



Täyteaineiden optiset ominaisuudet

Lehtola Jami

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2013
Paperi-, tekstiili- ja kemian-
tekniikan koulutusohjelma
Paperitekniiikan suuntautu-
minen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemianteekniikan koulutusohjelma
Paperiteekniikan suuntautuminen

JAMI LEHTOLA:
Täyteaineiden optiset ominaisuudet

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Kesäkuu 2013

Paperin mekaanisten ominaisuuksien lisäksi myös paperin ulkonäköön kiinnitetään suurta huomiota. Paperin optiset ominaisuudet määräävät paperin ulkonäön. Paperilta vaaditaan hyviä optisia ominaisuuksia sitä painettaessa ja myytäessä. Paperin tärkeimmät optiset ominaisuudet ovat kiilto, vaaleus, opasiteetti ja väri.

Paperin optisiin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa paperinvalmistuksessa käytettävillä raaka-aineilla. Täyteaineiden käytöllä on merkittävä vaikutus paperin ominaisuuksiin. Täyteaineiden vaikutukset optisiin ominaisuuksiin määräytyvät täyteaineiden ominaisuuksien mukaan. Täyteaineiden kemiallinen koostumus, partikkelikoko ja -muoto, sekä partikkelien taite-, hajaheijastus-, ja absorptiokertoimet ovat tärkeimmät täyteaineiden ominaisuudet paperin optisten ominaisuuksien kannalta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Nordkalk Oy:n uusien täyteaineiden vaikutuksia paperin optisiin ja yleisiin ominaisuuksiin. Työn kokeellinen osa on luottamuksellista aineistoa.

Asiasanat: täyteaine, optiset ominaisuudet

ABSTRACT

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

Jami Lehtola:
Optical Properties of Fillers

Bachelor's thesis 65 pages, appendices 19 pages
June 2013

In addition to the mechanical properties of paper, the appearance of paper also gets a lot of attention. The optical properties of paper define the appearance of paper. Paper is required to have good optical properties when it is being printed on and sold. The most important optical properties of paper are gloss, brightness, opacity and color.

Optical properties of paper can be influenced by the materials used in paper making. The use of fillers has a significant effect on the optical properties of paper. The effects of fillers on optical properties are determined by the properties of the filler itself. The chemical consistency, particle size and shape and the scattering, refractive and absorption indexes are the most important properties of the fillers.

The aim of this thesis was to research how new fillers by Nordkalk Oy affect optical and general properties of paper. The experimental section of this thesis is confidential information.

Key words: filler, optical properties

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	VALON JA PAPERIN VUOROVAIKUTUS	6
3	PAPERIN OPTISET OMINAISUUDET	7
3.1	Kiilto	7
3.2	Opasiteetti	8
3.3	Vaaleus.....	9
3.4	Väri	10
3.4.1	CIEXYZ-värijärjestelmä	12
3.4.2	CIELAB-värijärjestelmä	13
4	KUBELKA-MUNKIN TEORIA	14
5	TÄYTEAINEET	15
5.1	Kaoliini	16
5.2	Kalsiumkarbonaatit	16
5.3	Täyteaineiden vaikutukset optisiin ominaisuuksiin	17
5.4	Täyteaineiden vaikutukset muihin ominaisuuksiin.....	19
	LÄHTEET.....	21

1 JOHDANTO

Täyteaineet ovat luonnosta saatavia materiaaleja, joita käytetään paperin valmistuksessa kuituraaka-aineen seassa. Täyteaineilla nimensä mukaisesti pyritään täyttämään paperissa olevia tyhjiä tiloja. Täyteaineet vaikuttavat suoraan valmistettavan paperin ominaisuuksiin. Nämä vaikutukset riippuvat täyteaineiden omista ominaisuuksista.

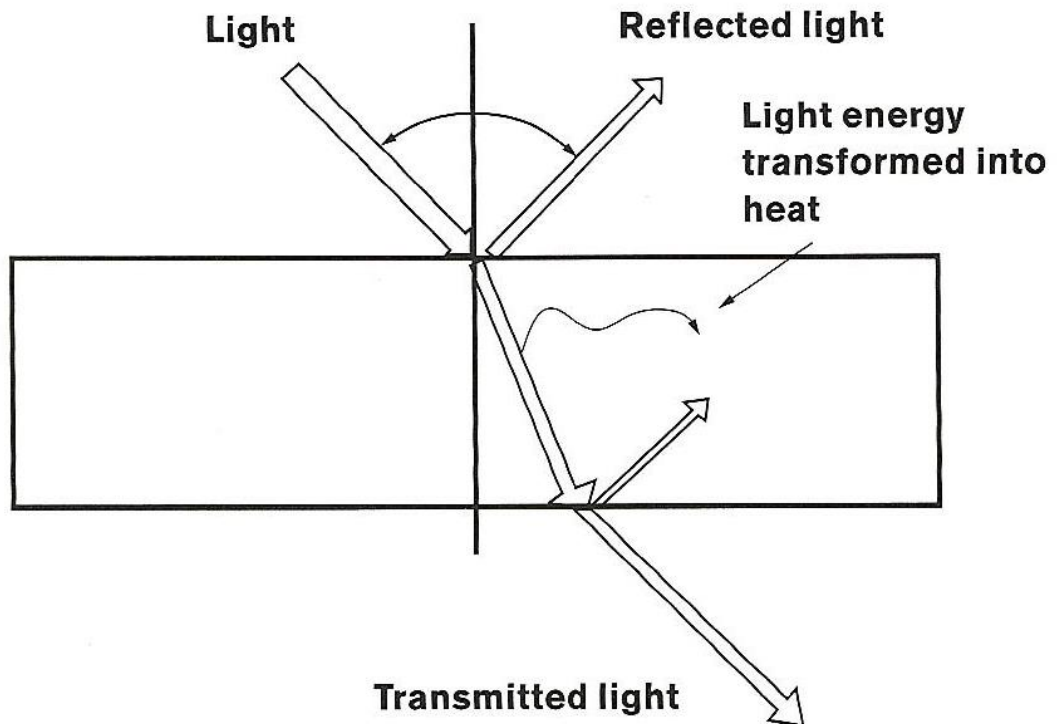
Paperin optisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan niitä ominaisuuksia, joiden perusteella paperin ulkonäkö määräytyy. Tärkeimmät optiset ominaisuudet ovat kiilto, vaaleus, opasiteetti ja väri. Paperin optiset ominaisuudet perustuvat valon ja paperin vuorovaikutukseen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla uusien täyteaineiden optisia ominaisuuksia jo markkinoilla olevaan täyteaineeseen. Täyteaineita käyttäen laboratoriossa valmistettiin paperiarkkeja kahdella eri täyteasteella, joista mittaukset suoritettiin.

