

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Kemiantekniikan osasto

Paperitekniikan laboratorio

## **Suomalaisen kotikeräyspaperin siistattavuus**

Diplomityöaihe on hyväksytty kemiantekniikan osastoneuvoston kokouksessa

14.8.2002

Työn 1. tarkastaja      professori Hannu Manner  
Työn 2. tarkastaja      diplomi-insinööri Johanna Kelavirta

Työn ohjaajat          diplomi-insinööri Heikki Pakarinen  
                                 insinööri Petri Ruusu  
                                 kauppatieteiden maisteri Kyösti Pöyry

Kotkassa 8.9.2002

Anne Jernström  
Vesivallintie 27 as 10  
48600 Karhula  
Puh. 0500 701 685

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu  
Kemiantekniikan osasto  
Anne Jernström  
**Suomalaisen kotikeräyspaperin siistattavuus**  
Diplomityö  
2002

83 sivua, 35 kuvaa, 5 taulukkoa ja 2 liitettä

1. tarkastaja: Professori Hannu Manner
2. tarkastaja: Diplomi-insinööri Johanna Kelavirta

Hakusanat: Keräyspaperi, kotikeräyspaperi, siistaus, siistattavuus, painovärit  
Keywords: Recovered paper, collected household paper, deinking, deinkability, printing inks

Tämän diplomityön tavoitteena oli kartoittaa kotikeräyspaperin lajijakautumisesta ja eri jakeiden ikääntymiskäyttäytymisestä johtuvien siistausongelmien syyt sekä tutkia tulevaisuuden painotekniikan kehitystrendien asettamia vaatimuksia siistauslaitosten kannalta.

Kirjallisuusosassa tarkasteltiin siistauksen sekä erilaisten painatustekniikoiden teoriaa. Lisäksi siinä tarkasteltiin erilaisia siistattavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kirjallisuusosassa luotiin katsaus viimeaikaisiin painatuksen kehityksiin Suomessa sekä kartoitettiin painatuksen lähitulevaisuutta. Myös tulevaisuuden näkymiä siistauslaitosten kannalta tarkasteltiin.

Kokeellisessa osassa tutkittiin suomalaisen kotikeräyspaperin siistattavuusominaisuuksia pian painamisen jälkeen sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen kuluttua. Esitutkimusten perusteella siistattaviksi valittiin useita coldset offset painettuja sanomalehtiä, sekä kaksi syväpainettua ja yksi heatset offset painettu aikakauslehti. Kyseisten painotuotteiden siistattavuus-ominaisuuksia tarkasteltiin laboratoriomittakaavaisissa pulpperoinneissa sekä osin flotatoinneissa. Erilaisten painotuotteiden siistattavuutta tarkasteltiin ISO-vaaleus-,  $k_{700\text{nm}}$ -arvo-, ERIC-arvo-, CIE  $L^*a^*b^*$ - ja lika- ja painoväripilkkumittausten avulla.

Tutkittujen painotuotteiden kierrätysominaisuudet vaihtelivat niin tuoreena kuin vanhennettunakin helposti siistattavista jo tuoreena vaikeasti siistattavaan. Hyvän tuloksen koko vanhentamisen keston ajan antoivat suomalaiset aikakauslehdet sekä osa sanomalehdistä. Laboratoriotutkimuksissa havaittiin että painotalojen käyttämien painovärien, erityisesti värillisten painovärien, valinnalla on suuri vaikutus valmiin painotuotteen uusiokäyttöön. Tämän diplomityön antamien tulosten perusteella voidaan sanoa, että kotimaisen keräyspaperin viimeaikaiseen siistattavuuden heikkenemiseen on vaikuttanut eniten coldset offset painotuotteiden suuresti lisääntynyt väripainatuksen määrä.

## ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology

Anne Jernström

### **Deinkability of Finnish recovered paper**

Master's thesis

2002

83 pages, 35 figures, 5 tables, 2 appendices

1<sup>st</sup> supervisor: Professor Hannu Manner

2<sup>nd</sup> supervisor: M.Sc. Johanna Kelavirta

Keywords: Recovered paper, collected household paper, deinking, deinkability, printing inks

The objective of this thesis is to study the reason of current deinking difficulties. Another objective is to evaluate future trends in printing industry and their impact on deinkability.

In the literature part the theory of deinking and different printing methods as well as factors influencing deinkability are studied. In addition a survey of recent printing progresses in Finland is given and the future of printing industry is discussed. Also the future scenarios in deinking are reviewed.

In the experimental part the deinkability of Finnish recovered paper is examined freshly after printing and after three and six months aging. A selection of printed products consisting of several coldset offset printed newspapers, two gravure- and one heatset offset printed magazine paper is tested in laboratory-scaled repulping and partly in flotation. Deinkability is tested by ISO-brightness-,  $k_{700nm}$ -value-, ERIC-value-, CIE  $L^*a^*b^*$ - and dirt specks measurements.

The tests show considerable differences in the deinkability of the analysed printed papers. All magazine papers and part of the newspapers give good deinkability results during the laboratory tests. Some newspapers show poor deinkability already as freshly printed. It is observed that printing inks, especially color inks, have a great significance in deinkability of printed products. As a conclusion of this work, the decrease of deinkability of Finnish recovered paper is explained by the highly increased amount of color printing in newspapers.

## KIITOKSET

Esitän parhaimmat kiitokseni UPM-Kymmene Oyj:lle, Stora Enso Oyj:lle ja Paperinkeräys Oy:lle haasteellisesta ja mielenkiintoisesta diplomityöstä. Lisäksi haluan kiittää työni valvojaa professori Hannu Mannerta ohjeista ja kannustuksesta työni eri vaiheissa. Erityiskiitoksen ansaitsevat myös työni ohjausryhmään kuuluneet jäsenet: Kiitokset Johanna Kelavirralle hyvistä ideoista ja kehitysmahdollisuuksista sekä läheisestä tuesta, Petri Ruusulle oman siistausalan sekä kollegoidensa painatusalan asiantuntemuksen antamisesta käyttööni, Heikki Pakariselle vakuuttavan kokemuksen ja viisauden jakamisesta sekä Kyösti Pöyrylle oman alansa tiedosta sekä eri perspektiivistä paperinkierrätysprosessiin.

