



# **Täyteaineiden painatusominaisuudet**

Annemari Takkinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Paperi-, tekstiili- ja  
kemiantekniikan  
koulutusohjelma  
Paperitekniiikan  
suuntautuminen

## TIIVISTELMÄ

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

ANNEMARI TAKKINEN:  
Täyteaineiden painatusominaisuudet

Opinnäytetyö 76 sivua, joista liitteitä 18 sivua  
Toukokuu 2013

---

Opinnäytetyö oli Nordkalk Oy:n teettämä ja työn tavoitteena oli tarkastella uudentyyppisten täyteaineiden vaikutuksia painatusominaisuuksiin. Työssä tutkittiin neljää eri täyteainetta yhdellä täyttöasteella. Opinnäytetyö painottui offset-painomenetelmän painettavuusominaisuuksien tutkimiseen. Työn kokeellinen osa on luottamuksellista aineistoa.

## **ABSTRACT**

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

ANNEMARI TAKKINEN:  
Fillers Printing Properties

Bachelor's thesis 76 pages, appendices 18 pages  
May 2013

---

This thesis was commissioned from Nordkalk Oy. The aim of the thesis was to research how new fillers affect printing properties. In this thesis four different fillers with one degree of filling were studied. The thesis focuses on research the printing properties of offset printing method. The experimental section of this thesis is confidential information.

---

Key words: printing property, filler, offset, IGT

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OFFSET-PAINOMENETELMÄ.....	8
2.1	Painomenetelmän periaate.....	8
2.2	Offset-painoyksikkö.....	8
2.3	Vedetön offset.....	10
2.4	Painokonetyypit ja niiden vaatimukset paperille .....	10
2.4.1	Heatset-offsetrotaatit.....	10
2.4.2	Arkkioffsetkoneet .....	11
2.4.3	Coldset-offsetrotaatit.....	12
2.5	Offset-painomenetelmän edut ja haitat .....	13
3	PAINOVÄRIN VAIKUTUS PAINOJÄLKEEN.....	15
3.1	Offset-painovärit .....	15
3.2	Rasterointi.....	16
3.3	Painoväriin densiteetti ja läpipainatus .....	17
4	OFFSETIN TULEVAISUUS .....	19
4.1	Nanopainatuksen uudet tuulet.....	19
4.2	Vedettömän offsetin kasvu .....	19
4.3	Arkkioffsetin automatisointi.....	20
5	PAPERIN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS PAINOJÄLKEEN .....	21
5.1	Formaatio ja kuituorientaatio.....	21
5.2	Paksuus ja bulkki .....	21
5.3	Kosteus ja mittapysyvyys .....	22
5.4	Lujuusominaisuudet .....	22
5.5	Huokoisuus, ilmanläpäisevyys ja absorptiokyky .....	23
5.6	Optiset ominaisuudet.....	23
5.7	Sileys ja kiilto .....	24
5.8	Kalanteroinnin vaikutus paperin ominaisuuksiin.....	25
6	TÄYTEAINEET .....	26
6.1	Kalsiumkarbonaatit .....	26
6.2	Kaoliini.....	27
6.3	Täyteainelisyksen etuja ja haittoja .....	28
7	PAINATUSOMINAISUUKSIEN ENNAKOIMINEN LABORATORIOSSA.....	29
7.1	IGT AIC 2-5 .....	29
7.1.1	Koepainatus.....	30
7.2	Muita testausmenetelmiä .....	31

LÄHTEET .....	32
---------------	----

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella uudentyyppisten täyteaineiden painettavuuden eroja kaupalliseen tuotteeseen verrattuna. Työssä tutkittiin neljää eri täyteainetta yhdellä täyttöasteella. Arkkit valmistettiin paperilaboratoriossa ja kalanteroiduille arkeille tehtiin painatus IGT - koepainatuslaitteen avulla. Painetuista arkeista testattiin kiilto, densiteetti sekä läpipainatus. Eri painomenetelmät vaativat paperilta erilaisia ominaisuuksia ja painomenetelmä sekä täyteaineet taas valitaan loppukäyttökohteen vaatimusten mukaan.

Syväpainomenetelmässä kuparipintaisiin sylintereihin uurretaan painettava kuva kaiverrustimanttien avulla. Syväpaino soveltuu suuriin painosmääriin, sillä painosylinterin valmistaminen on kallista ja painaminen on kannattavaa silloin, kun painosmäärät ovat 80 000:sta miljoonaan. Fleksopainomenetelmässä käytetään joustavia painolevyjä- tai laattoja. Fleksopainatuksella ei kuitenkaan saavuteta yhtä hyvää painatuslaatua kuin offsetilla. Digipainomenetelmässä painettava kuva muodostetaan paperille suoraan digitaalisesta lähteestä. Digitaalista menetelmää on hyödyllistä käyttää esimerkiksi silloin, kun kyseessä on pienemmät painosmäärät tai painettavaa tuotetta tarvitsee personoida.

Offsetissa painettava kuvio siirretään alumiiniselta painolevyltä joustavalle kumipinnalle ja siitä paperille. Painolevyssä on painavia sekä ei-painavia pintoja ja painovärit ovat öljypohjaisia. Offset-painomenetelmän etuina ovat nopeus sekä se, että offset soveltuu käytettäväksi vielä silloinkin kun painosmäärät ovat yli 20 000 kappaletta. Opinnäytetyössä perehdytään painatusominaisuuksiin offset-painomenetelmän kannalta.

Täyteaineita käyttämällä pysytään vaikuttamaan paperin ominaisuuksiin. Vaaleutta ja opasiteettia saadaan parannettua sekä sileyttä ja kiiltoa saadaan kasvatettua. Täyteaineita käytettäessä läpipainatus on pienempää, mutta täyteaineet kuitenkin laskevat paperin lujuusominaisuuksia. Opinnäytetyössä tutkittiin kaoliinin sekä kalsiumkarbonaatin vaikutuksia painatusominaisuuksiin. Kaoliini soveltuu kaikenlaisilla papereille ja sitä löytyy eri partikkeli ko'oissa sekä eri vaaleusasteilla. Kalsiumkarbonaatit taas antavat paperille happamuuden kestoa sekä puskurivastusta, jolloin paperi ei happamoidu niin helposti, eikä menetä lujuuttaan tai vaaleuttaan. Karbonaateilla saavutetaan papereille

matta- ja silkkipinta ilman häiritsevää kiiltoa, mutta painettava kuva saadaan kuitenkin tarvittaessa kiiltäväksi.

## **2 OFFSET-PAINOMENETELMÄ**

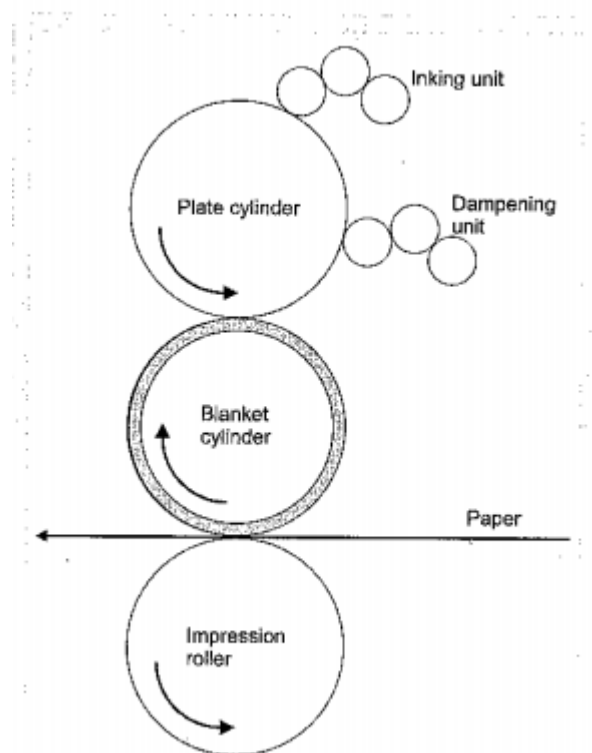
### **2.1 Painomenetelmän periaate**

Offset-painomenetelmässä painettava kuvio siirretään painolevyltä joustavalle kumipinnalle ja siitä paperille. Painolevy kastellaan kostutusvedellä, joka leviää painolevyn ei-painaville pinnoille. Painolevyn painava pinta on oleofiilinen eli öljyä vastaanottava pinta sekä hydrofobinen eli vettä hylkivä pinta. Ei-painava pinta on hydrofiilinen eli vettä vastaanottava pinta ja ei-painavien pintojen pintajännityksen tulee olla veden pintajännitystä korkeampi. Kostutusveden jälkeen painolevylle levitetään öljypohjainen painoväri, joka tarttuu painaville pinnoille. Sekä paperin että kumipinnan pintaenergian tulee olla korkeampi kuin painoväriin pintajännitys, jotta painoväri tarttuu pinnoille (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 91.)