Työ jakautuu teoriaosaan ja kokeelliseen osaan. Teoriaosassa tutkitaan optisia ominaisuuksia ja niiden syntymekanismia sekä täyteaineita ja niiden vaikutuksia paperin optisiin ominaisuuksiin. Kokeellisessa osassa kuvataan arkkien valmistusta ja esitellään työn tuloksia taulukoiden ja päätelmien avulla.

2 VALON JA PAPERIN VUOROVAIKUTUS

Valon osuessa paperiin valo hajoaa eri osiin, jotka joko peiliheijastuvat, hajaheijastuvat, absorboituvat paperiin tai tunkeutuvat paperin läpi. Kuvasta 1 nähdään valon hajoamisen osiin.



KUVA 1. Valon osuminen paperiin (Pauler, 2002, 7)

Peiliheijastuneeksi valoksi kutsutaan valoa, jossa valonsäteen tulo- ja heijastumiskulmat ovat samat. Peiliheijastunutta valoa voidaan mitata kiiltona. Hajaheijastunut valo liikkuu heijastuen ja taittuen paperin sisällä, ja palaa lopulta takaisin valolähteen puolelle. Hajaheijastunut valo heijastuu, taittuu tai diffraktoituu optisen rajapinnan kohdatessaan, joten valo liikkuu paperin sisällä moniin eri suuntiin. Hajaheijastunutta valoa kutsutaan myös valon sironnaksi, ja se antaa vaikutelman paperin värisävystä ja vaaleudesta. Osa valosta absorboituu kokonaan paperin sisään, jossa se muuttuu lämmöksi. Lämmöksi muuttunut valo antaa vaikutelman paperin väristä. Kokonaan paperin läpi tunkeutunutta valoa kutsutaan transmissioksi. Transmission vastakohtana voidaan pitää opasiteettia, jota mitataan transmission sijaan. Valon ja paperin vuorovaikutuksiin vaikuttavat valon aallonpituus, säteilyn valoteho ja paperin ominaisuudet.

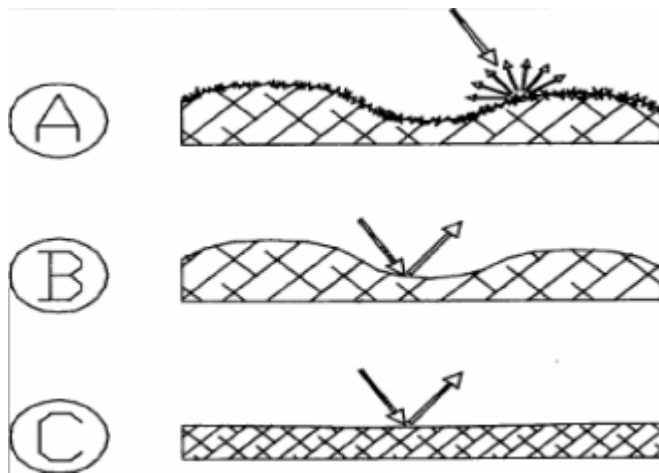
(KnowPap 2010, Tuotteet ja ominaisuudet; Pauler, 2002, 8)

3 PAPERIN OPTISET OMINAISUUDET

Paperin optisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan niitä paperin ominaisuuksia, jotka määräävät sen ulkonäön. Paperin optiset ominaisuudet perustuvat valon ja paperin vuorovaikutukseen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 99)

3.1 Kiilto

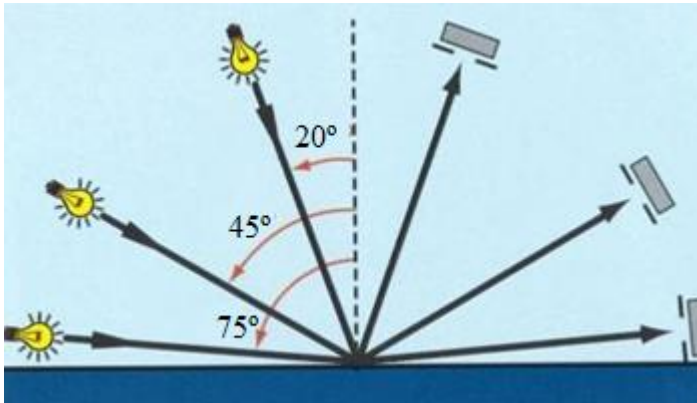
Paperin kiillolla tarkoitetaan valoa, joka heijastuu pois paperista tarkalleen samassa kulmassa kuin on siihen osunut. Valon heijastuminen paperin pinnasta määräytyy paperin pinnan mikrosileyden mukaan (kuva 2). Sileä paperin pinta mahdollistaa paperille korkean kiillon. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)



KUVA 2. Paperin pinnan mikrosileyden vaikutus valon heijastumiseen (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 104)