Parhaimmat kiitokset ansaitsevat kaikki Keräyskuidulla työssä olleet henkilöt, jotka ovat jaksaneet neuvoa ja kannustaa minua työni kaikissa vaiheissa. Sydämelliset kiitokset ansaitsevat laboratoriossa minun kanssani työskennelleet Helena Korhonen ja Marianne Valli, jotka ovat auttaneet minua oikeiden työskentelytapojen löytämisessä, väistelleet minua laboratoriossa työskennellessäni, sekä toimineet olkapäänä huonoina ja iloinneet kanssani hyvinä hetkinä.

Lämpimät kiitokset avusta sekä ainutlaatuisista tiedoista Sanoma WSOY:n Teemu Niemelle, joka on ollut auttamassa niin tämänhetkisen painatustrendien kuin myös tulevaisuuden painatuksen kehityssuuntien kartoittamisessa.

Erityiskiitokseni tyttärelleni Venlalle ihanasta seurasta, ainutlaatuisesta stressinpoistokyvystä sekä aina niin positiivisesta asenteesta. Rakkaat kiitokseni Petterille avusta ja kärsivällisyydestä diplomityötä tehdessäni, sekä kiitokset myös mukavista ja rentouttavista hetkistä niin Munapirtin rauhassa kuin kaupungin vilkskeessä. Lopuksi vielä haluan kiittää vanhempiani, sukulaisiani ja ystäviäni kaikesta siitä tuesta ja kannustuksesta, jota olen saanut diplomityöni aikana.

## SISÄLLYSLUETTELO

### KIRJALLINEN OSA

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Paperin keräys Suomessa</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Kotikeräyspaperin raaka-aineen koostumus</b> .....	<b>9</b>
3.1	Sanomalehtijae.....	9
3.2	Aikakauslehtijae .....	9
3.3	Toimistopaperijae .....	10
3.4	Muu painopaperi .....	10
3.5	Pahvijae .....	10
3.6	Epäpuhtaudet .....	11
<b>4</b>	<b>Siistaus</b> .....	<b>11</b>
4.1	Pulpperointi .....	11
4.2	Esilajittelu.....	12
4.3	Painovärin poisto .....	13
4.4	Lajittelu .....	13
4.5	Massan jatkokäsittelyt.....	13
<b>5</b>	<b>Siistattavuuteen vaikuttavat tekijät</b> .....	<b>14</b>
5.1	Siistauslaitoksen olosuhteet.....	14
5.2	Painatustekniikka, painatusolosuhteet ja painovärin tyyppi .....	15
5.2.1	Coldset offset-painatus .....	18
5.2.2	Heatset offset painatus.....	22
5.2.3	Syväpaino .....	24
5.2.4	Kohopaino.....	25
5.2.5	Fleksopaino .....	26
5.2.6	Silkkipaino .....	27
5.2.7	Digitaalinen painatus.....	28
5.3	Painettavan paperin ominaisuudet .....	30
5.4	Painotuotteen laji .....	31
<b>6</b>	<b>Painatuksen kehittyminen Suomessa viimeaikoina</b> .....	<b>32</b>

6.1	Painotuotteiden kulutus.....	32
6.2	Painatustekniikat.....	34
6.3	Painovärit.....	34
<b>7</b>	<b>Tulevaisuuden näkymät siistauslaitoksen kannalta .....</b>	<b>36</b>
7.1	Lainsäädäntö.....	36
7.2	Painotuotteiden kulutus.....	37
7.3	Painatustekniikat.....	38
7.4	Painovärit.....	39

## KOKEELLINEN OSA

<b>8</b>	<b>Tutkimuksen tarkoitus ja toteutustapa .....</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Tutkittava materiaali.....</b>	<b>42</b>
9.1	Tutkittavan materiaalin painopaikka ja painoväri .....	43
<b>10</b>	<b>Laboratoriokokeiden suoritus ja analysointimenetelmät .....</b>	<b>44</b>
<b>11</b>	<b>Tulokset ja tulosten tarkastelu.....</b>	<b>47</b>
11.1	Sanomalehtien siistattavuus .....	47
11.1.1	Tuhkapitoisuus.....	47
11.1.2	ISO-vaaleus.....	48
11.1.3	$k_{700\text{nm}}$ -arvo .....	51
11.1.4	Ink elimination .....	53
11.1.5	ERIC-arvo.....	55
11.1.6	CIE $L^*a^*b^*$ värikoordinaatit $a^*$ ja $b^*$ .....	56
11.2	Helsingin Sanomien siistattavuus .....	57
11.2.1	ISO-vaaleus.....	57
11.2.2	$k_{700\text{nm}}$ -arvo .....	60
11.2.3	Ink elimination .....	62
11.2.4	ERIC-arvo.....	63
11.2.5	CIE $L^*a^*b^*$ värikoordinaatit $a^*$ ja $b^*$ .....	64
11.3	Aikakauslehtien siistattavuus .....	65
11.3.1	$k_{700\text{nm}}$ -arvo .....	66
11.3.2	ERIC-arvo.....	67

11.3.3	CIE L*a*b* värikoordinaatit a* ja b* .....	68
11.4	Sanoma- ja aikakauslehtipaperin seoksen siistattavuus .....	69
11.4.1	ISO-vaaleus ja k-arvo .....	69
11.4.2	ERIC-arvo .....	71
11.4.3	CIE L*a*b* värikoordinaatit a* ja b* .....	72
11.4.4	Painoväri- ja likapilkut .....	73
<b>12</b>	<b>Tulosten luotettavuuden arviointi .....</b>	<b>74</b>
<b>13</b>	<b>Johtopäätökset .....</b>	<b>76</b>
13.1	Ehdotuksia jatkotutkimuksia varten .....	78
<b>14</b>	<b>Kirjallisuus ja liitteet .....</b>	<b>79</b>

## 1 Johdanto

Vuonna 2001 Suomessa kerättiin paperia ja kartonkia uusiokäyttöön 143 kiloa henkilöä kohden, mikä oli noin prosentin enemmän kuin edellisenä vuonna, paperin talteenottoasteeksi saatiin siten 74 % /1/. Paperinkeräys Oy hoitaa Suomessa suurimpana yrityksenä paperin keräystä sekä sen toimitusta uusiokäyttäjille. Kuvassa 1 on esitetty talteen otetun paperin määrä Suomessa vuodesta 1944 vuoteen 2000.