### **2.2 Offset-painoyksikkö**

Painoyksikkö koostuu vesi- ja värilaitteesta, levy-, kumi- ja vasta- eli puristussylinteristä (KUVA 1.) (Karhuketo ym. 2004, 91.) Vesilaitte muodostuu vesikaukalosta sekä vesiteloista, ja värilaitte värikaukalosta sekä väriteloista. Vesi- ja väritelasto voivat olla yhteyksissä toisiinsa, jolloin kostutusvesi ja painoväri emulgoituvat eli sekoittuvat seokseksi ennen painolevylle siirtymistä. Offsetin värilaitteessa on yleensä yli kymmenen telaa, koska painovärit ovat korkeaviskoottisia. Värikaukalon etuseinämässä on duktoritela eli väritukki. Väritukki pyörii askeleittain ja askeleen pituudella sekä telan nopeudella pystytään vaikuttamaan siirtyvän värin kokonaismäärään. Väri siirtyy väritukilta väritelastoon yleensä hyppytelan avulla. Väritelasto siirtää värin painolevylle, varastoi väriä sekä tasoittaa värikerrosta jokaisen sylinterikierroksen jälkeen ja tarvittaessa notkistaa värin sopivaksi. Väritelat saattavat olla vesijäähdytteisiä, jotta värin lämpötila saadaan vakioitua (Karhuketo ym. 2004, 92.)





KUVA 1. Offsetin periaate (Hakola 2009, 55)

Offsetin painolevyt valmistetaan useimmiten alumiinista. Alumiinilevyn pinta karhennetaan elektrokemiallisesti, jotta painolevyn pinta saadaan pinnoitettua valoherkällä kalvolla (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2007, 51.) Karhennettu alumiinilevyn pinta vastaanottaa vettä hyvin eli se toimii vesipintana, ja valoherkällä polymeerilla päällystetyt osat toimivat väriä vastaanottavana pintana (Karhuketo ym. 2004, 94). Painolevyt valmistetaan useimmiten CTP eli Computer-To-Plate – tekniikalla. Painolevyt tulostetaan suoraan digitaalisesta tiedostosta laservalon avulla. CTP-tekniikalla valmistetuilla painolevyillä saadaan painatustuloksen kannalta erittäin hyvä kuvan kohdistus, roskaamattomuus, hyvä tuottavuus sekä pieni aloitusmakulatuurin eli huonolaatuisen painatustuloksen määrä (Viluksela ym. 2007, 52-53.)

Kostutusvesi pitää offset-prosessissa painolevyjen ei-painavat pinnat puhtaina painoväristä. Veden pintajännitys on tärkeässä osassa prosessin toiminnan kannalta ja pintajännitystä alennetaan tasolle, jossa painolevy kastuu hyvin ja veden sekoittuminen väriin pysyy hallinnassa. Pintajännityksen alentamiseen käytetään useimmiten isopropanolia (IPA) sekä tensidejä. Painovärin kuivumisen kannalta kostutusveden tulisi olla lievästi hapanta ja veden pH tulisi pitää koko painoprosessin ajan noin 5-6:ssa (Viluksela ym. 2007, 50.) Väri siirtyy ensin telalta toiselle ja kumisylinteri siirtää värin

edelleen paperille painonipissä. Värinsiirtoon vaikuttavat painokumien pintamateriaalien ominaisuudet, värin ominaisuudet, nipin puristupaine ja pituus sekä ajonopeus. Painonipissä paperi seuraa kumisylinteriä painovärin tahmeuden avulla, ja mitä suurempi nippipuristus on, sitä enemmän painoväri tunkeutuu paperiin (Karhuketo ym. 2004, 93.)

## **2.3 Vedetön offset**

Vedettömässä offsetissa eli kuivaoffsetissa kostutusvesi korvataan silikonimalla painolevyn ei-painava pinta. Silikonipinta hylkii painoväriä, sillä painovärin pintaenergia on suurempi kuin silikonoidun ei-painavan pinnan, mutta pienempi kuin painavan pinnan energia. Värinsiirto pystyy tällöin hallinnassa. Kuivaoffsetprosessin tärkeä muuttuja on painovärin lämpötila ja väritelasto tulee olla termостоitu lämpötilan vakioimiseksi. Vedettömän offsetin etuna on se, että vältetään kostutusveden aiheuttamilta ongelmilta. Pisteenkasvu on pienempää ja hallitumpaa sekä aloitusmakulatuurit ovat painoprosessin alussa vähäisempiä. Myöskään vedestä johtuvia laatuongelmia ei esiinny ja ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia saadaan vähennettyä, koska ei tarvitse käyttää lisäaineita kostutusveden pintaenergian muokkaamiseen. Painolevyt sekä -värit ovat kuitenkin kuivaoffsetissa kalliimpia ja painoprosessi on herkkä lämpötilan vaihtelulle (Viluksela ym. 2007, 51.)

## **2.4 Painokonetyypit ja niiden vaatimukset paperille**

### **2.4.1 Heatset-offsetrotaatiot**

Heatset-offsetissa painokuva painetaan rainalle. Painovärit kuivuvat haihduttamalla värien liuottimet kuivaajan avulla. Heatset-offsetkoneet ovat useimmiten nelivärisiä ja yksi- tai kaksirataisia. Heatset-offsettia käytetään erityisesti päällystettyjen paperilajien painamisessa, mutta se soveltuu myös muille papereille (Viluksela ym. 2007, 58.) Heatset-offsetilla painetaan usein mekaanista massaa sisältäviä paperilajeja, kuten SC (super calandered) - papereita, LWC (light weight coated) - papereita ja MWC (medium weight coated) - papereita (Viluksela ym. 2007, 61).

Heatset-offset-koneessa kumisylinteri saattaa olla ympärysmitaltaan kaksinkertainen levysylinteriin verrattuna. Paperiin kohdistuva rasitus on tällöin painonipin lopussa pienempi. Koneiden painoyksiköt ovat yleensä kumi-kumi- eli blanket-to-blanket-tyyppisiä. Painonippi on tällöin ylä- ja alayksikön kumisylinterien välissä eli vastasynterä ei tarvita (Karhuketo ym. 2004, 102.) Paperi viipyy kuivaajassa yhden sekunnin ajan ja kuivaajassa lämmenneet paperirata sekä painoväripinta jäädytetään jäädytysyylintereillä. Jäädytysyylinterit kovettavat kuivaajassa lämmenneen painovärikalvon kosketusta kestäväksi. Ennen taittolaitteelle menoa rata päällystetään kevyesti silikonivesi-seoksella. Silikonipäällystys vähentää painoväriin tahraamista, parantaa kiiltoa sekä kosteuttaa kuivaajassa kuivunutta paperia. Oikea kosteus parantaa paperin taittavuutta (Viluksela ym. 2007, 59.)

Paperilta vaaditaan hyviä sileysominaisuuksia sekä riittäviä lujuusominaisuuksia hyvän painatustuloksen saavuttamiseksi. Heatset-offsetissa erityisesti kaksoispäällystetyillä papereilla laatuongelmana vastaan tulee toisinaan kupliminen. Kuivaajassa paperin sisältämä kosteus höyrystyy sekä laajenee, mutta kosteus ei pääse haihtumaan tiiviin päällystekerroksen läpi. Päällystekerros irtaantuu runkopaperista höyrystyneen avulla ja paperin pintaan muodostuu kuplia (Karhuketo ym. 2004, 106.) Paperilta vaaditaan tällöin hyvää sisäistä sidosvahvuutta, sillä mikäli kuitujen sidokset ovat riittävän vahvoja, niin kuplimiseen vaadittava lämpötila nousee (Heiskanen 2010).