Paperin korkean kiillon kautta lopputuotteelle voidaan saada aikaan korkeakiiltainen värikerros. Korkeakiiltainen värikerros parantaa lopputuotteen värien syvyysvaikutelmaa. Ihmisen kiiltohavainto kuitenkin riippuu paljon valon tulosuunnasta ja havaintokulmasta. Monesta suunnasta tuleva hajautettu valo saa kiiltävän värikerroksen vaikuttamaan pastelliväreiltä. Luettavassa painotuotteessa kiiltoa pidetään enemmänkin haittatekijänä. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Kiillon mittaaminen on paperin optisista ominaisuuksista hankalinta, sillä kiiltohavainnon muodostumismekanismeja ei tiedetä. Ihmisten kiiltohavainnot voivatkin poiketa huomattavasti mittalaitteilla mitatuista tuloksista. Kiillon mittaamiseen on kehitetty useita mittareita. Yleisimmin käytetyissä mittareissa mitataan takaisin heijastuvan valon määrää 20, 60, tai 75 asteen kulmassa (kuva 3). Paperiteollisuudessa käytetyin kiillon mittauskulma on 75 astetta. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)



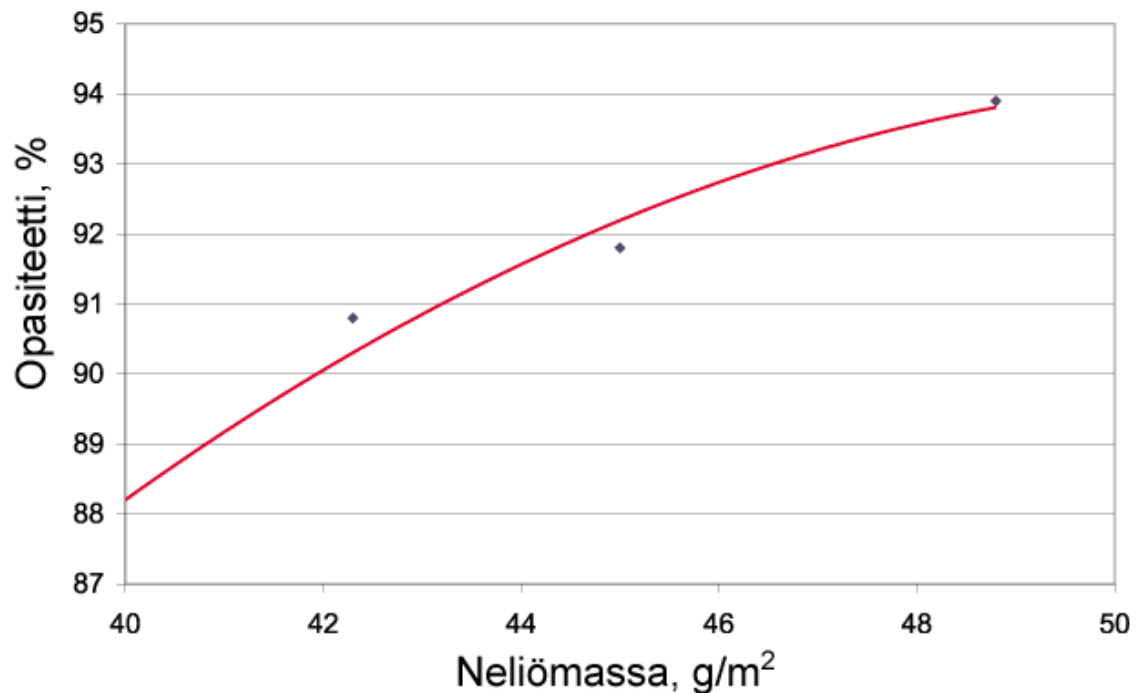
KUVA 3. Kiillon mittausperiaate (Peters, 2011, muokattu)

3.2 Opasiteetti

Paperin opasiteetilla tarkoitetaan sen läpinäkymättömyyttä. Opasiteetti ilmaistaan mustaa taustaa vasten mitatun paperin heijastusluvun ja paperin rajaheijastusluvun suhteena. Paperin opasiteetti sijoittuu välille 100-0, 100 ollessa täysin läpinäkymätöntä paperia ja 0 ollessa täysin läpinäkyvää paperia. Paperin opasiteetilla voidaan ennustaa painatuksen läpipainatusta. Jos läpipainatusta tapahtuu, tekstistä tulee vaikeasti luettavaa ja erotettavaa paperin toiselle puolelle painetun tekstin läpikuultamisen takia. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Paperin neliömassalla on suora vaikutus paperin opasiteettiin. Korkeammat neliömassat takaavat korkeamman opasiteetin. Paperin valmistuksessa pyritään kuitenkin saamaan paperi valmistettua mahdollisimman pienillä raaka-ainemäärillä. Tämän seurauksena riittävän opasiteetin saaminen muuttuu haastavaksi. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet). Kuvasta 4 nähdään neliömassan vaikutus opasiteettiin sanomalehtipaperilla.

Sanomalehtipaperin opasiteetti neliömassan funktiona



KUVA 4. Neliömassan vaikutus opasiteettiin (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Opasiteettia laskettaessa mitataan ensin paperin valonheijastusluku mustaa taustaa vasten, jonka jälkeen mitataan paperin ominaisheijastuslukuvalolla, jonka aallonpituus on 557 nm. Näitä arvoja käyttäen opasiteetti lasketaan kaavalla:

$$\text{Opasiteetti} = 100 * \frac{R_0}{R_\infty} \quad (1)$$

Missä R_0 on paperin valonheijastusluku mustaa vasten ja R_∞ on paperin ominaisheijastusluku. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 101-102)

