Saatavissa [file:\\book\knowpap\knowpap\\_FI.htm](file:\\book\knowpap\knowpap_FI.htm).

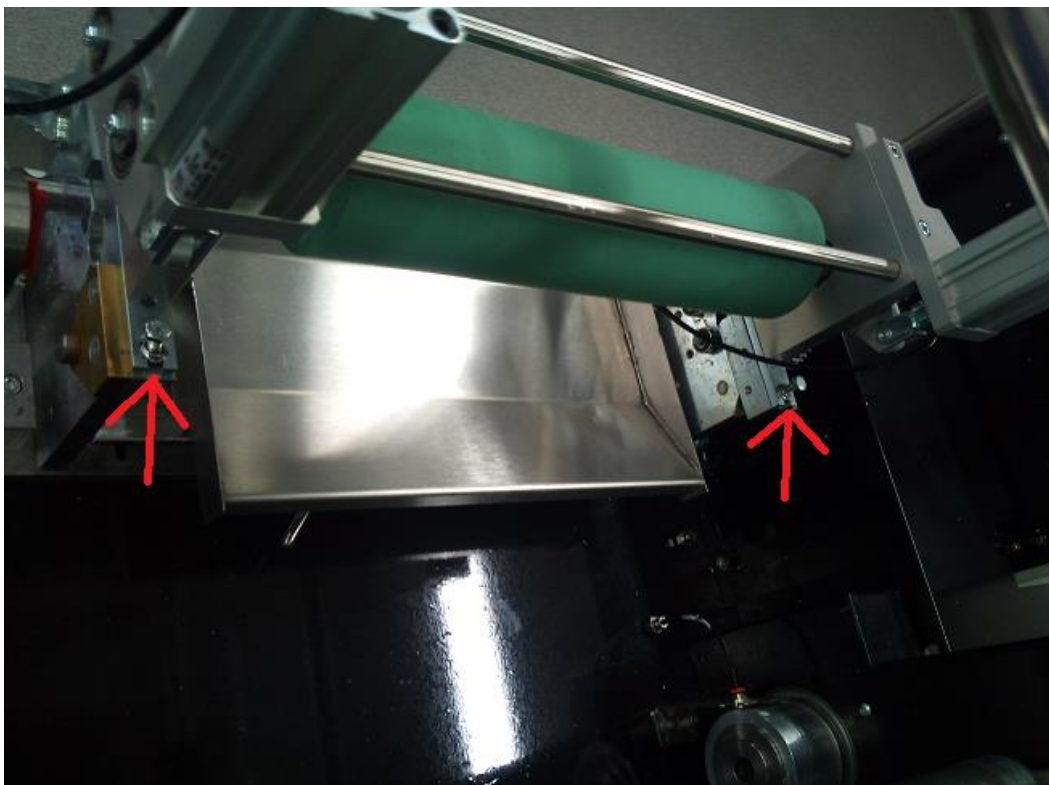
## LIITTEET

### Liite 1. Syväpainoyksikön asennus ROKO-pilotkoneelle

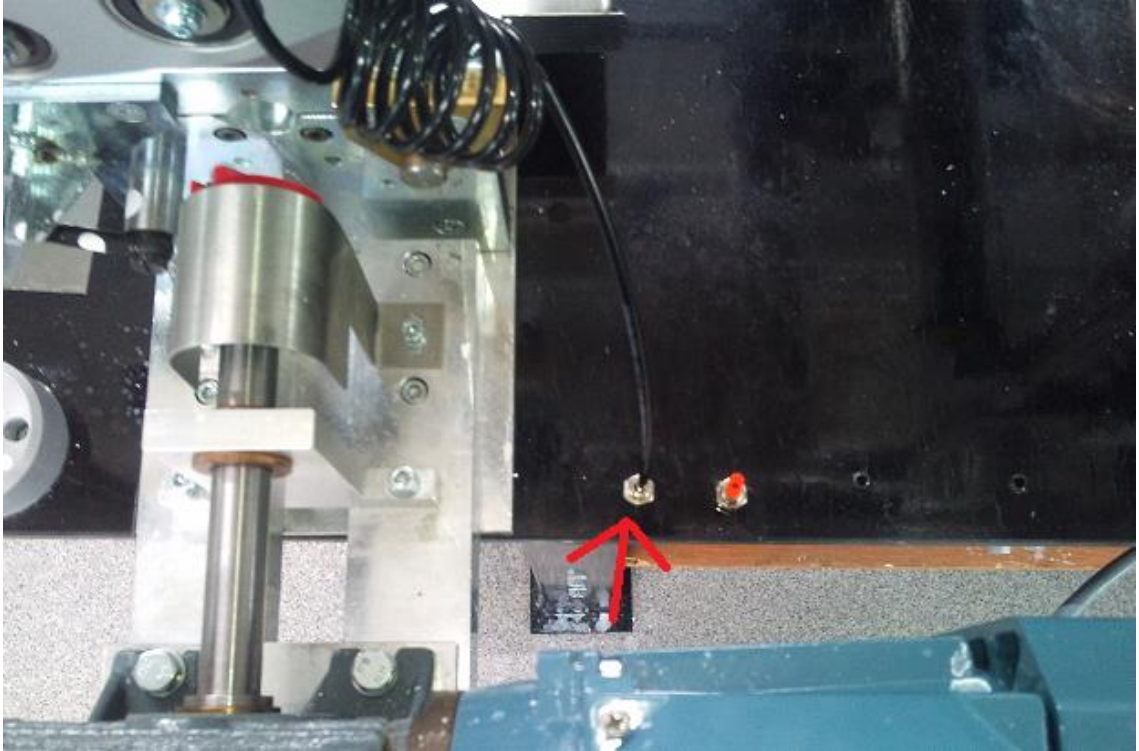
#### 1. Nosta syväpainoyksikkö paikoilleen ja kiinnitä ruuvit