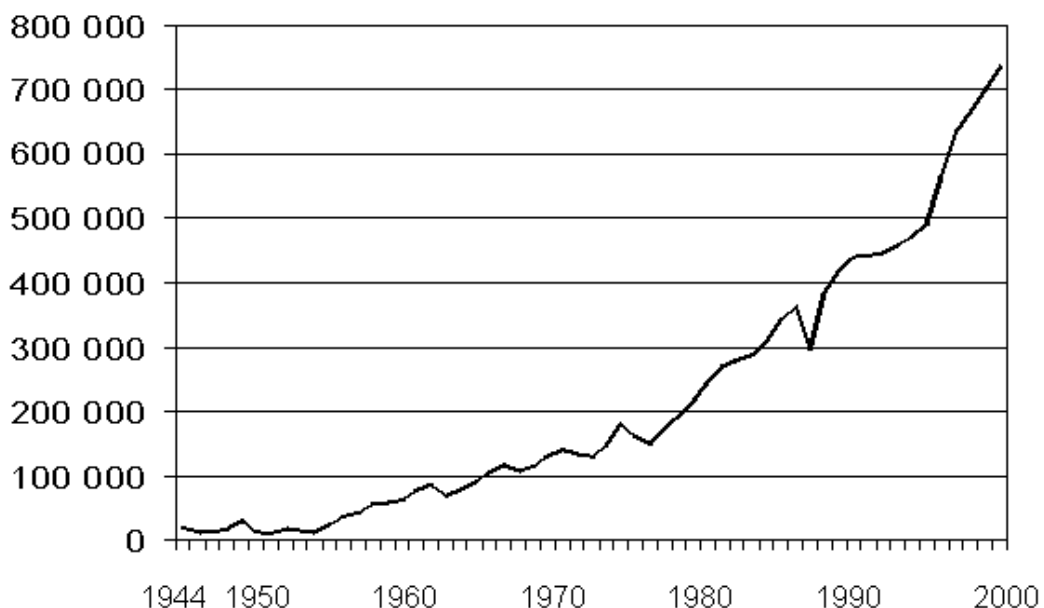


Figure 1. Recovery of paper in tons, in Finland from year 1944 to 2000 /2/.

Tämän työn tarkoituksena oli kartoittaa tämänhetkisten siivousongelmien syyt sekä tutkia tulevaisuuden painotekniikan kehitystrendien asettamia vaatimuksia siivouslaitosten kannalta. Kirjallisuusosassa on tehty katsaus siivousprosessista ja erilaisista painatusmenetelmistä, sekä tutkittu erilaisten painomenetelmien ja painoväri-en vaikutusta siistattavuuteen. Lisäksi siinä on tutkittu painamisen viimeaikaista kehittymistä Suomessa ja analysoitu tulevaisuuden trendien vaikutusta siistattavuuteen.



## 2 Paperin keräys Suomessa

Paperinkeräystä Suomessa hoitavat paperiteollisuusyritysten omistama Paperinkeräys Oy sekä lukuisat pienet yritykset ja jotkut kunnalliset jätehuolto-yritykset. Paperinkeräys Oy on vuodesta 1943 lähtien harjoittanut keräyspaperin talteenottoa, lajittelua ja lajitellun paperin toimittamista paperiteollisuuden käyttöön. Ensimmäisinä vuosina paperia kerättiin lähinnä suurilta paperin kuluttajilta, kirjapainoilta, paperin jatkojalostuslaitoksilta, pakkauksia käyttäviltä yrityksiltä ja julkisen sektorin laitoksilta. 40-luvun puolivälissä paperinkeräystoiminta laajeni kotitalouksiin, ensimmäiset keräyskampanjat järjestettiin vuonna 1947, jolloin paperin luovuttaja sai vastineeksi makeisia. 70-luvulle asti paperia kerättiin suoraan kuluttajilta erilaisten kampanjoiden avulla, 70-luvun alkaessa keräys muuttui ammattikeräysliikkeiden hoitamaksi. /3/

Ensimmäisinä paperinkeräyksen vuosikymmeninä keräyspaperia käytettiin siistämättömänä kartonkituotannon raaka-aineena, lähinnä kartongin välikerroksissa, raakakattohuovissa ja erilaisissa käärepapereissa. Vuonna 1978 Karhulaan valmistui Suomen ensimmäinen siistauslaitos Keräyskuitu Oy. Nykyään Suomessa toimii lisäksi kolme muuta siistauslaitosta Kaipolassa, Nokialla ja Mäntässä. Muita suurimpia keräyspaperin käyttäjiä ovat Corenso United Oy Ltd, Ahlstrom Cores Oy, Stora Enso Pankakoski Oy sekä M-real Savon Sellu. /4/

Taajamissa kiinteistön haltija järjestää keräysastiat ja -välineet asuin- ja liikekiinteistöihin. Haja-asutusalueella keräyspaperin tuottaja järjestää alueellisen keräyspisteen, jonka sijainti sovitaan yhdessä kunnan kanssa. Paperin tuottajan vastuulla on järjestää kuljetukset kiinteistöistä ja alueellisista keräyspisteistä yhdessä keräysliikkeen kanssa. Paperinkeräys Oy käsittelee ja varastoi paperin sekä järjestää sen kuljetuksen keräyspaperia hyödyntävälle tehtaalle.

### 3 Kotikeräyspaperin raaka-aineen koostumus

Painopaperimassaa valmistavan siistauslaitoksen raaka-aine koostuu suurimmaksi osaksi kotikeräyspaperista, tämän lisäksi käytetään kirjapainomakulatuuria, joka on painokoneelta tulevaa reunanauhaa. Viimeisimpien tutkimuksien mukaan suomalainen kotikeräyspaperi sisältää keskimäärin 57 % sanomalehtiä, 31 % aikakauslehtiä, 3-5 % toimistopaperia, 3-4 % muuta painopaperia, 1-2 % pahvia ja 2 % epäpuhtauksia. Tällöin sanoma- ja aikakauslehtien suhteeksi saadaan 64:36. /5, 6/ Keski-Euroopassa kotikeräyspaperin koostumus poikkeaa Suomalaisesta, esimerkiksi Ranskassa runsaat kaksi kolmasosaa keräyspaperista on aikakauslehteä.