#### **2.4.2 Arkkioffsetkoneet**

Arkkioffsetissa koneiden arkkikoot vaihtelevat aina A4-offsetmonistuskoneista erikoissuuriin B0-koneisiin (Karhuketo ym. 2004, 96-97). Arkkit alustetaan pinosta koneeseen imukuppien sekä puhallusilman avulla. Arkin oikea kohdistus tarkistetaan arkin etureunan sekä sivustimen kohdalta alustuspöydän jälkeisellä hihnaosuudella, josta arkki siirretään ensimmäiselle painoyksikölle. Arkkioffsetissa pystytään painamaan kerralla vain toiselle puolelle, lukuun ottamatta perfektorikoneita, joissa painaminen tapahtuu arkin molemmille puolille samaan aikaan. Arkkioffsetkoneissa voi olla jopa kymmenen painoyksikköä, millä saadaan mahdollistettua viiden värin painaminen paperin molemmille puolille. Koneet ovat yleensä kuitenkin 1-, 2- tai 4-värikoneita. Viimeisen painoyksikön jälkeen arkki siirtyy IR (infrapuna) - tai UV (ultraviolettisäteily) - kuivaajan kautta luovutuspiinon.

Painettujen arkkien päälle puhalletaan usein tärkkelyspohjaista pulveria, jotta saadaan estettyä määrän painoväriin tarttuminen pinossa seuraavan arkin toiselle puolelle ja edistettyä painoväriin kuivumista. Painovärit kuivuvat yleensä hapettumalla ja kuivumisaika vaihtelee muutamasta tunnista vuorokauteen (Viluksela ym. 2007, 53-55.) Arkkioffsetkoneet vaativat lujapintaisia ja ryhdikkäitä materiaaleja, jotta arkit kulkevat koneen läpi häiriöttä (Viluksela ym. 2007, 61). Tärkeää on myös paperin mittapysyvyys erityisesti silloin, kun painetaan yksivärikoneilla moniväritöitä. Paperi ei saa muuttaa liikaa mittapysyvyyttään esimerkiksi toistuvan kostutusveden vaikutuksesta (Viluksela ym. 2007, 63.)

### **2.4.3 Coldset-offsetrotaatiot**

Coldset-offsetissa painatus tapahtuu rainalle. Painoväriä ei kuivata, vaan se asettuu absorboitumalla paperiin. (Karhuketo ym. 2004, 99.) Coldset-offsetissa käytetään useimmiten vain päällystämättömiä tai kevyesti päällystettyjä paperilajeja (Viluksela ym. 2007, 61.) Coldset-offsetkoneet ovat painoyksikkörakenteeltaan yleensä joko sylinteri- eli satelliittiyksiköitä, H-yksiköitä tai neliväritorneja. Painokoneet ovat usein monirataisia ja radat yhdistetään taittolaitteella. Taittolaitteita voi olla useita, jolloin painokoneella voidaan painaa samaan aikaan kahta eri tuotetta. Sopiva painoyksikkörakenne valitaan tuotanto- ja laatuvaatimusten sekä tuoterakenteen mukaan (Viluksela ym. 2007, 58.)

Coldset-menetelmä vaatii paperilta hyvää pintalujuutta sekä kuivana että märkänä märeille painettaessa. Painopaperilta vaaditaan lisäksi tasaista painoväriin asettumista, koska väriä ei erikseen kuivateta. Painoväriin nopea asettuminen on tärkeää myös siksi, että vältetään painokoneen telojen sekä painetun tuotteen muiden sivujen tahriintuminen. Paperilta vaaditaan riittävät lujuusominaisuudet, koska coldset-offsettia käytetään muun muassa sanomalehtipaperin painatukseen ja painatusaikataulu ei salli useita paperista johtuvia katkoksia (VTT, Tuotteet ja ominaisuudet 2005.)

Päällystämättömillä paperilajeilla ei saa esiintyä liiallista pölyämistä, jotta painokonetta ei tarvitse erikseen pysäyttää puhdistamista varten. Painettava kuva vaatii paperilta mittapysyvyyttä, jotta painokuva saadaan kohdistettua oikein. Paperin formaatio sekä pinnan sileys ovat tärkeitä muuttujia siksi, että painojäljestä saadaan tasainen, ja kompaktit eli täyspeitteiset pinnat toistuvat luonnollisina ja rasterikuvat pysyvät

tasaisina. Pisteenkasvun sekä värien kontrastin tulee pysyä hallinnassa ja paperilla tulee olla sopivat painovärien absorptio-ominaisuudet, jotta haluttu tummuustaso saavutetaan (VTT, Tuotteet ja ominaisuudet 2005.) Paperi ei kuitenkaan saa olla liian sileää eikä liian tiivistä, että se ei aiheuta rub-offia eli tahraamista (Viluksela ym. 2007, 61). Coldset-offset ei kuitenkaan vaadi yhtä korkeita pintalujuusvaatimuksia kuin arkki- ja heatset-offset-painomenetelmät (Viluksela ym. 2007, 62.)

## **2.5 Offset-painomenetelmän edut ja haitat**

Syväpainossa painopinnan painava osa on sylinterissä alempana. Painoväri siirtyy syvennyksistä painettavaan materiaaliin. Kuparipintaisiin sylintereihin uurretaan kaiverrustimantilla painettava kuva joka painotyötä varten uudelleen. Syväpainosylinterin pinta usein vielä kromataan painokestävyyden parantamiseksi. Syväpaino soveltuu vain suuriin painosmääriin johtuen painosylinterin valmistuskustannuksista ja painaminen on kannattavaa, mikäli painosmäärät ovat 80 000:sta miljoonaan. Syväpainoa käytetään yleensä aikakauslehtien ja pakkausten painamiseen (Graafinen 2012.)

Fleksopaino on painomenetelmä, jossa käytetään joustavia painolevyjä- tai laattoja. Fleksopaino on kohopainomenetelmä, jolla pystytään painamaan hyvin erilaisille materiaaleille. Fleksopainoa käytetään pääasiassa pakkausten sekä tarrojen ja etikettien painamiseen. Fleksopainamisella ei kuitenkaan ylletä yhtä hyvään painolaatuun kuin offsetissa, mutta esimerkiksi etikettejä painettaessa fleksopainatuksessa on enemmän painomahdollisuuksia (Printlanti 2013.) Digitaalisella painomenetelmällä painettava kuva muodostetaan paperille suoraan digitaalisesta lähteestä. Digitaalista menetelmää on hyödyllistä käyttää esimerkiksi silloin, kun kyseessä ovat pienemmät painosmäärät tai painettavaa tuotetta tarvitsee personoida esimerkiksi muuttamalla päivämääriä tai nimiä (Graafinen 2012.)

Offset-painomenetelmän etuja ovat nopeus ja se soveltuu käytettäväksi vielä silloinkin kun painosmäärät ovat yli 20 000 kappaletta. Coldset-offset on edullisin painomenetelmä ja heatset-offsetilla saadaan muodostettua laadukas painotulos edullisesti. Offsetin painolevyt ovat halvempia valmistaa kuin esimerkiksi syväpainossa käytettävät sylinterit. Offsetin painolevyt kuitenkin ovat kertakäyttöisiä, vaikka

alumiinista valmistettavat levyt saadaan tänä päivänä kierrätettyä hyvin. Painolevyssä ei pystytä levyn muodostamisen jälkeen enää muuttamaan painettavaa kuvaa kuten esimerkiksi digipainossa pystytään. Digitaalisen painoprosessin etu offsettiin verrattuna on myös se, että painoprosessissa käytetään vähemmän kemikaaleja ja paperinkulutus on huomattavasti vähäisempää työn aloitusvaiheessa.

### 3 PAINOVÄRIN VAIKUTUS PAINOJÄLKEEN

#### 3.1 Offset-painovärit

Offsetissa haasteita painamiseen aiheuttavat painovärit sekä kostutusveden käyttö (Karhuketo ym. 2004, 105). Painomenetelmässä käytetään vain öljypohjaisia painovärejä ja öljypohjaiset värit rajoittavat muun muassa kuivumista (Karhuketo ym. 2004, 106.) Värin kuivuminen jaetaan asettumisvaiheeseen sekä kuivumisvaiheeseen. Asettumisvaiheessa osa värin öljyistä imeytyy paperiin ja painoväristä tulee tahmeampaa. Painoväri on kuivunut, kun se ei irtoa painoalustasta edes hankaamalla (Karhuketo ym. 2004, 93.) Liian kuiva tai viallinen painoväri aiheuttaa painojälkeen kirppuja (Karhuketo ym. 2004, 105). Kirpulla tarkoitetaan painolevyllä tai kumisylinterille tarttuneen roskan aiheuttamaa häiriötä painojäljessä (Viluksela ym. 2007, 188-189).