3.3 Vaaleus

Paperin vaaleudella tarkoitetaan yleisesti sen valkoisuutta. Suurella paperin vaaleudella saadaan aikaan paperille suuri densiteetti, jolloin painovärien sävyjenerot ovat selkeät. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Paperi näyttää sitä vaaleammalta, mitä enemmän siitä heijastuu pois siihen langenneesta valosta. Paperi näyttää vaalealta, kun siitä heijastuu pois vähintään 50-60 % sille langenneesta valosta. Vaaleuden vaikutelma riippuu kuitenkin havainnoitsijasta ja olosuhteista. Tästä johtuen vaaleutta ei voi määritellä vain yhdellä tunnusluvulla. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Määritelmän mukaan ISO-vaaleus on vaaleuden mitta, joka mitataan 457 nm aallonpituudella standardioloissa. Määritelmän avulla voidaan hyvin kuvata massan valkaisun aiheuttamia ominaisheijastusluvun muutoksia, mutta visuaalisen tarkastelun mittana se ei toimi niin hyvin suppean mittausaallonpituusalueen takia. Visuaalisen tarkastelun mittariksi sopiikin paremmin Y-arvo, jolla on intensiteettimaksimi aallonpituudella 557 nm. Y-arvon herkkyysjakauma onkin lähempänä ihmissilmää. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Valkoisuutta mitataan värimittausmenetelmillä, jotka ovat määritettyjä joko suodin- tai spektrofotometrillä. Yleisimmin käytetään CIE-valkoisuus menetelmää. CIE-valkoisuus menetelmä sisältää ihmisen näkemän aallonpituusalueen kokonaan, joten CIE-valkoisuutta voidaan pitää hyvänä visuaalisen valkoisuuden mittarina. CIE-valkoisuuden laskenta tapahtuu käyttämällä Y-arvoa sekä paperin ja valonlähteen värikoordinaatteja seuraavasti:

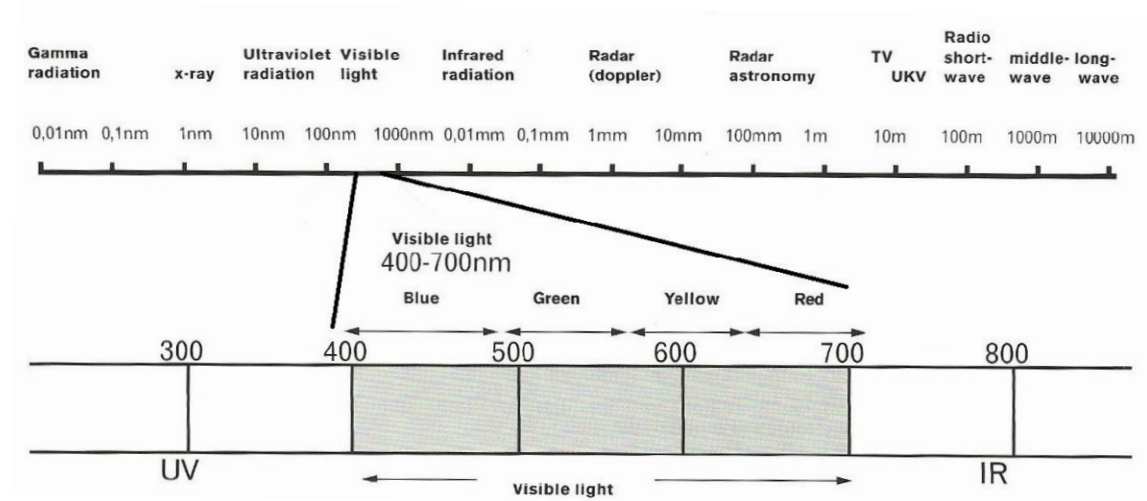
$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad (2)$$

Missä W on CIE-valkoisuus, Y on Y-arvo eli ominaisheijastusluku, x ja y paperin värikordinaatit ja x_n sekä y_n valonlähteen värikordinaatit.

(VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet; Pauler 2008, 151)

3.4 Väri

Värihavainto syntyy katsojan silmään tulevan elektromagneettisen säteilyn aallonpituudesta. Näkyvän valon aallonpituusalue on väliltä 400 ja 700 nm (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet). Kuvasta 5 nähdään, kuinka pienen alueen sähkömagneettisesta spektristä ihminen on kykenevä näkemään:



KUVA 5. Sähkömagneettinen spektri (Pauler, 2002, 6, muokattu)

Eri aallonpituudet ihmissilmä tajuaa väreinä. Valon aallonpituusjakautumaa kutsutaan spektriä. Aallonpituudet jakautuvat karkeasti ilmoitettuna väreihin seuraavasti:

TAULUKKO 1. Värien aallonpituusalueet (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

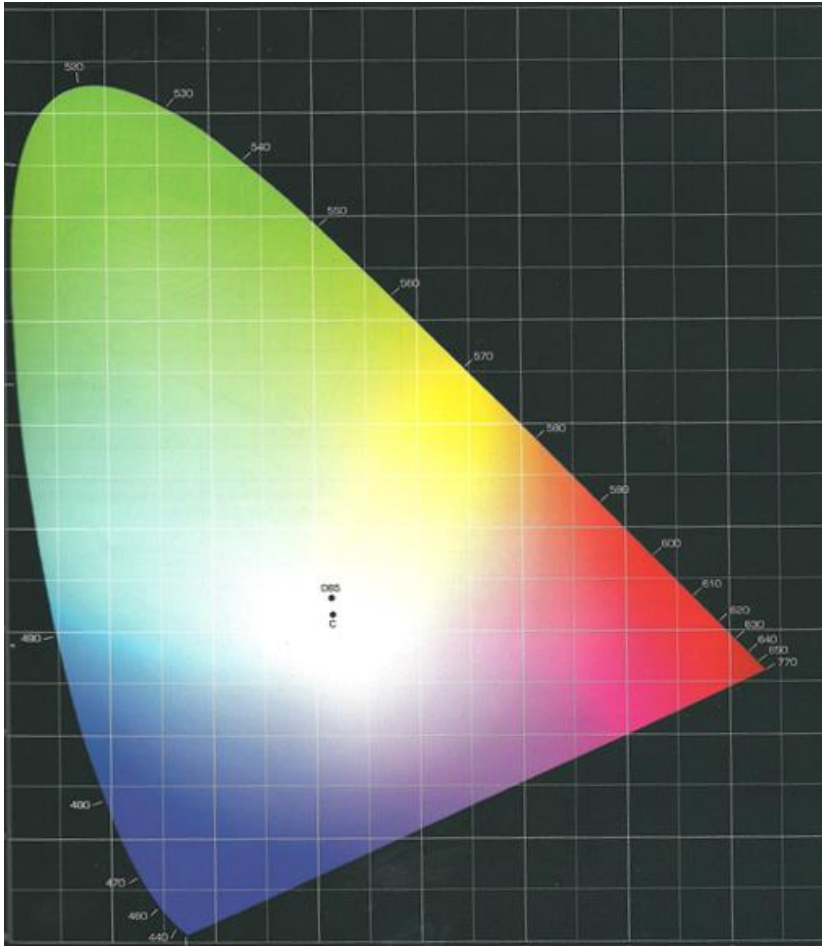
Aallonpituusalue (nm)	Väri
400 – 450	Violetti
450 – 500	Sininen
500 – 570	Vihreä
570 – 590	Keltainen
590 – 610	Oranssi
610 – 700	Punainen