#### 3.1 Sanomalehtijae

Sanomalehtijae sisältää enimmäkseen coldset offset painettua sanomalehteä, minkä keski-ikä siistaamolle saapuessa on 1,5 kuukautta. /5, 6/ Sanomalehtipaperi on valmistettu yleensä mekaanisesta massasta, mutta se sisältää usein myös keräyskuitua, varsinkin Keski-Euroopassa sanomalehtipaperi voi olla tehty yksinomaan uusiokuidusta. Tavallisesti sanomalehtiin käytettävä paperi on vaaleudeltaan hieman alle 60 ISO-%, ja sen täyteainepitoisuus on pieni, useimmiten alle 5 %, mutta paljon keräyskuitua sisältävän sanomalehtipaperin täyteainepitoisuus voi olla huomattavasti korkeampikin, aina 15 % asti. Tärkeimmät sanomalehtijakeen komponentit ovat Helsingin Sanomat, Ilta-Sanomat, Aamulehti, Iltalehti ja Turun Sanomat /7/.

#### 3.2 Aikakauslehtijae

Aikakauslehtijae sisältää nimensä mukaisesti aikakauslehtiä, lisäksi jakeeseen kuuluu mainokset ja kuvastot. Yleisimmät aikakauslehtien painomenetelmät ovat syväpaino ja heatset offset, mutta muitakin menetelmiä voidaan käyttää. Aikakauslehdissä käytetty paperi on usein LWC-paperia (light weight coated) tai SC-paperia

(supercalandered), ja se sisältää runsaasti päällyste- tai täyteainepigmentejä, tyypillisesti yli 30 %. Paperin ISO-vaaleus on yleensä alle 70 ISO-%, joissakin painotuotteissa käytetään vielä vaaleampaa paperia, joka vaaleus on jopa 80 ISO-%. Siistauslaitokselle saapuessaan aikakauslehtien keskimääräinen ikä on 10-12 kuukautta /5,6/. Tärkeimmät aikakauslehtien komponentit levikistä ja ilmestymiskerroista katsottuna ovat Seura, 7 Päivää ja Apu /8/.

### **3.3 Toimistopaperijae**

Toimistopaperijakeeseen kuuluu toimistoissa syntyvä kopiokone- ja tulostuspaperi sekä vihkot. Tämän jae ei ole toivottava sanomalehtipaperimassaa tekevillä siistauslaitoksilla, koska toimistopaperin korkea täyteainepitoisuus alentaa massan lujuutta ja nostaa uusiomassan tuhkapitoisuutta. Käytettyä toimistopaperia hyödynnetään pehmopaperien valmistuksessa.

### **3.4 Muu painopaperi**

Muut painopaperit koostuvat pääasiassa puhelinluetteloista, läpivärjätystä paperista ja kirjoista. Puhelinluettelot painetaan heatset offset painossa päällystämättömälle paperille. Luettelot vanhenevat loppukäyttäjillä painamisen jälkeen vähintään vuoden ennen kuin ne saapuvat siistauslaitoksille. Painoväri tarttuu tänä aikana vielä lujemmin kuituun ja on siten hankalasti siistattavissa. Tämän ominaisuuden, mahdollisesti läpivärjättyjen sivujen ja liimasidosten takia puhelinluettelot ovat ei-toivottuja siistauslaitoksilla.

### **3.5 Pahvijae**

Pahvijae sisältää pahvit, kartongit, kotelopakkaukset ja paperipussit. Monet pahvit on tehty valkaisuomattomasta massasta, joten niistä lähtöisin olevat kuidut erottuvat siistausmassasta tummina kuituina tai läiskinä. Myös osa kotelopakkausista tehdään valkaisuomattomasta massasta, lisäksi niissä voi olla mm. muovia ja vahaa, jotka huonontavat pakkausten hajoavuutta kuidutuksen aikana sekä lisäävät massan tahmaavien aineiden pitoisuutta.

### **3.6 Epäpuhtaudet**

Epäpuhtauksien suurimmaksi komponentiksi laskettiin Kaipolassa ja Keräyskuidulla vuonna 2001 tehdyissä tutkimuksissa kirjekuoret, virallisen jaottelun mukaisesti niitä ei kuitenkaan lasketa epäpuhtauksiksi. Virallisesti epäpuhtauksiksi lasketaan muovit, metallit, puunpalaset ja ylipäänsä kaikki paperille vieraat jakeet.

## **4 Siistaus**

Siistauksen tarkoituksena on saattaa keräyspaperi takaisin kuiduksi ja poistaa siitä painovärit ja muut mahdolliset epäpuhtaudet. Siistausprosessissa keräyspaperi pulperoidaan ja saadusta massasta poistetaan irtonainen painoväri joko pesun, flotaation tai niiden yhdistelmän avulla.

### **4.1 Pulperointi**

Pulperoinnissa paperi hajotetaan mekaanisen leikkausvoiman, veden ja kemikaalien avulla sulpuksi, jossa kuidut ja painoväripartikkelit sekä epäpuhtaudet ovat toisistaan irrallaan. Pulperissa sulpusta poistetaan suurimmat epäpuhtaudet, kuten muovit ja metallipalat. Erilaisia laitekonepteja ovat korkeasakeus- ja matalasakeuspulperi sekä kuidutusrumpu.

Pulpperointivaiheeseen lisätään useita erilaisia kemikaaleja, jotka osaltaan auttavat paperin hajotuksessa, painoväriin poistossa sekä sen irrallisena pitämisessä. Taulukossa I on esitetty yleisimmät pulpperoinnissa käytettävät kemikaalit.

Table I. The most common deinking chemicals /9, 10 s.219/.

Chemical	Dosage, %
NaOH	0,5 - 2
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1 - 2,5
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,5 - 1,5
Fatty acid / tensid	0,2 - 1,0

Natriumhydroksidin (NaOH, lipeä) tarkoituksena on pitää pH-arvo sopivan korkeana, lisäksi se turvottaa kuituja ja auttaa painoväriin irrottamisessa. Vesilasi (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, polymeroitu natriumsilikaatti) on vesiliukoinen polymeeri, joka pystyy sitomaan moniarvoisia ioneja ja absorboitumaan kolloidaalisten hiukkasten rajapintoihin. Vesilasi tehostaa painoväriin dispergointia sekä pitää sen dispergoituna, lisäksi se toimii pH-puskurina. /11/ Vetyperoksidia (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) käytetään kuiduttimissa estämässä alkalista kellastumista ja suurempina annoksina massan valkaisussa. Peroksidi pystyy myös hajottamaan offset-värien kuivuessa ja vanhetessa muodostamia kemiallisia poikittaissidoksia alkydisideainemolekyylien välillä, ja täten edesauttamaan painovärien irrotusta /11/. Rasvahapposaippuaa ja tensidejä käytetään irronneiden painoväripartikkelien kerääjinä. Näiden siistauskemikaalien lisäksi pulpperoinnissa voidaan käyttää muitakin apuaineita.