Painovärin tahmeus kertoo ohuen värikerroksen halkeamisvastuksen. Tahmeus riippuu painovärin viskositeetista eli nesteen sisäisestä kitkasta, mutta siihen vaikuttavat todennäköisesti myös muun muassa värin visko-elastisuus sekä pintakemiallinen käyttäytyminen. Tahmeudella on suuri merkitys painovärin tarttumisessa erityisesti niin sanotusti märkää märeille painettaessa. Mikäli värin tahmeus on porrastettu väärin, vähentää seuraavaksi painettu väri edellä painettua väriä, jos ensin painetun värin tahmeus on alhaisempi (Lehto 2009.) Taulukossa 1 on esitetty eri painomenetelmissä käytettävien värien viskositeettitasot.

TAULUKKO 1. Painovärien viskositeettitasot (Oittinen & Saarelma 1987, 142)

Menetelmä	Viskositeettitaso, Pa · s
Syvä- ja fleksopaino	10 - 50 x 10 <sup>-3</sup>
Kohopaino	0,5 - 2
Cold-set offset	1 - 10
Heat-set offset	5 - 20
Arkkioffset	10 - 40

Offset-painomenetelmässä rasteripisteen leviämiseen pystytään vaikuttamaan tahmeutta muuttamalla. Mitä tahmeampaa väri on, sitä tarkemmin se asettuu. Painovärin tahmeus on säädettävä sopivaksi paperin pintalujuuteen nähden, jotta välttyttäisiin irronnen

paperiaineksen aiheuttamilta ongelmilta. Myös painoväriin lämpötila vaikuttaa tahmeuteen, sillä korkeampi lämpötila alentaa tahmeutta (Lehto 2009.)

Kostutusveden päätehtävänä on pitää ei-painavat pinnat puhtaina painoväristä. Osa kostutusvedestä kuitenkin sekoittuu painoväriin ja mikäli vedenantoa lisätään liikaa, niin painojälkeen tulee vesimarkkeerausta eli vaaleampia värialueita. Mikäli vettä ei ole emulgoitunut riittävästi painoväriin, niin painoväri tarttuu myös ei-painaville pinnoille. Tällöin painoväri sävyttyy eli painopinnalle muodostuu toonausta (Karhuketo ym. 2004, 94.) Moniväritöissä painovärit painetaan osittain tai kokonaan aiemmin painettujen värien päälle. Ensin painetun väriin tahmeuden tulee olla korkeampi kuin seuraavien värien, sillä aiemmin painettu painoväri saattaa irrota paperilta eikä jälkeinpäin painettu väri enää siirry paperille (Karhuketo ym. 2004, 93.) Tällöin ei saavuteta haluttua painatustulosta.

Offset-painomenetelmässä kostutusveden ja painoväriin vuorovaikutus on tärkeässä asemassa, sillä sekoittuessaan ne muodostavat emulsion. Emulsion vesipitoisuus vaikuttaa muun muassa painoväriin stabiliteettiin sekä painatuksen kiiltoon. Painatusprosessissa on tärkeää saavuttaa nopea tasapaino sekä säilyttää se stabiilina painatuksen ajan. Painoväriin veden määrä on noin 10 – 20 %:a. Emulgoituvan veden määrä riippuu muun muassa pigmentin hydrofobisuudesta ja viskositeetista (Lehto 2009.)

### **3.2 Rasterointi**

Offsetissa painokuvat muodostetaan rasteripisteiden avulla. Rasterointi voidaan suorittaa perinteisellä menetelmällä eli amplitudimoduloidulla-rasteroinnilla, jossa värin eri sävyt muodostetaan pisteiden kokoa muuttamalla. Toinen mahdollisuus on muodostaa rasteripisteet stokastisella eli taajuusmoduloidulla rasteroinnilla, jossa kaikki pisteet ovat samankokoisia, mutta tummissa sävyissä pisteiden etäisyys on pienempi kuin vaaleissa sävyissä. Pisteiden etäisyyttä toisistaan kuvataan linjatiheydellä. Mitä suurempi rasteripisteiden määrä on pinta-alaa kohden, sitä parempaan painatustulokseen päästään. Painomenetelmät eivät kuitenkaan aina välttämättä anna mahdollisuutta käyttää suuria linjatiheyksiä. Karheita ja huokoisia papereita käytettäessä tummissa ja keskisävyisissä väreissä rasteripisteiden yhteenkasvuriski suurenee linjatiheyden



kasvaessa (Viluksela ym. 2007, 20-22.) Kuvassa 2 on esitetty eri paperilajeille soveltuvat rasterien linjatiheydet.

LPI	85	100	120	133	150	170	200			
LPCM	34	40	48	54	60	68	80		lpi	lpcr
News								News	85	34
MFS								MFS	100	40
SC								SC	120	48
MFC								MFC	120	48
LWC matt								LWC matt	133	54
LWC gloss								LWC gloss	150	60
MWC matt								MWC matt/silk	150	60
MWC gloss								MWC gloss	175	70
WFC matt								WFC matt	133	54
WFC gloss								WFC gloss	150	60
WFC matt								WFC matt/silk	150	60
WFC gloss								WFC gloss	175	70

KUVA 2. Eri paperilajeille soveltuvat linjatiheydet (UPM 2004)

Painoprosessissa painovärin leviäminen paperin pinnan suunnassa aiheuttaa lähes aina rasteripisteen kasvua. Rasteripiste siis leviää paperin pinnassa alkuperäistä, suunniteltua pistettä suuremmaksi. Rasteripisteiden on todettu kasvavan eniten keskiävyissä ja pisteenkasvu on sitä suurempaa, mitä karheampaa ja huokoisempaa paperia käytetään. Pisteenkasvuun vaikuttavat kuitenkin myös painokoneen kunto ja asetukset sekä painovärit (Viluksela ym. 2007, 23.)

### 3.3 Painovärin densiteetti ja läpipainatus

Painovärin densiteetti viittaa painovärin kerroksen paksuuteen. Tietyn pisteen jälkeen densiteetti ei enää kasva, vaikka väriä laittaisi lisää. Painoprosessissa pyritään etsimään tämä piste, koska prosessin muut parametrit, kuten yksityiskohtien toisto, alkaa laskea, kun väriä on lisätty yli tietyn rajan (Puukko & Niemi. 2009, 324). Paperin karheus on yhteydessä värin tarpeen kanssa erityisesti päällystetyillä paperilajeilla. Papereilla, joilla on korkeampi huokoisuus, kuten päällystämättömät puuvapaat paperit, SC ja matala neliöpainoiset LWC-paperit, dominoi huokoisuus värin tarvetta. Värin tarpeella ja pisteenkasvulla on suora yhteys toisiinsa, mutta myös painovärillä on suuri vaikutus (Marttila 2007, 13.) Kuvassa 3 on esitetty eri paperilajien tavoitedensiteetit.

Huokoisilla, päällystämättömillä papereilla painoväri saattaa tunkeutua paperin läpi toiselle puolelle. Ilmiö on nimeltään läpipainatus. Läpipainatukseen vaikuttaa painoprosessissa myös nippipuristus, sillä mitä suurempi puristus on, niin sitä enemmän painoväri pyrkii tunkeutumaan paperiin (Karhuketo ym. 2004, 93.)

TAIDEPAINO-, PÄÄLLYSTETYT- JA MUUT KIILTÄVÄT- PAPERIT	CYAN	1,55	± 0,10
	MAGENTA	1,50	± 0,10
	YELLOW	1,45	± 0,05
	MUSTA	1,85	± 0,15
MATTAPÄÄLLYSTETYT- PAPERIT	CYAN	1,45	± 0,10
	MAGENTA	1,40	± 0,10
	YELLOW	1,25	± 0,05
	MUSTA	1,75	± 0,15
PÄÄLLYSTÄMÄTTÖMÄT- JA UUSIOPAPERIT	CYAN	1,00	± 0,10
	MAGENTA	0,95	± 0,10
	YELLOW	0,95	± 0,05
	MUSTA	1,25	± 0,15

KUVA 3. Paperilajien tavoitedensiteetit ja toleranssit (KTA 2006)

## **4 OFFSETIN TULEVAISUUS**

### **4.1 Nanopainatuksen uudet tuulet**

Nanograafinen painoteknologia tekee tuloaan painomarkkinoille. Nanopainatuksen etuna on nopeus sekä se, että nanolla pysytään painamaan kaikille painoalustoille. Nanopainoteknologia toimii digitaalisena painokoneena ja sillä on kannattavaa painaa myös hyvin pieniä painosmääriä sekä personoituja lopputuotteita. Nanopainatuksella päästään alhaisempiin kustannuksiin painopaperia kohden, sillä painatuksessa käytetään vähemmän väriä, jota siis tarvitaan vain hyvin ohut kerros (Puoskari 2012.) Nanopainatuksessa tarvitaan vain puolet perinteisestä offset-painoväriin paksuudesta. Väreille pystytään tarjoamaan myös korkeampaa densiteettiä, sillä väri ei tunkeudu painoalustaan samalla tavalla kuin nykyisissä painomenetelmissä (Antikainen, Kuusisto & Viljakainen 2009.) Nanopainatuksen uskotaankin vaikuttavan erityisesti arkkioffsetin painosmääriin.