Värit kuitenkin muuttuvat toisiksi vähitellen, joten väriajat eivät ole täysin tarkkoja.

Värien luokitteluksi on luotu värijärjestelmiä. Paperiteollisuudessa yleisimmin käytetyt värijärjestelmät ovat CIE:n kehittämät XYZ- ja LAB-järjestelmät. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

3.4.1 CIEXYZ-värijärjestelmä

CIE:n XYZ-värimalli (kuva 6) kehitettiin vuonna 1931, jolloin se oli yksi ensimmäisistä kehitetyistä värimalleista. Järjestelmä on edelleen käytössä, ja sen pohjalta on tehty monia uusia järjestelmiä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 49)



KUVA 6. CIEXYZ-värijärjestelmän koordinaatisto (Pauler, 2002)

Värijärjestelmä sisältää kolme tristimulus parametria; Y (valoisuus), X (punainen) ja Z (sininen). Kromaattiset värikoordinaatit x ja y voidaan laskea näiden parametrien avulla seuraavasti: (Steer, 2008)

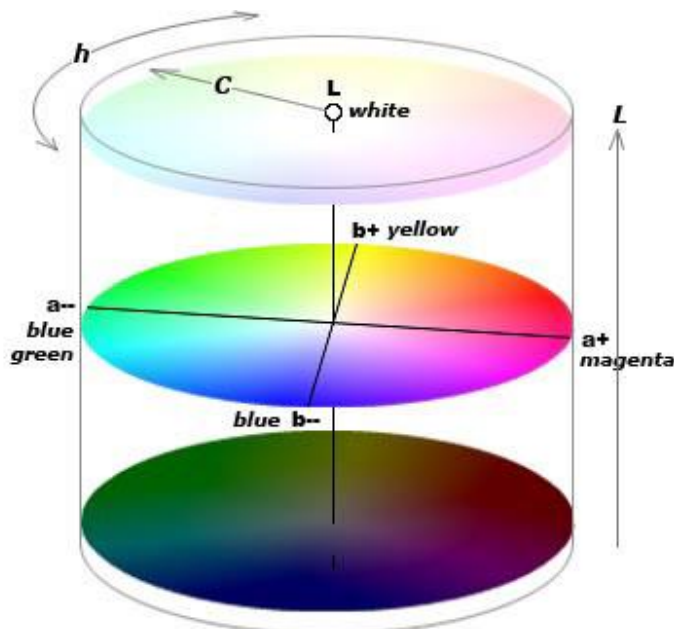
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (3)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (4)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (5)$$

3.4.2 CIELAB-värijärjestelmä

CIE:n kehittämä L*a*b*-järjestelmä pohjautuu CIE:n XYZ-järjestelmään. CIELAB on kuitenkin paperiteollisuudessa nykyisin huomattavasti yleisempi. CIE:n menetelmä sisältää kolme akselia väriavaruudesta, jotka merkitään L* (valoisuus), a* (punainen-vihreä) ja b* (sininen-keltainen). (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet) Nämä akselit muodostavat pallonmuotoisen koordinaatiston, joka on esillä kuvassa 7:



KUVA 7. CIELAB-värijärjestelmä (Rooney, 2011)

Kuten kuvasta 7 huomataan, CIELAB-värijärjestelmässä on käytössä vastavärijärjestelmä, joka on käytännöllinen ja helposti ymmärrettävissä. Käytännöllisyytensä ansiosta CIELAB-järjestelmä on ollut helppo siirtää paperiteollisuuden koneilla oleviin mittalaitteisiin, on-line säätöön ja laboratoriomittauksiin. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

4 KUBELKA-MUNKIN TEORIA

Kubelka-Munkin teorian avulla voidaan ilmaista paperin heijastusominaisuuksia käyttäen paperin valonsirontakerrointa (S) ja absorptiokerrointa (K). Näitä kertoimia pidetään paperin neliömassasta riippumattomina, joten ne kuvaavat vain paperin optisia ominaisuuksia. Paperin valonsirontakerroin ja absorptiokerroin lasketaan seuraavilla kaavoilla:

$$S = \frac{R_{\infty}}{m(1 - R_{\infty}^2)} \ln \frac{R_{\infty}(1 - R_0 R_{\infty})}{R_{\infty} - R_0} \quad (6)$$

Missä S on valonsirontakerroin, m on neliömassa, R_{∞} on ominaisheijastuskerroin ja R_0 on yhden arkin heijastuskerroin.

$$K = \frac{1 - R_{\infty}}{2m(1 + R_{\infty})} \ln \frac{R_{\infty}(1 - R_0 R_{\infty})}{R_{\infty} - R_0} \quad (7)$$