## 4.2 Esilajittelu

Pulperin jälkeen massa karkealajitellaan, jolloin siitä poistuu suurimmat epäpuhtaudet, kuten hiekka, kivet, niitit, lasi ja muovi. Karkealajittimena voi olla profiloitu reikärumpu, jonka reikäkoko keräyspaperimassalla on yleensä 7-9 mm tai painesihti, jonka sihtikorin reikäkoko on 1,0-4,0 mm. Myös pyörrepuhdistimia käytetään pulpperoidun massan puhdistamiseen.

### **4.3 Painoväriin poisto**

Painoväriin poisto voidaan suorittaa pesemällä tai vaahdottamalla, tai niiden yhdistelmällä, Euroopassa käytetään pääosin vaahdottamista eli flotaatiota. Flotaation avulla massasta pyritään poistamaan irtonainen painoväri ja mahdollisimman paljon paperin täyteaineita. Vaahdotuskennossa massa sekoitetaan pieniä ilmakuplia, jotka noustessaan ylöspäin keräävät pintaansa hydrofobisia painoväripartikkeleita. Tällöin kennon pinnalle syntyy vaahtoa, joka poistetaan massan päältä imemällä, kaapimalla tai ylijuoquemalla.

### **4.4 Lajittelu**

Flotaation jälkeen massa voidaan pyörrepuhdistaa, jolloin siitä poistuvat keskipakovoiman vaikutuksesta hiekanjyvät, pienet metallinkappaleet ja savikokkareet. Uusimmat karkealajittimet pystyvät poistamaan raskaita partikkeleita, joten pyörrepuhdistusta ei aina tarvita. Seuraavana vaiheena massan puhdistuksessa on lajittelu, yleensä rakosihtien avulla. Sihdit poistavat pieniä epäpuhtauksia, tahmoja ja kuitukimppuja. Käänteisellä pyörrepuhdistuksella pyritään vielä poistamaan kuituja kevyemmät aineet kuten lateksit, liimat, kumit ja muovit.

### **4.5 Massan jatkokäsittelyt**

Puhdistettu kuitusulppu saostetaan rumpusuotimilla, kiekkosuotimilla tai puristimilla. Saostuksessa massasta poistetaan veden mukana siihen liuenneita epäpuhtauksia, siistauskemikaaleja, hienoainetta ja pigmenttejä. Tämän jälkeen massa voidaan dispergoida, jonka tarkoituksena on irrottaa kuidussa edelleen kiinni olevat painoväripartikkelit jotta ne olisivat poistettavissa jälkiflotaatiossa. Lisäksi dispergointi pienentää massan joukossa olevat tahmopartikkelit harmittomamman kokoisiksi. Siistausmassa voidaan vielä uudelleen vaahdottaa tai pestä, jolloin saadaan poistettua dispergoinnissa irrotettu painoväri. Pesulla saadaan poistettua massaan jääneitä pieniä painoväripartikkeleita ja hienoainesta, ja näin vähennettyä massan täyteainepitoisuutta. Haluttaessa vielä vaaleampaa massaa, voidaan massa valkaista esimerkiksi vetyperoksidin tai ditioniitin avulla. Tavallisimmin valkaisu tehdään 1-2 % vetyperoksidiannostuksella, jolloin saavutettu vaaleuden nousu voi olla raaka-aineesta riippuen 5 ISO-% /10, s.315/.

## **5 Siistattavuuteen vaikuttavat tekijät**

Painetun tuotteen siistattavuuteen vaikuttavat siistauslaitoksen olosuhteet, painatus-tekniikka ja -olosuhteet, käytetty painoväri, käytetyn paperin ominaisuudet ja siistattavan paperin ikä. Näistä painomenetelmä, painovärin ominaisuudet ja painetun tuotteen ikä vaikuttavat eniten painotuotteen siistattavuuteen. Painovärin irtoaminen kuidusta riippuu sen koostumuksesta, painatustekniikasta ja painatusolosuhteista sekä painotuotteen vanhenemisestä. Painovärin poisto massasta riippuu taas sen koostumuksesta, lähinnä sen partikkelikoosta pulperoinnin jälkeen, partikkelien pintaominaisuuksista ja väriaineen vesiliukoisuudesta. Paperin pintaominaisuudet vaikuttavat osaltaan painovärin irtoamiseen.

### **5.1 Siistauslaitoksen olosuhteet**

Siistauslaitoksen olosuhteet ja laitteistoratkaisut vaikuttavat keräyspaperin siistaukseen. Pesusiistaus poistaa osittain erilaisia partikkeleita kuin flotaatiosiistaus, pesusiistauksen optimipartikkelikoko on pienempi kuin flotaatiosiistauksen. Flotaatiossa vaahdotuskennon rakenne ja vaahdotusyksiköiden lukumäärä vaikuttavat siistatun massan puhtauteen. Painoväriinpoistotehokkuus flotaatiokennossa riippuu mm. kennon muodosta, mekaanisista voimista, ilma/massa-suhteesta, ilmakuplien stabiilisuudesta ja niiden koosta. Painoväriinpoistoon menevän sulpun ominaisuudet vaikuttavat myös siistauksen onnistumiseen, näitä tekijöitä ovat mm. pH, lämpötila, ionilujuus, kovuus, sakeus, kuidun tyyppi ja mineraalisen pigmentin osuus. /12/ Flotaatiokennossa olevat kemikaalit vaikuttavat osaltaan painovärienpoistotehokkuuteen, mm. käytetäänkö kokoojakemikaalina rasvahappopohjaisia, synteettisiä vai semisynteettisiä kokoojia.

## **5.2 Painatustekniikka, painatusolosuhteet ja painoväriin tyyppi**

Yleisimmät ammattimaiset painomenetelmät ovat offset-, syvä-, koho-, flekso- ja silkkipaino, näistä painotuotteiden valmistamiseen käytetään eniten offset- ja syväpainoa. Lisäksi painotuotteita valmistetaan erilaisilla kosketuksettomilla painotavoilla, kuten mustesuihkumenetelmällä ja elektrofotografisilla menetelmillä, jotka ovat yleisimmin käytössä toimistoissa ja kodeissa. Kuvassa 2 on esitetty eri painomenetelmien käyttöalueet painosmäärän ja laadun suhteen. Kuva on tehty moniväripainatuksen käytöstä, mutta samat käyttöalueet ovat myös mustavalkoisella painatuksella /13/.