### **4.2 Vedettömän offsetin kasvu**

Vedetön offset eli kuivaoffset on yleistynyt Euroopassa 2000-luvun alkupuolelta. Vuonna 2011 18 painotaloa ympäri Eurooppaa käyttää vedetöntä offsettia sanomalehtien, aikakauslehtien sekä mainospainotuotteiden painamiseen. Vuonna 2010 vedetöntä offsettia käyttävä KBA:n neljän tornin Cortina käynnistettiin Botnia Printissä Kokkolassa ja vuonna 2011 kaksi uutta vedetöntä painokonetta käynnistyy Dubaissa ja Sundsvallissa. Vedetöntä painoprosessia on kuvattu ympäristöystävälliseksi, joustavaksi sekä helpoksi hallita.

Vedettömän menetelmän painolevyt ovat kuitenkin kehityksessä jäljessä verrattaessa perinteisiin offset-painolevyihin. Vedetön offset on kuitenkin luotu lyhyille ajoille joustavan työnvaihdon vuoksi ja painoteollisuudessa pyritäänkin tulevaisuudessa yhä lyhyempiin tuotantoajoihin. WPA, Waterless Printing Associationin tekemän tutkimuksen mukaan vedettömässä painoprosessissa paperijätettä syntyy lähes 10 % vähemmän kuin perinteisessä offsetissa. Tuotannossa ei myöskään käytetä lainkaan vettä eikä kemikaaleja, joten veden kulutus sekä jätevedenmäärä ja VOC – päästöt ovat

pienemmät kuin perinteisessä offsetissa. Kuivaoffsetin haasteena on kuitenkin ollut materiaalitoimittajien puute ja materiaalien korkeat hinnat (Vehmas 2011.)

#### **4.3 Arkkioffsetin automatisointi**

Arkkioffsetin kuntoonlaittoajat tulevat tulevaisuudessa lyhenemään ja värinsyöttö automatisoitumaan. Drupan painoalan tapahtumassa kesällä 2008 esiteltiin pitkiä konelinjoja, joilla arkki saadaan painettua ja jälkikäsiteltyä yhdellä ajolla. Kustannukset arkkia kohden pienenevät ja uusien painokoneiden energiankulutus on pienempää kuin vanhoilla koneilla. Uusien koneiden kuntoonlaittoajat olivat vain muutamia minuutteja ja painoalan tapahtumassa painokoneilla ehdittiin painaa viisitoista 500 arkin työtä tunnissa.

Painolaadun suljettu säätö on yleistymässä arkkioffsetissa ja asiakkaalle pystytään esittämään painatuksen jälkeen raportti painotuloksen laadusta. Suljetulla värin säädöllä päästään myös alhaisempaan paperihukan määrään. Painomenetelmä kehittyy ympäristöystävällisempään ja taloudellisempaan suuntaan. Digipainaminen saatetaan kuitenkin saada tulevaisuudessa vastaamaan offsetin painolaatua. Offsetin painoväreissä ja elektrofotografian toonereissa käytetään erilaisia pigmenttejä, eikä digipainossa osavärien päällekkäispainatus ole yhtä suurta kuin offsetissa. Elektrofotografian toistama, offsetia suurempi väriavaruus kuitenkin kasvattaa digipainamisen hyötyjä offset-painamiseen verrattuna (Antikainen ym. 2009, 41-47.)

## **5 PAPERIN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS PAINOJÄLKEEN**

### **5.1 Formaatio ja kuituorientaatio**

Paperin perusominaisuuksilla on suuri vaikutus painatustuloksen laatuun. Formaatio eli paperin pienimittakaavainen neliömassavaihtelu vaikuttaa muun muassa vetolujuuteen, paperin huokoisuuteen, optisiin ominaisuuksiin, sileyteen sekä öljyn absorptioon (VTT, Tuotantoprosessit 2009). Formaation huonontuessa paperin vetolujuuden lisäksi murtovenymä sekä puhkaisulujuus heikkenevät, kun taas repäisylujuuteen se ei vaikuta merkittävästi (VTT, Tuotteet ja ominaisuudet 2013).

Kuituorientaatiolla tarkoitetaan paperin tason suuntaisten kuitujen satunnaisjakauman epäsymmetrisyyttä (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 273). Paperikoneella valmistetussa paperissa kuidut orientoituvat enemmän konesuuntaan kuin poikkisuuntaan. (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 95.) Kuituorientaatio vaikuttaa muun muassa lujuusominaisuuksiin, jotka ovat tärkeitä paperin ajettavuuden kannalta. Kuituorientaatiokulma kertoo kuitujen poikkeavuuden konesuunnasta (VTT, Tuotteet ja ominaisuudet 2013.) Kuituorientaatiokulma tulee huomioida esimerkiksi paperirullalle painettaessa, sillä painettavaan kuvaan saattaa tulla kohdistusvirhe, mikäli kahden peräkkäisen rullan vinoudet poikkeavat toisistaan ja parametreja ei säädetä rullien vaihdon välillä.

### **5.2 Paksuus ja bulkki**

Paperin liiallinen paksuus saattaa aiheuttaa ongelmia paperin alistusvaiheessa ja paperi saattaa kulkea huonosti painoprosessin läpi. Huonosta paksuusprofiilista saattaa aiheutua paperirullaan pussimaisuutta ja repeämiä sekä taitoksia. Paksuus vaikuttaa kuitenkin positiivisesti esimerkiksi paperin opasiteettiin eli läpinäkyvyyteen, jota vaaditaan monissa painotöissä. Paperin bulkkisuus eli niin sanottu paperin suuri ominaistilavuus parantaa opasiteettia, aiheuttaa suurta jäykkyyttä ja kokoonpuristavuutta sekä parantaa repäisylujuutta. Painopapereilta vaaditaan kuitenkin usein esimerkiksi sileyttä sekä vetolujuutta. Sileyttä ja vetolujuutta tavoiteltaessa bulkki

useimmiten huononee, koska esimerkiksi sileyden parantamiseksi paperia pitää kalanteroida (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 82.)

### **5.3 Kosteus ja mittapysyvyys**

Paperin mittapysyvyys on tärkeää, sillä painoyksikössä vettä siirtyy paperille sekä painolevyn ei-painavilta pinnoilta että painovärin kautta. Kuidut turpoavat veden vaikutuksesta ja aiheuttavat paperiin mittamuutosta. Mittamuutos on merkittävää erityisesti päällystämättömillä, liimaamattomilla papereilla. Paperin mittamuutos aiheuttaa painatusprosessissa värin kohdistusongelmia (Karhuketo ym. 2004, 105.) Offsetissa kostutusvesi lisää paperin kosteutta ja paperi pyrkii laajentumaan erityisesti poikkisuunnassa (Viluksela ym. 2007, 127). Poikkisuuntainen laajentuminen johtuu siitä, että kuitujen risteyskohdissa konesuuntaisten kuitujen poikkisuuntainen mittamuutos välittyy kuituihin ja orientoidussa arkissa mittamuutos näkyy selvemmin poikkisuunnassa (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 80).

Paperit ja kartongit tulisi pitää kosteustasapainossa jalostuslaitosten tai loppukäytön ilmasto-olosuhteiden kanssa. Kosteuden muuttuessa kuidut muuttavat paperissa mittojaan erityisesti paksuus-suunnassa. Paperiarkki käyristyy tai kupruilee kuitujen muuttaessa mittojaan kosteuden vaikutuksesta. Sileillä sekä kiiltävillä papereilla pintaominaisuudet huononevat mittamuutosten takia, koska kuidut pyrkivät muuttamaan muotoaan nauhamaisesta muodosta takaisin putkimaiseksi (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 80.)