Missä K on absorptiokerroin, m on neliömassa, R_{∞} on ominaisheijastuskerroin ja R_0 on yhden arkin heijastuskerroin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 104)

Heijastuskerroin R_0 on paperille saapuvan valon ja paperista heijastuneen valon suhde, joka lasketaan kaavalla:

$$R_0 = \frac{I_r}{I} \quad (8)$$

Missä R_0 on heijastuskerroin, I_r on hajaheijastuneen valon voimakkuus ja I on saapuvan valon voimakkuus. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Ominaisheijastuskerroin R_{∞} lasketaan kuten yhden arkin heijastuskerroin R_0 , mutta mitattuna niin monella arkilla päällekkäin, että sen läpäisy on 0. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

5 TÄYTEAINEET

Täyteaineet ovat luonnon mineraaleista valmistettuja valkoisia pigmenttijaubeita. Käytössä on myös jonkin verran orgaanisia täyteaineita, mutta ne ovat selvästi kalliimpia ja näin ollen huomattavasti harvinaisempia. Yleisimmin käytettyjä täyteaineita ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatit (GCC ja PCC), talkki ja kipsi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 37)

Täyteaineesta riippuen täyteaineiden hiukkaskoot vaihtelevat 0,1-30 µm välillä, keskimäärin hiukkaskoko on kuitenkin väliltä 1-5 µm. Täyteaineiden hiukkaskokoa voidaan säätää seulomalla ja jauhamalla. Täyteainepartikkelien pienen koon ansiosta ne mahtuvat hyvin puukuitujen väleihin täyttämään paperissa olevia tyhjiä tiloja. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 37)

Täyteainepartikkelit asettuvat tyhjiin tilojen lisäksi myös kuitupinnoille niin, että kuitusidoksia ei pääse syntymään. Täyteaineet eivät muodosta itse sidoksia, joten täyteaineita käytettäessä paperin lujuusominaisuudet heikkenevät. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 37-38)

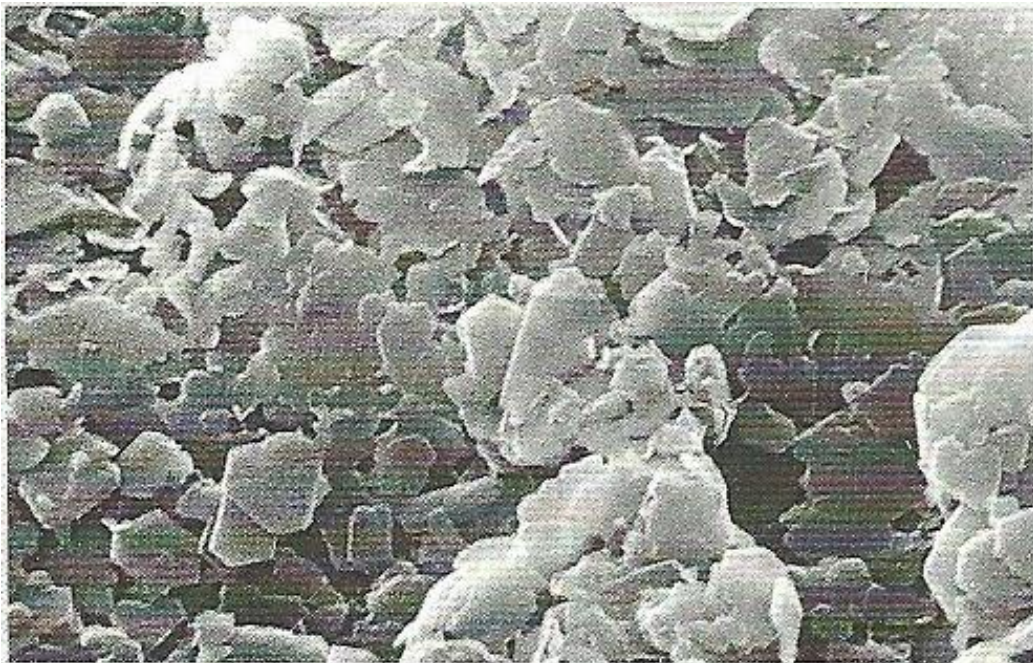
Täyteaineiden määrä paperissa riippuu paperin loppukäyttökohteesta. Päälystämättömällä paperilla täyteainepitoisuus on noin 5-20%, päälystetyllä jopa yli 45% päälysteen sisältämän täyteaineen myötä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 37)

Yleisimmät täyteaineet ovat selkeästi kuituraaka-aineita halvempia, joten niitä käytetään laskemaan lopputuotteen hintaa. Täyteaineiden käytöllä voidaan parantaa useita paperin ominaisuuksia kuten paino-ominaisuuksia ja optisia ominaisuuksia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 37-38)

5.1 Kaoliini

Kaoliini on kalsiumkarbonaattien ohella eniten käytetyin täyteaine, jota käytetään sen edullisuuden, levymäisyyden ja valkoisuuden takia. Täyteainekaoliinin vaaleus on noin 78-87 %. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 39)

Kaoliinia valmistetaan luonnon raakakaoliinista puhdistamalla, lajittelemalla ja jauhamalla. Kaoliinia on kahta tyyppiä, primääristä ja sekundääristä. Primääristä kaoliinia löytyy Euroopasta, ja sekundääristä eli vesivirtauksien avulla kulkeutunutta kaoliinia Amerikasta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 39)