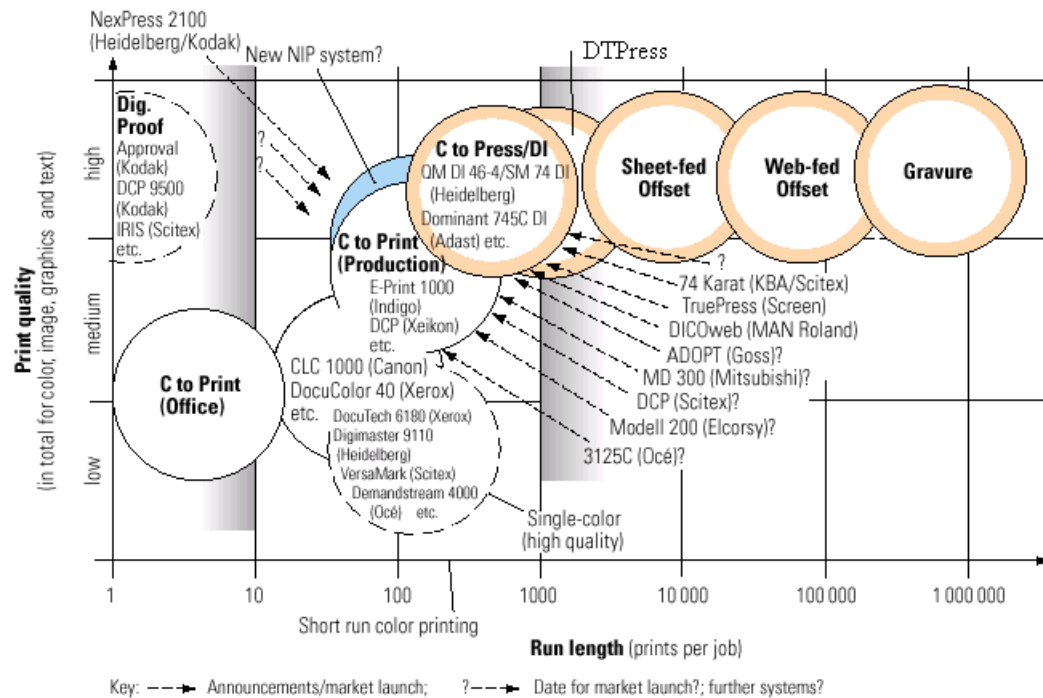


Figure 2. Positioning of printing processes and technologies for multicolor printing, status: 1999 /14, s.975/.

Painoväri koostuu pääosin seuraavista aineosista: väriaine (10-30 %), sideaine (10-30 %), liuotinaaine (0-70 %) ja lisäaineet (1-10 %) /15, s.265/. Väriaineet voidaan jakaa pigmentteihin, jotka ovat pieniä sideaineisiin liukenemattomia kiteitä sekä liukeneviin väriaineisiin. Painoväreissä pigmentit ovat yleisimpiä, ainoastaan flekso-värit ovat vesiliukoisia. Pigmentit voidaan jakaa kemiallisen luonteen mukaan orgaanisiin ja epäorgaanisiin pigmentteihin. Suurin osa värillisistä pigmentteistä on orgaanisia kun taas tavallisin musta pigmentti carbon black (hiilenmusta) on epäorgaaninen. Painoväriin sideainetta tehtävänä on saattaa väriaine painokelpoiseen muotoon ja kiinnittää se paperiin. Liuottimia käytetään painoväreissä sideainetta liuottamiseen, jonka lisäksi niitä käytetään viskositeetin säätämiseen, esimerkiksi syväpainossa värinsiirron sovittamiseen ajonopeuden mukaiseksi. Liuotin voi sisältää mineraaliöljyä, muita alifaattisia ja aromaattisia hiilivetyjä, ketoneita, estereitä ja alkoholeja. Liuotin on se painoväriin komponentti joka aiheuttaa eniten ympäristön kuormitusta painolaitoksissa /16/. Painoväriin lisäaineita vain

muutama prosentti, mutta niillä on lukuisia painovärien ominaisuuksia parantavia vaikutuksia. Lisäaineiksi lasketaan optiset kirkasteet, kuivumisen nopeuttajat, antioksidantit, tiksotropian edistäjät, kiinnittäjät, vahat, pehmittäjät, pinta-aktiiviset aineet, vaahdonehkäisyaineet, biosidit ja hajusteet.

Tavallisessa painotuotteessa tekstin peitto on alle 5 % koko paperin alasta kun taas värikuvissa se on 100 % osittain useammalla värillä päällekkäin painettuna. Kuvassa 3 on esimerkki nelivärikuvan värierottelusta.



Figure 3. Color separations for four-color printing /14, s.27/.

Kuvasta 3 nähdään että värikuva on painettu neljällä värillä päällekkäin. Jos värikuvan painoväristä saadaan poistettua 90 % siistausprosessissa, on jäljelle jääneen painovärien määrä enemmän kuin tekstissä käytetyn värin määrä ennen käsittelyä. Tämä suuri painovärien määrä tekee värikuvista tai yleensäkin kuvista vaikeammin siistattavia.

Erilaisilla painomenetelmillä on kullakin omanlaisensa painovärien koostumus sekä kuivatustapa, lisäksi saman painomenetelmän alla voi olla hyvinkin erilaisia painoväryyppöjä joiden siistattavuuskin on erilaista. Painovärien komponenteista siistattavuuteen vaikuttaa mm. väriaineen vesiliukoisuus ja liuotinaineen koostu-

mus. Esimerkiksi painovärissä käytetyt kasvis- vai mineraaliöljy voivat olla siistattavissa eri tavalla.

### **5.2.1 Coldset offset-painatus**

Coldset offset-painatus on laakapaino-menetelmä, jossa painatus perustuu painavan ja ei-painavan pinnan pintaenergiaeroihin pintojen ollessa samassa tasossa. Painolevyn tekstikohdat käsitellään vettähylykivällä rasvapohjaisella aineella, painettaessa levy kostutetaan ensin vedellä, jonka jälkeen siihen levitetään rasvapohjaista painoväriä, joka tarttuu painolevyn tekstikohtiin. Paperi painetaan painosylinteriä vasten ja painoväri kiinnittyy siihen. Coldset offset painatuksessa painovärin asettumismekanismi on painovärin penetraatio paperiin ja öljyn erottuminen väristä, erillistä kuivumisprosessia ei coldset painatuksessa ole. Painovärin asettumisella tarkoitetaan painetun värikerroksen muuttumista nestemäisestä puolikiinteäksi tai kiinteäksi /17, 18/. Kuvassa 4 on esitetty periaatekuva coldset offset painatuksesta.