### **5.4 Lujuusominaisuudet**

Paperilta vaaditaan pintalujuutta hyvän painatustuloksen saavuttamiseksi. Paperin pintalujuuden ollessa liian alhainen saattavat tahmeat painovärit aiheuttaa kuitujen, kuitukimppujen tai päällystepartikkelien irtoamista värin mukana painonipissä. Paperista irtoavat partikkelit kertyvät kumisylinterille ja saattavat näkyä painojäljessä vaaleampina alueina. Painoväri- ja paperipölykertymät saattavat vahingoittaa kumikangasta ja paperista irronneet partikkelit voivat näkyä painojäljessä kirppuina eli pieninä tai isoina pisteinä (Karhuketo ym. 2004, 105.)

Lujuusominaisuudet ovat tärkeitä myös ajettavuuden kannalta. Liian alhainen vetolujuus saattaa aiheuttaa ratakatkoja painotuotteen eri valmistusvaiheessa. Paperin repäisylujuus on tärkeää esimerkiksi, kun lopputuotteena ovat lasten kirjat (Viluksela ym. 2007, 125.) Paperilta vaaditaan myös riittävää märkälujuuutta, koska offsetissa paperi kastuu kostutusvedestä useampaan kertaan painoprosessin aikana. Arkkioffsetissa paperilta vaaditaan riittävää jäykkyyttä, jotta arkit kulkevat koneen läpi häiriöttä.

## **5.5 Huokoisuus, ilmanläpäisevyys ja absorptiokyky**

Mikäli paperi on liian huokoista, niin painoväri tunkeutuu paperin läpi toiselle puolelle. (Karhuketo ym. 2004, 93). Paperissa tulee kuitenkin olla riittävän hyvä absorptiokyky, koska esimerkiksi coldset-offsetissa painoväri asettuu ja kuivuu imeytymällä paperiin. Paperi ei saa tällöin kuitenkaan olla liian tiivis (Viluksela ym. 2007, 127.) Ilmanläpäisevyyden avulla pysytään ennustamaan nesteiden tunkeutumista paperiin. Päälystämättömillä paperilajeilla painoväri tunkeutuu paperin sisään ja läpi, joka korreloi ilmanläpäisevyyden kanssa. Ilmanläpäisyn alentaminen usein parantaa painettavuusominaisuuksia (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 89.) Paperin öljyn absorptiolla pystytään ennustamaan paperin painettavuustuloksen laatua. Paperiin siirtyvän öljyn määrä kuvaa myös paperin pinnan tasaisuutta ja osittain huokoista rakennetta (Aaltonen 1986, 66.) Paperin suuri öljynabsorptio kuvaa suurta värintarvetta painatuksessa (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 85).

## **5.6 Optiset ominaisuudet**

Optiset ominaisuudet kertovat paperin ulkonäöstä. Kun paperiin ohjataan valosäde, niin osa valosta heijastuu paperin pinnasta takaisin ja osa taittuu sekä absorboituu paperin sisään. Valonsironta johtuu siis valonsäteen suunnan muutoksesta paperin sisällä eri aineiden rajapinnoissa. Jos paperi sisältää hyvin pieniä partikkeleita, niin taittumista ei rajapinnoissa tapahdu ja valonsironta pienenee. Paperi määritellään vaaleaksi, jos se pystyy heijastamaan takaisin suuren osan siihen osoitetusta valosta (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 100-101.) Paperin vaaleuteen ja edelleen painatustuloksen laatuun pysytään

vaikuttamaan massan valinnalla ja täyteaineiden tai apuaineiden, esimerkiksi optisten kirkasteiden avulla.

Opasiteetti kertoo paperin läpinäkyvyyden. Sen voidaan ajatella kuvaavan mustan painatuksen näkymistä valkoisen arkin läpi. Paksuilla papereilla on siis luonnollisesti parempi opasiteetti kuin ohuilla papereilla. Erityisesti painopapereilla vaatimuksena on hyvä vaaleus sekä hyvä opasiteetti. Valonsirontakertoimen kasvattaminen parantaa molempia ominaisuuksia, kun taas esimerkiksi massan valkaisu kasvattaa vaaleutta, mutta huonontaa opasiteettia (Häggbloom-Ahnger ym. 2005, 102-103.)

## **5.7 Sileys ja kiilto**

Sileydellä on suuri vaikutus muun muassa paperin jalostusvaiheessa. Mitä sileämpi paperiraina on, sitä helpommin sitä saadaan uudelleenrullattua, päällystettyä, leikattua, arkitettua ja muun muassa painettua. Sileys on formaation, kutistumisen sekä kalanteroinnin funktio. Paperin paksuja kohtia on kalanteroitava enemmän, jolloin sileysaste on korkeampi. Sileyteen vaikuttavat rainan lämpötila- ja kosteusvaihtelut, sillä niillä on vaikutusta myös kalanteroitumistulokseen (VTT, Tuotannon hallinta ja automaatio 2013.)

Paperille ei tavoitella useinkaan kiiltoa valmistusvaiheessa, vaan tavoitteena on painojäljen ja monivärikuvien kiilto (Häggbloom-Ahnger ym. 2005, 104). Korkea kiilto edistää hyvää värintoistoa painatuksessa, mutta saattaa häiritä esimerkiksi tekstin luettavuutta (Viluksela ym. 2007, 126). Hyvä värintoisto vaatii kiillon lisäksi sileän ja vaalean paperin sekä painomenetelmään sopivan painovärin (Viluksela ym. 2007, 119). Painoväri itsessään saattaa kasvattaa tai laskea kiiltoa ja värin sekä paperin vuorovaikutus voi vaikuttaa painatustuloksen kiiltoon (Puukko ym. 2009, 325.) Hyvä kiilto on merkki siitä, että paperin pinta on sileä, jolloin siihen on mahdollista saada tasainen, korkeakiiltoinen värikerros. Paperin kiilto ei kuitenkaan suoraan johda suureen painovärin kiiltoon, sillä mikäli paperi on liian imukykyinen, niin painoväri imeytyy paperin sisään, jolloin pinnasta ei tule kiiltävää (Häggbloom-Ahnger ym. 2005, 104.)



## **5.8 Kalanteroinnin vaikutus paperin ominaisuuksiin**

Kalanteroinnin päätehtäviä ovat paperin pintaominaisuuksien parantaminen. Paperia kalanteroidaan, jotta painatusominaisuudet paranevat, paperin paksuutta saadaan säädettyä sekä paperin paksuusprofiilia tasattua. Kalanteroinnissa paperiraina viedään kahden tai useamman telan muodostaman systeemin läpi. Paperiraina muun muassa puristuu ja paperin paksuus sekä bulkki alenevat. (VTT, Tuotantoprosessit 2005.)

Painopapereita kalanteroidaan, jotta paperin pintaominaisuudet saadaan muokattua painomenetelmän asettamiin vaatimuksiin. Kalanterointi lisää paperin sileyttä sekä kiiltoa, mutta huonontaa muun muassa jäykkyysominaisuuksia sekä opasiteettia. Kalanteroinnissa kuidut painuvat kasaan ja kuitujen valonsirontapinta pienenee, jolloin optiset ominaisuudet huononevat. Kalanterointi laskee paperin öljyn absorptiota ja päällystämättömien paperien liiallinen kalanterointi saattaa aiheuttaa kalanterointimustumaa eli tummempia kohtia paperin rakenteessa (Häggbloom-Ahnger ym. 2005, 204.)

## 6 TÄYTEAINEET

Täyteaineet täyttävät kuitujen välisiä huokosia paperissa ja kartongissa. Täyteaineet ovat koostumukseltaan hienojakoisia valkoisia pigmenttijauheita ja ne valmistetaan yleensä suoraan tai kemiallisesti luonnosta saatavista mineraaleista. Täyteaineet muodostuvat hiukkasista, joissa jokaisella lajilla on tietty partikkelikokojakauma. Partikkelien koot vaihtelevat 0,1-30 mikrometrin välillä. Partikkelikokoa saadaan muokattua pienemmäksi jauhamalla sekä seulomalla. Täyteaineiden käyttömäärä vaihtelee paperilajeittain ja siihen vaikuttavat muun muassa paperin loppukäyttökohteet. Täyteaineiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat optiset ominaisuudet, kuten vaaleus ja valonsironta sekä ominaispinta, kovuus, lietteen pH, viskositeetti sekä kuiva-ainepitoisuus. Painopapereiden kannalta täyteaineet parantavat paperin painettavuutta, kun taas kuidut tuovat paperille lujuutta ja jäykkyyttä eli tarvittavan ajettavuuden. Täyteaineiden käyttö vaikuttaa kuitenkin yleensä negatiivisesti lujuusominaisuuksiin, joten täyteaineiden optimaalinen käyttö pitää miettiä aina loppukäytön kannalta olennaisten ominaisuuksien kannalta (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 37.)