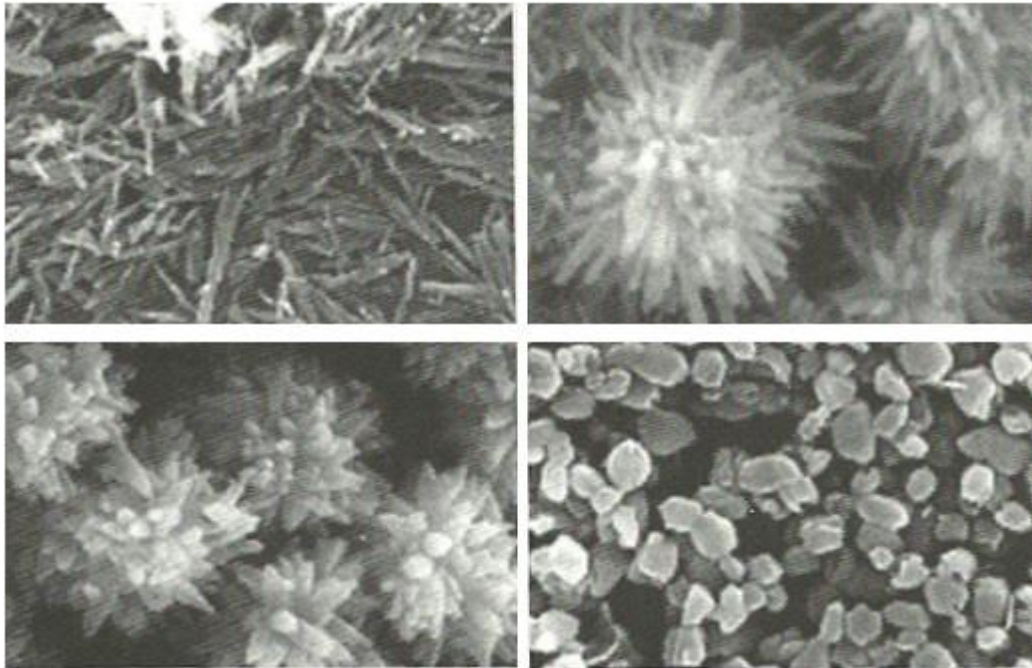
KUVA 8. Mikroskooppikuva kaoliinista (Krogerus, 2007, 60)

5.2 Kalsiumkarbonaatit

Kalsiumkarbonaatit jaetaan kahteen luokkaan, luonnontuotteeseen (GCC, Ground Calcium Carbonate) ja synteettisesti valmistettuun tuotteeseen (PCC, Precipitated Calcium Carbonate). (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 39)

GCC valmistetaan yleensä joko kalkkikivestä, marmorista tai liidusta, joka jauhetaan haluttuun partikkelikokoon. GCC:n vaaleus on normaalisti reilusti yli 90 %.(Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 39)

PCC:tä valmistetaan yleensä kalkkikivestä. Valmistus tapahtuu polttamalla kalkkikiveä, josta erottuvaa hiilidioksidia saostetaan uudelleen haluttuun muotoon. Prosessin avulla PCC:n hiukkaskokojakauma on hyvin säädeltävissä. PCC:llä saavutetaan hyvä valonsiirontakerroin ja vaaleus, joka voi olla jopa yli 95 %. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 40; Pauler, 2002, 74)



KUVA 9. Mikroskooppikuvia PCC:n eri ilmenemismuodoista (Krogerus, 2007, 61)

5.3 Täyteaineiden vaikutukset optisiin ominaisuuksiin

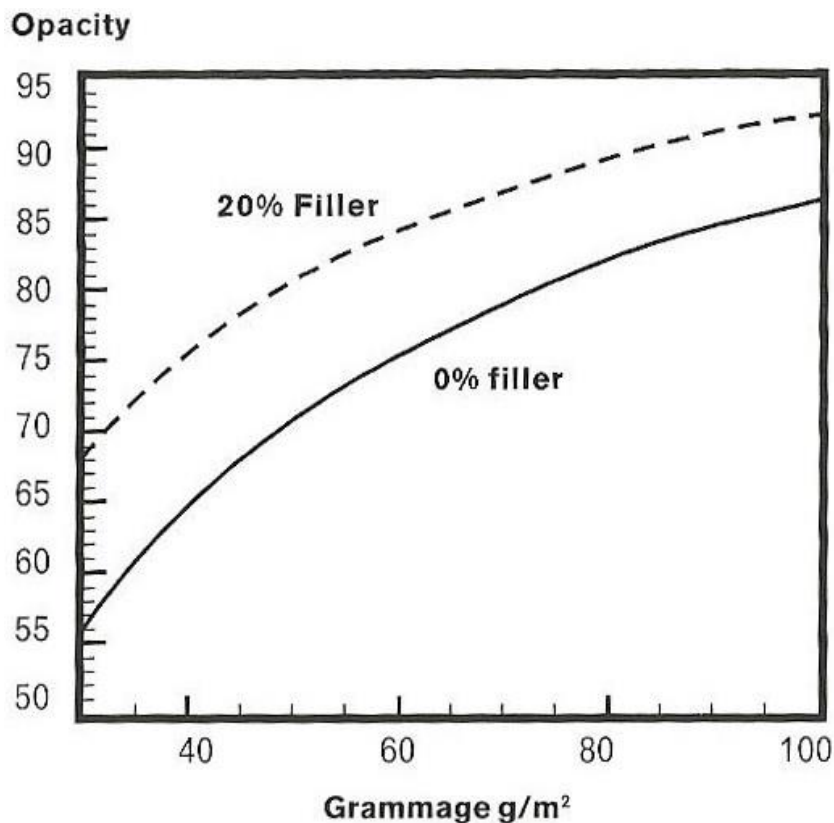
Täyteaineet ovat hyvin tehokkaita parantamaan paperin optisia ominaisuuksia. Täyteaineiden kemiallinen koostumus, partikkelikokojakauma, partikkelien muoto ja partikkelien taite-, hajaheijastus-, ja absorptiokerroin määräävät niiden vaikutukset optisiin ominaisuuksiin. (KnowPap 2010, Täyte ja lisäaineet; Pauler, 2002, 71) Alla olevasta taulukosta 2 nähdään täyteaineiden lisäyksen vaikutukset optisiin ominaisuuksiin:

TAULUKKO 2. Täyteaineiden vaikutukset optisiin ominaisuuksiin (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 38, muokattu)