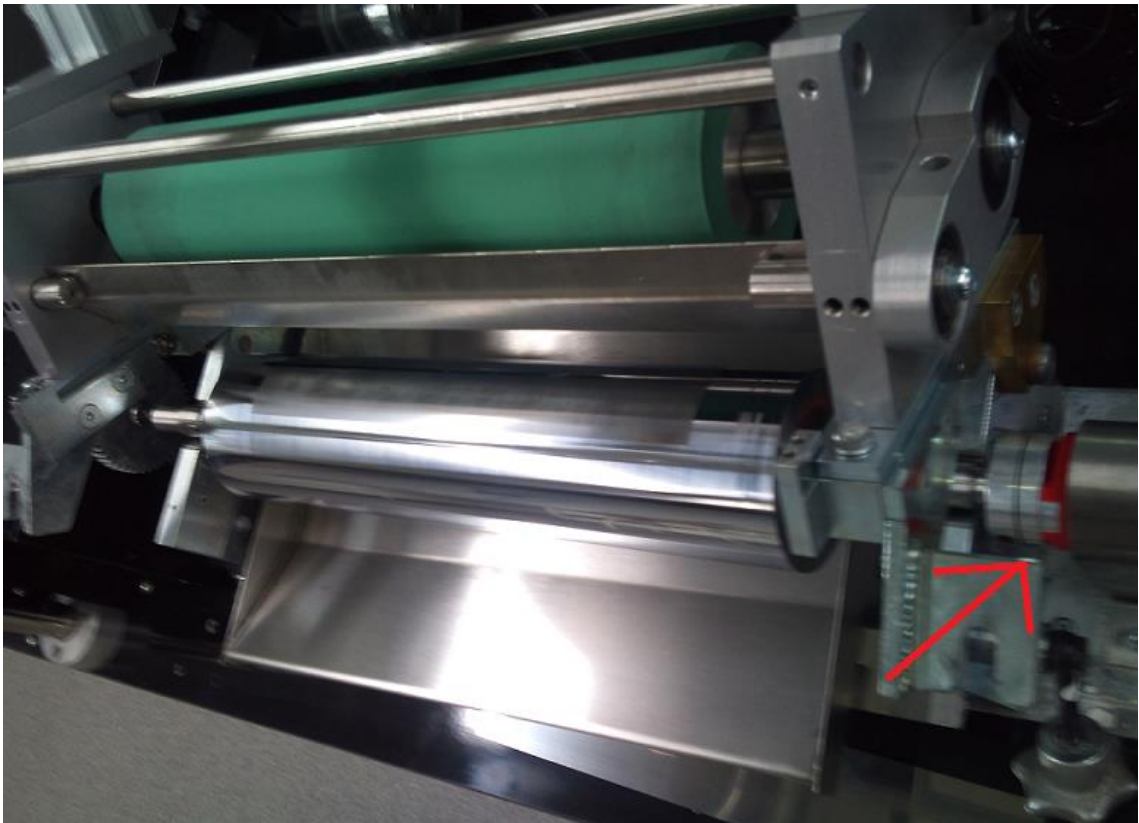
#### 2. Kiinnitä yksikkö kiinni ruuveilla toiseltakin puolelta