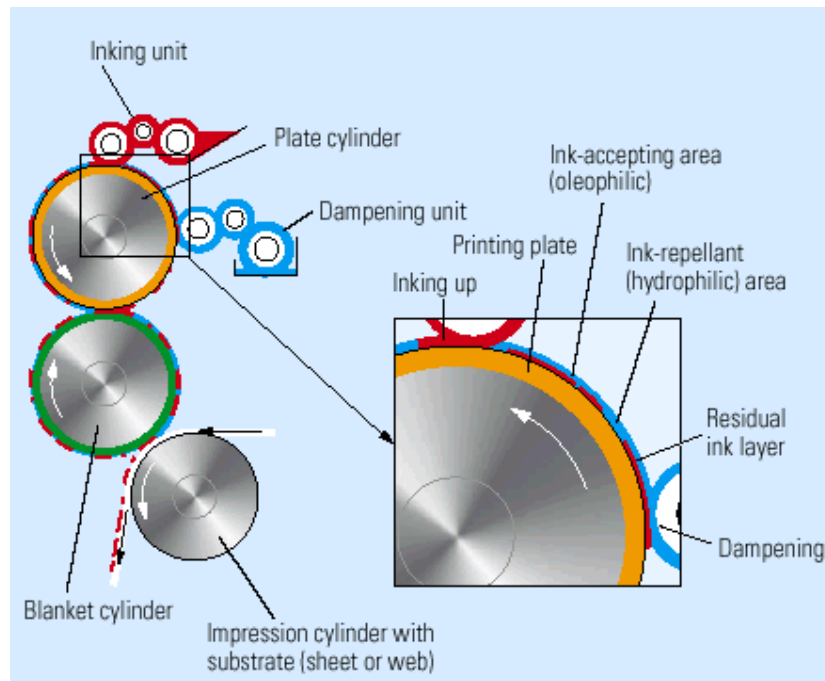


Figure 4. The principle of offset printing /14, s.54/

Coldset offset painovärit koostuvat pääosin öljystä (noin 60 %), joka Suomessa on yleisimmin mustassa painovärissä mineraaliöljyä, ja värillisessä painovärissä mineraali- tai kasvisöljyä, tai niiden sekoitusta. Muita painovärien komponentteja ovat väriaine (15-25 %), joka yleensä mustassa painovärissä on Carbon Black, sideaine (10-20 %), joka on esimerkiksi havupuusta tehty luonnonhartsijohdannainen ja lisäaineet (1-5 %) /10, s.269/. Painovärien komponenteista suurimmat vaikutukset siistattavuuteen on havaittu olevan käytetyllä öljyllä ja hartsilla. Perinteisesti käytetyn mineraaliöljypohjaisten painovärien tilalle on tullut joko kokonaan tai osittain kasvisöljypohjaisia painovärejä, joissa käytetään mänty-, pellava-, rapsi-, risiini- tai soiijaöljyä /10, s.283/. Kasvispohjaisia öljyjä on alettu ottaa käyttöön varsinkin värillisissä painoväreissä niiden vaaleamman sävyn, niiden pienempien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjen ja uudistuvan raaka-aineen vuoksi.

Siistattavuustutkimuksissa on havaittu kasvis- ja mineraaliöljypohjaisten painovärien irtoavan kuiduista yhtä hyvin heti painamisen jälkeen, mutta painojäljen vanhentuessa on eroja havaittavissa. Yleisesti on ajateltu offset painatuksen olevan helposti siistettävissä 2-3 kuukauden kuluessa painamisesta, mutta painovärien hapettumista tapahtuu jatkuvasti painatuksen jälkeen, ja se voi johtaa aiemminkin värin voimakkaaseen kiinnittymiseen kuituihin. Tässä tutkimuksessa havaittiin että jotkut painovärit tarttuvat kuituihin hyvin pian painamisen jälkeen niin etteivät ne tuoreenakaan ole helposti siistettävissä, siistattavuustutkimuksen tulokset on esitetty luvussa 11. Neliväripainatuksessa paperia ja samalla painojälkeä kostutetaan ei-painettavasta kohdasta, tämä kostumisen on arveltu saattavan aiheuttaa jo paperille painetun värin penetroitumista syvemmälle paperiin ja sen kuituihin /19/.

Kasvisöljypohjaiset painovärit voivat sisältää tyydyttymättömiä rasvoja, jotka saattavat painojäljen vanhentuessa aiheuttaa painovärin voimakkaan tarttumisen kuituihin. Kasvisöljypohjaisten painovärien siistattavuutta on paranneltu modifioimalla painovärissä käytettävää hartsia, jolloin saadut siistaustulokset ovat kasvis- ja mineraaliöljypohjaisilla painoväreillä samaa luokkaa, kasvisöljypohjaisilla painoväreillä jopa parempia. /20/

Mineraaliöljypohjaisilla painoväreillä pääasiallinen kuivumisprosessi on absorptio, hapettumistakin on havaittavissa heti painamisen jälkeen, mutta voimakkaammin kolmen kuukauden kuluttua. On osoitettu, ettei mineraaliöljyjen orgaaninen rakenne sanottavasti muutu oksidaation vuoksi /21/. Kuvassa 5 on esitetty mineraaliöljypohjaisten painovärien kuivumismekanismi.

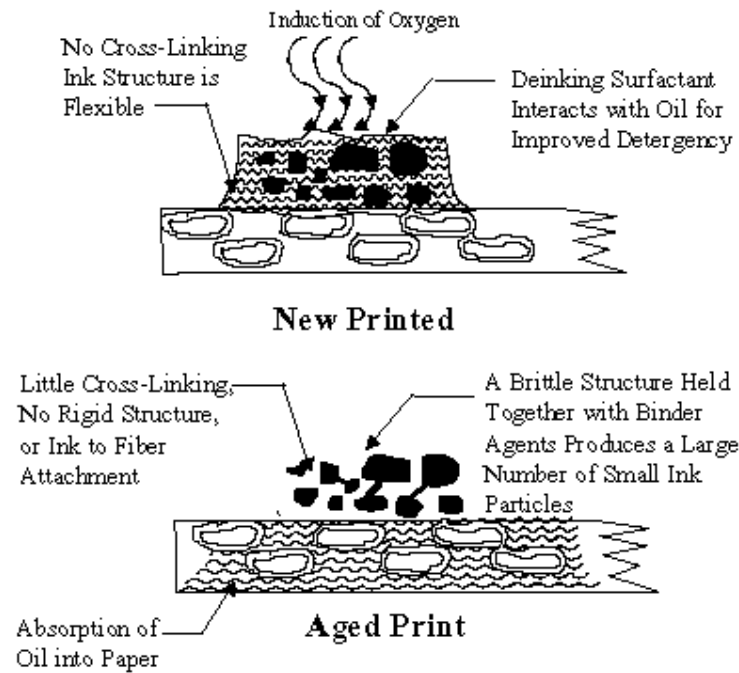


Figure 5. Drying mechanism for mineral oil based printing ink in coldest offset printing /22/.