Ominaisuus	Muutos	Selitys
Opasiteetti	Paranee paljon	Valonsironta kasvaa
Vaaleus	Kasvaa yleensä	Valonsironta kasvaa, absorptiokerroin pienenee
Sileys, kiilto	Kasvaa	Täyttää kuoppia, jotkut levymäisiä
Absorptio	Tasaisempi	Pienemmät huokokset
Läpipainatus	Paljon pienempi	Parempi absorptio pinnassa, ei läpihuokosia

Pienikokoiset ja levymäiset täyteainepartikkelit tasoittavat paperin pintarakennetta, jolloin pinnan sileys kasvaa aiheuttaen valon suuremman heijastumisen paperista lisäten näin kiillon vaikutelmaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 101-105)

Opasiteettiin täyteaineet vaikuttavat niiden korkean hajaheijastustehon ja sitoutumiskyvyttömyyden takia. Levymäiset ja pienet täyteainepartikkelit lisäävät paperin valoa siroavaa pintaa, jolloin valo ei pääse läpäisemään paperia, minkä ansiosta opasiteetti paranee. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 101-105) Kuvasta 10 nähdään täyteaineiden vaikutus opasiteettiin:



KUVA 10. Täyteaineen vaikutus opasiteettiin (Pauler, 2002, 27)

Täyteaineiden valonsirontakyky kasvaa täyteainepartikkelien pienentyessä. Valonsirontakyky pienenee aina kunnes partikkelit saavuttavat koon, joka on noin 0,3 kertaa näkyvän valon aallonpituus. Valonsironta kasvaa, kun paperissa olevat puukuidut ja täyteaineet ovat rajapinnassa ilman kanssa. Kuitujen ja täyteaineiden valonsirontakertoimet ovat niin lähellä toisiaan, että niiden muodostaessa rajapinnan keskenään ei valonsirontaa juurikaan synny. Valonsirontakertoimen noustessa saadaan aikaan myös korkeampi vaaleus opasiteetin ohella. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

Täyteaineet myös vähentävät mekaanista massaa sisältävien paperien kellastumista. Varsinkin kalsiumkarbonaatit korkean vaaleutensa vuoksi toimivat hyvin kellertymistä vastaan. (Krogerus, 2007, 69)

Mitä paremmin täyteaineet saadaan jakautumaan paperiin tasaisesti, sitä paremmin ne vaikuttavat optisiin ominaisuuksiin. Täyteaineiden kasaantuminen paakuiksi paperiin vähentää selvästi niiden kykyä parantaa optisia ominaisuuksia. (VTT/Proledge Oy 2011, Tuotteet ja ominaisuudet)

5.4 Täyteaineiden vaikutukset muihin ominaisuuksiin

Täyteaineet vaikuttavat eniten paperin lujuusominaisuuksiin. Lujuudet laskevat, kun täyteaineet eivät muodosta sidoksia sekä laskeutuessaan kuitujen pinnoille estäen näin mahdolliset kuitujen väliset sidokset. Vetolujuuden laskua tapahtuu jo pienillä täyteainemäärillä. (VTT/Proledge Oy 2011, Täyte- ja lisäaineet)

Paperin paksuus laskee täyteaineita lisättäessä, jolloin sidokset vähenevät paperin pinnassa. Tämä johtaa paperin jäykkyyden huononemiseen. (VTT/Proledge Oy 2011, Täyte- ja lisäaineet)

Täyteaineiden määrää ei voi verrata paperin ominaisuuksien muutoksiin suoraan, joten tietyn täyteainemäärän saavutettua voi paperin ominaisuudet heiketä radikaalisti. Taulukosta 3 nähdään täyteaineiden vaikutukset paperin ominaisuuksiin. (VTT/Proledge Oy 2011, Täyte- ja lisäaineet)

TAULUKKO 3. Täyteaineiden vaikutukset paperin ominaisuuksiin (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 38, muokattu)

Ominaisuus	Muutos	Selitys
Formaatio	Paranee paljon	Täyteaine ei sitoudu ja estää kuitusidoksia
Mittapysyvyys	Paranee	Täyteaine ei ime vettä itseensä eikä turpoa Vähemmän sidoksia, jolloin pienempi kuivumiskutistuma
Lujuudet	Laskevat	Täyteaine ei sitoudu ja estää kuitusidoksia
Jäykkyys	Huononee	Paksuus laskee, sidoksia vähemmän pinnassa
Pölyäminen	Kasvaa	Huono sitoutuminen pinnassa, toispuoleisuus
Tasapuolisuus	Huononee	Pieni, sileä partikkeli retentoituu huonosti

LÄHTEET

Rooney, M. 2011. What does "cielab" mean?. Luettu 30.5.2013.

<http://cielab.com.au/?p=66>

Hägglom-Ahnger, U., Komulainen, P. 2006. Kemiallinen metsäteollisuus 2. paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä: Opetushallitus.

Krogerus B, 2007. Papermaking additives. Teoksessa Alén, R. (toim.). Papermaking Science and Technology, Book 4. Papermaking Chemistry. Finland: Fapet Oy, 56-79.

Pauler, N, 2008. Paper optics. Teoksessa Niskanen, K. (toim.). Papermaking Science and Technology, Book 16. Paper Physics. Finland: Fapet Oy, 56-79.

Pauler, N. 2002. Paper optics. Sweden: Elanders Tofters, 5-66.

Peters, N. 2011. Art, Color and Gloss. Luettu 30.5.2013.

<http://www.imamuseum.org/blog/2011/07/13/art-color-and-gloss/>

Steer, W. 2008. Introduction to Colour Science. Luettu 27.5.2013.

<http://www.techmind.org/colour/>

VTT/Proledge Oy. 2011. KnowPap Versio 13.0 (2011) –KnowPap 13.0, Paperiteknikan, paperiteollisuuden automaation ja prosessihallinnan oppimisympäristö.