Yleisimmin käytettyjä täyteaineita ovat kalsiumkarbonaatit sekä kaoliini. Lisäksi käytetään talkkia sekä erikoispigmenttejä. Talkin käyttö pyritään minimoimaan erityisesti päällystämättömien offset-paperien käytössä, koska talkkihiukkaset saattavat painoprosessissa irrota paperin pinnasta ja aiheuttaa pölyämistä. Talkille saadaan kuitenkin 82-87 %:n vaaleus. Erikoispigmentit ovat synteettisiä tai pitkälle jalostettuja pigmenttejä joita käytetään suuren tehokkuuden vuoksi, mutta erikoispigmenttien hinta on korkea. Erikoispigmenttejä ovat muun muassa natrium-alumiini-silikaatti, joka antaa hyvän painoväriin absorption ja vähentää läpipainatusta sekä titaanioksidi, jolla saavutetaan erittäin hyvät optiset ominaisuudet paperiin (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 39-41.)

### 6.1 Kalsiumkarbonaatit

Kalsiumkarbonaatit olivat aiemmin suoraan luonnosta saatavia mineraaleja, kuten esimerkiksi liitua. Vaaleus ei kuitenkaan yltänyt nykykäytön tarpeisiin, vaan jäi liian alhaiseksi. Parempilaatuiset kalsiumkarbonaatit päällystykseen ja täyteaineiksi on

jauhettu esimerkiksi marmorista. Marmorista valmistetaan muun muassa Ground Calcium Carbotate eli GCC-karbonaatti. GCC:n vaaleus on yli 90 %. Jauhetut karbonaatit ovat muodoltaan pyöreitä, mutta särmikkäitä. Karbonaatit eivät pysty sulkemaan muotonsa takia niin hyvin paperin pintaa kuin levymäiset pigmentit (Hägglblom-Ahnger ym. 2005, 39.)

Precipitated Calcium Carbonate eli PCC-karbonaatti on saostettua kalsiumkarbonaattia, jota saadaan valmistettua poltetusta kalkista. PCC:a käytetään erityisesti hienopapereiden täyteaineina, joille vaaleus sekä läpinäkyttömyys ovat tärkeitä kriteereitä (Nordkalk, PCC 2013.) PCC:n vaaleus on 94-97 %. Synteettinen valmistusprosessi antaa kapean hiukkaskokojakauman sekä muokattavan hiukkasmuodon eli valonsirontakerrointa saadaan säädettyä tarvittaessa korkeaksi ja absorptiokerroin pieneksi. PCC:n avulla pysytään kasvattamaan bulkkia loitontamalla kiteiden avulla kuituja toisistaan. Bulkin kasvattaminen kuitenkin huonontaa lujuusominaisuuksia (Hägglblom-Ahnger ym. 2005, 40.)

Kalsiumkarbonaatit antavat paperille happamuuden kestoa sekä puskurivastusta, jolloin paperi ei happamoidu niin helposti eikä menetä lujuuttaan tai vaaleuttaan. Karbonaatti lisää paperin kitkaa, joka saattaa olla tarpeellista arkkien käsittelyssä sekä rullien muodostuksessa. Paperin pinnan mikrohuokoisuus paranee, mistä on hyötyä erityisesti coldset–offsetissa. Karbonaateilla saavutetaan paperille matta- tai silkkipinta ilman häiritsevää kiiltoa. Painettava kuva kuitenkin saadaan tarvittaessa kiiltäväksi, jolloin saavutetaan korkea kiiltokontrasti ja värikuvat tulevat hyvin esiin. Karbonaatilla ei kuitenkaan kannata tavoitella huippukiiltävää pintaa (Hägglblom-Ahnger ym. 2005, 39.) Kalsiumkarbonaatin käytön suurin rajoitustekijä on se, että happamissa oloissa kalsiumkarbonaatti liukenee hajoten hiilidioksidiksi ja kalkkimaidoksi. Tämä kasvattaa pH:ta ja mekaanisen massan ligniini alkaa tällöin kellastua. Ligniini liukenee prosessiin vaikeuttaen märän pään kemiaa. Tätä ongelmaa varten on kehitetty erikoiskäsitelty PCC (Hägglblom-Ahnger ym. 2005, 40.)

## **6.2 Kaoliini**

Kaoliini sopii kaikenlaisille papereille ja sitä on saatavilla eri partikkeli ko'oissa sekä eri vaaleusasteilla. Kaoliini on luonnosta saatava mineraali ja sillä on kaksikerroksinen

rakenne (Krogerus 2007, 58.) Kaoliini on muodoltaan levymäinen täyteaine, joka parantaa viiraretentiota, kiiltoa, huokosten peittävyyttä sekä alentaa värin absorptiota. Täyteaineen levymäisyys kuitenkin hidastaa veden poistoa sekä haihtumista kuivatusosalla. Täyteaineina käytetyt kaoliinit ovat tummempia ja karkeampia kuin päällystyksessä käytetyt kaoliinit. Nämä kaoliinit ovat vaaleudeltaan luokkaa 78-87 % (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 39.)

Kalsinoitu kaoliini on valmistuksen yhteydessä sintrattu kuumassa lämpötilassa. Sintrauksella saadaan aikaiseksi pieni hiukkaskoko, suuri ominaispinta sekä pinnan kasvun kautta suuri valonsirontakerroin. Kalsinoitua kaoliinia käytetään parantamaan opasiteettia ohuissa papereissa (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 41.)

### **6.3 Täyteainelisäyksen etuja ja haittoja**

Täyteaineita käyttämällä paperin opasiteettia sekä vaaleutta saadaan parannettua, sillä pinnan valonsironta kasvaa ja absorptiokerroin pienenee. Sileyttä ja kiiltoa saadaan kasvatettua, sillä täyteaineet täyttävät paperissa olevia kuoppia. Täyteaineita käytettäessä läpipainatus on paljon pienempää, sillä paperin pinnassa on parempi absorptio. Paperin formaatiota ja mittapysyvyyttä saadaan parannettua, sillä täyteaineet eivät ime vettä itseensä eivätkä turpoa. (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 38.)

Täyteaineet laskevat lujuusominaisuuksia, sillä ne eivät sitoudu kuituihin ja estävät myös kuitusidoksien syntymistä. Paperin jäykkyys huononee, koska paksuus laskee ja pinnassa on vähemmän sidoksia. Täyteaineiden käyttö lisää pölyämistä, koska täyteaineet sitoutuvat huonosti paperin pinnassa sekä ne kasvattavat vedenpoistoelinten kulumista paperiprosessissa. Kovat, särmikkäät ja suuret partikkelit kuluttavat putkistoja. Täyteaineet myös huonontavat retentiota, sillä pienet, sileät partikkelit retentoituvat huonosti (Hägglom-Ahnger ym. 2005, 38.)

## **7 PAINATUSOMINAISUUKSIEN ENNAKOIMINEN LABORATORIOSSA**

Laboratoriopainatuksella ei ole mahdollista jäljitellä esimerkiksi moniväristä offset-painoprosessia, mutta ymmärtämällä offset-painatuksessa tapahtuvat ilmiöt, kuten painoväriin asettuminen, voidaan niitä erotella ja mitata laboratorio-olosuhteissa. Painatuksissa pyritään käyttämään todellisia painovärejä ja värin liuottimen haihtumisesta aiheutuvat tahmeusmuutokset pyritään minimoimaan lyhyillä värinhiertoajoilla ja tiheällä värin vaihdolla. Paperin valmistusvaiheessa aiheutuneita virheitä ei pysytä ennustamaan painatuksen yhteydessä, koska painettavat pinta-alat ovat pieniä laboratoriopainatuksissa. Pinnan irtoaminen painoprosessissa saattaa kuitenkin aiheuttaa esimerkiksi kirppuja, jotka aiheuttavat ongelmia todellisessa painatustuloksessa (Vahander 2007.)