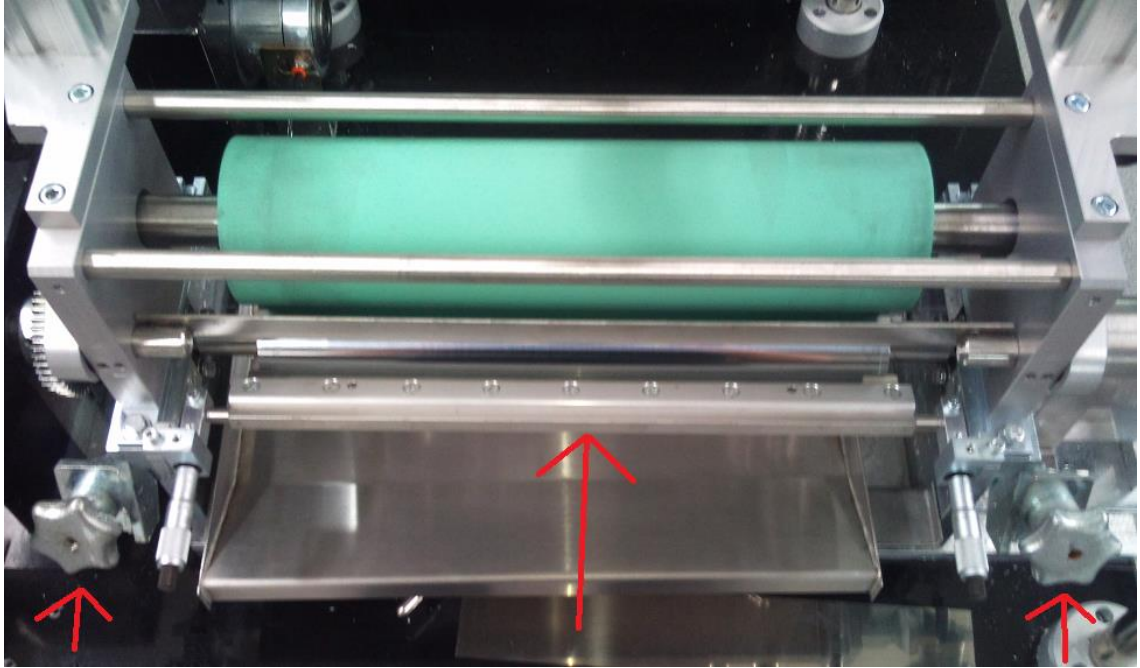
3. Kiinnitä yksikön paineilmaletkut pikaliittimiin



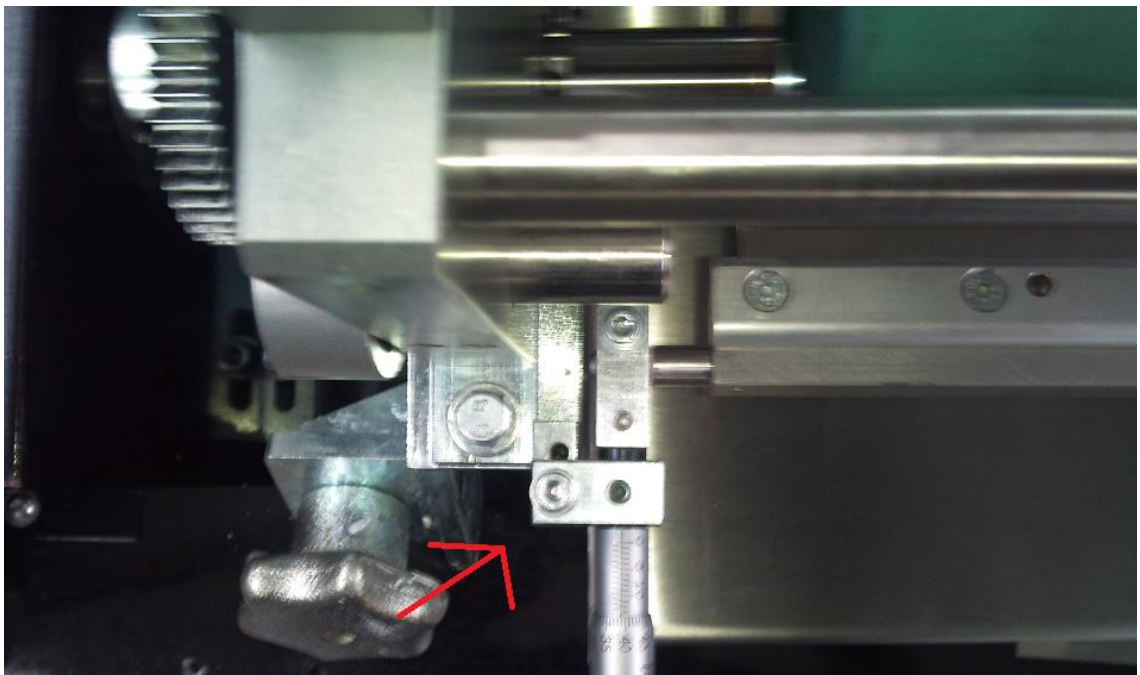
4. Nosta syväpainoyksikköä takaviistoon ja aseta painosylinteri paikoilleen. Kiinnitä painosylinteri moottoriin.



5. Kiristä painoyksikkö paikoilleen kahdella ruuvilla ja aseta raakeliterä paikoilleen.



6. Kiinnitä raakeli paikoilleen kuusiokulma-avaimella etummaiseen reikään ja avaa mikrometri ruuvi äärimmilleen säätövaran maksimoimiseksi.



7. Säädä varikaukalo sopivalle korkeudelle niin, että painosylinteri on kosketuksissa painoväriin. Kaukalon korkeutta voi säätää sen alapuolelta.