### **7.1 IGT AIC 2-5**

IGT – koepainolaitteella (KUVA 4.) arvioidaan painoväriin tarvetta, asettumisaikaa sekä päällystetyn offsetpaperin painatustuloksen kiiltoa. Lyhyellä asettumisajalla pystytään arvioimaan painoväriin ja paperin vuorovaikutusta väriyksiköiden välillä painokoneessa (Suontausta 1999, 206-207.) IGT – koepainolaitteessa on kaksi lähellä toisiaan olevaa painoyksikköä. Laitteella on mahdollisuus muuttaa nopeutta joustavasti vakionopeudesta kiihtyvään nopeuteen.



KUVA 4. IGT AIC 2-5 – koepainatuslaite

Koepainolaitteella pystytään arvioimaan muun muassa painatuksessa käytettäviä painovärejä ja papereita, mutta laitetta voidaan myös käyttää esimerkiksi metallilevyjen testaamiseen. IGT - laitteella pysytään jäljittelemään kaksiväripainokonetta asettamalla siihen kaksi painatuskiekkoa sekä säätämään peräkkäisten painatusten välistä aikaa nykyaikaisten painokoneitten nopeuksien mukaan 0,014 sekunnista alkaen. IGT-koepainolaitteessa vakionopeus on säädettävissä 0,2-5 m/s välillä ja kiihtyvänopeus 0,5-7 m/s välillä. Koepainolaitteen painatuksen koko on 50 x 200 mm (Vahander 2007.)

#### **7.1.1 Koepainatus**

Värinlevityslaitteeseen (KUVA 5.) lisätään haluttu määrä väriä väripipetin avulla ja värin annetaan levittyä telalle. Värinlevityslaitteeseen lisätään painokiekko, johon väri siirtyy telastosta. Painokiekko pyörii värinlevityslaitteessa 30 sekuntia. Tutkittava näyte kiinnitetään IGT - koepainolaitteen paperinpidikkeeseen ja alustaa käännetään myötöpäivään kunnes koepainolaitteeseen syttyy valo, jolloin alusta on oikeassa asennossa. Painokiekko asetetaan painatusakseliin ja testimenetelmän mukaan laitteessa säädetään painatuspaine- sekä painatusnopeus sopiviksi. Painatus suoritetaan painamalla laitteen molemmilla sivuilla olevia nappeja, jonka jälkeen näyte voidaan irrottaa paperipidikkeestä ja painokiekko puhdistaa seuraavaa painatustestiä varten.



KUVA 4. Värinlevityslaite ja painokiekkaja (Kuva: Lauri Antila & Toni Paunila 2013)

## 7.2 Muita testausmenetelmiä

Prüfbau - painettavuustestin ero IGT - laitteeseen on se, että laite sisältää kuivatusmahdollisuuden sekä siinä on useampia värilaitteita. Prüfbau:lla ei kuitenkaan pysytä ennakoimaan syväpainettujen paperien painettavuutta. Muita painettavuuden ennakointiin kehiteltyjä laitteita ovat muun muassa RNA, jossa on erillinen fleksopainon testauslaitteisto sekä GATE testipaino (Suontausta 1999, 205-206.)

K & N -testi on menetelmä, jossa paperiin on käsin sivelty mustetta. Tällä testimenetelmällä sekä muilla musteen sivelytesteillä pystytään ennustamaan paperin rakennetta sekä pinnan tasaisuutta. K & N – testi mittaa paperin absorptiokykyä. Testiä käytetään usein päällystettyjen paperien testaamisessa, mutta sitä käytetään myös sanomalehtipaperin painettavuuden ennakointiin. Laboratoriotestien ja painoprosessin välillä ei ole löydetty kovin hyvää korrelaatiota. Syy tähän on pitkä vuorovaikutusaika painoväriin ja paperin välillä verrattuna todellisen painoprosessin keston. Myös muun muassa paperin karheus vaikuttaa testituloksiin (Suontausta 1999, 204.)

## LÄHTEET

Aaltonen, P. 1986. Kuituraaka-aineen ja paperin testausmenetelmiä. Vaasa: Vaasa Oy. 22-24, 66.

Antikainen, H., Kuusisto, O. & Viljakainen, A. 2009. III Painotekniikan trendit. GT-raportti 1/2009. 41-47.

Graafinen. 2012. Luettu 20.03.2013.

<http://www.graafinen.com/tietopankki/painomenetelmat/>

Hakola, E. 2009. Principles of conventional printing. Teoksessa Oittinen P. & Saaremaa H. (toim.) Papermarking Science and Technology, Print Media – Principles, Processes and Quality. Second Edition. Helsinki: Paper Engineers' Association/ Paperi ja Puu Oy, 55.

Heiskanen, J. 2010. Heatset-painoväriin kuivatus. Paperitekniikan koulutusohjelma. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2005. Kemiallinen metsäteollisuus 2, Paperin ja kartongin valmistus. 3-1. painos. Opetushallitus. 28, 30, 39-41, 80-81, 204.

Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Kemiallinen metsäteollisuus 3. Paperin ja kartongin jalostus. 2. uudistettu painos. Opetushallitus. 91-94, 99, 102, 105-106.

Koskenhely, K. 2008. Refining of chemical pulp fibres. Teoksessa Paulapuro H. (toim.) Papermaking Science and Technology, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. Second Edition. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association/ Paperi ja Puu Oy, 95-96.

Krogerus, B. 2007. Papermaking additives. Teoksessa Alén R. (toim.) Papermaking Science and Technology, Papermaking Chemistry. Second Edition. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association/ Paperi ja Puu Oy, 58.

KTÄ. 1996. Luettu 21.04.2013. <http://www.kta.fi/tuotepdf/denarvot.pdf>

Lehto, L. 2009. Heatset-painoväriin liuottimen haihtumisen tutkiminen. Paperitekniikan koulutusohjelma. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Marttila, J. 2007. Properties and classifications of printing papers. M-real. TSF Meeting 03.11.2007. Luentomateriaali. 13.

Nordkalk. PCC. Luettu 29.01.2013. <http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=1773>

Oittinen, P. & Saaremaa, H. 1986. Graafinen materiaalitekniikka. Hämeenlinna: Karisto Oy. 142.

Printlanti. Luettu 20.03.2013. <http://www.printlanti.com/fi/tietosivu/painotekniikat>



Puoskari, V. 2012. Painoteollisuus siirtyy nanoaikaan. Artikkel. Luettu 19.03.2013.  
<http://thegriffin.upm-kymmene.com/fi/2-2012/paperi/painoteollisuus-siirtyy-nanoaikaan.html>

Puukko P. & Niemi K. 2009. Instrumental measurement of print quality. Teoksessa Oittinen, P. & Saaremaa, H. (toim.) Papermarking Science and Technology, Print Media - Principles, Processes and Quality. Second Edition. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association/ Paperi ja Puu Oy, 324-325.

Suontausta, O. 1999. End-use properties of printing papers. Teoksessa Levlin, J & Söderhjelm, L. (toim.) Papermaking Science and Technology, Pulp and Paper Testing. Helsinki: Fabet Oy, 206-207.

Tampereen ammattikorkeakoulu. 2013. IGT-työohjeet.

UPM. 2004. Technical guide, Recommendations for prepress and printers. Luettu 07.04.2013. [http://www.upm.com/EN/ABOUT-UPM/Downloads/Paper/Documents/UPM\\_Printing\\_Guidelines\\_en.pdf](http://www.upm.com/EN/ABOUT-UPM/Downloads/Paper/Documents/UPM_Printing_Guidelines_en.pdf)

Vahander, P. 2007. IGT-painomenetelmien kehittäminen. Kemiantekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Vehmas, K. 2011. Ympäristöystävällisesti ja vedettömästi offsetilla. GT 1/2011.

Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Opetushallitus. 20-23, 50-51, 53-55, 58-59, 61-63, 121, 125, 127, 188-189.

VTT. 2013. KnowPap Versio 14.0. Tuotannon hallinta ja automaatio, Mittaukset ja toimilaitteet, Laatumittaukset, Sileys.

VTT. 2005. KnowPap Versio 14.0. Tuotantoprosessit, Paperin valmistus, Jälkikäsittely, Kalanterointi.

VTT. 2009. KnowPap Versio 14.0. Tuotantoprosessit, Yleistä, Paperin ja kartongin valmistus.

VTT. 2005. KnowPap Versio 14.0. Tuotteet ja ominaisuudet, Painomenetelmät, Offset.

VTT. 2013. KnowPap Versio 14.0. Tuotteet ja Ominaisuudet, Yleiset ominaisuudet.