Kasvisöljypohjaisilla painoväreillä kuivumisprosessi on myös absorptio ja oksidaatio, voimakkaimman hapettumisen tapahtuessa aikaisemmin kuin mineraaliöljypohjaisilla painoväreillä /23/. Kasvisöljypohjaisten painovärien orgaaninen rakenne muuttuu oksidaation takia merkittävästi, painoväriin syntyy karbonyyli- ( $C=O$ ) ja hydroksyyli-ryhmiä ( $-OH$ ). Hapettumisreaktiot kaksoissidoksissa kasvisöljypohjaisilla painoväreillä johtavat ristiinsilloittumiseen ja rasvahappojen lohkeamiseen. /22/ Kuvassa 6 on esitetty kasvisöljypohjaisten painovärien kuivumismekanismi.

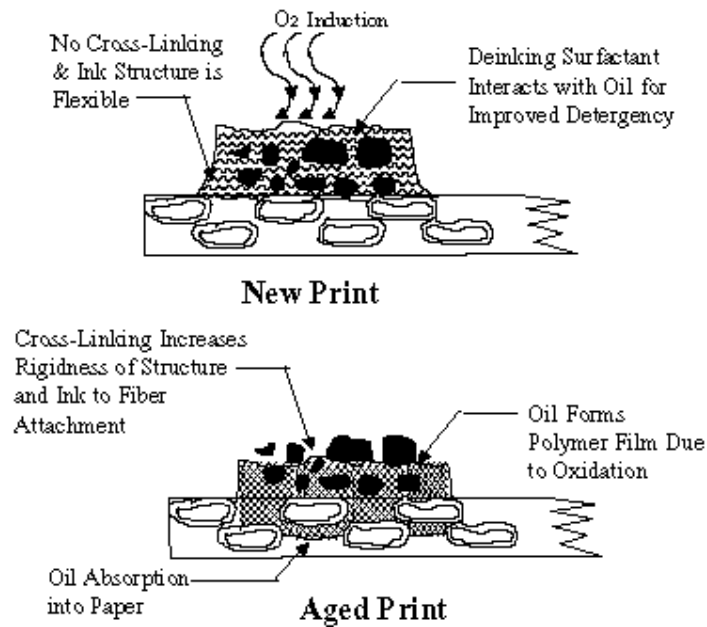


Figure 6. Drying mechanism for vegetable oil based printing ink in coldest offset printing /22/.

### 5.2.2 Heatset offset painatus

Heatset offset on laakapainomenetelmä, jossa painetaan jatkuvaa paperirataa, joka kuivataan puhaltamalla siihen lämmitettyä ilmaa. Painatuksen tekniikka on sama kuin coldset painatuksessa, erona on värin kuivattaminen painatuksen jälkeen. Heatset painatusta käytetään mm. puhelinluetteloissa ja joissakin aikakauslehdissä. Kuvassa 7 on periaatekuva heatset offset painosta.

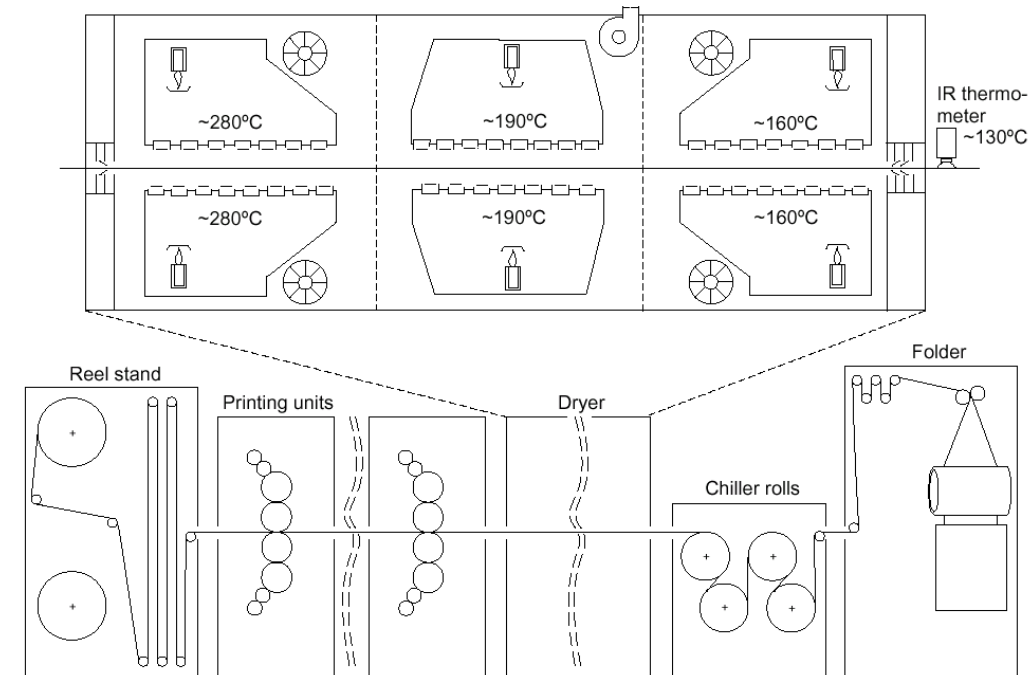


Figure 7. Basic structure of heatset offset press /15, s.162/.

Keskimäärin heatset painatuksessa käytetty painoväri koostuu öljystä (41 %), hartsista (35 %), väriaineesta (14 %), kalsiumkarbonaatista (7,5 %) ja vahasta (2,5 %) /24/. Painovärin asettumismekanismi paperiin on öljyn erottuminen väriaineesta, ja kuivumismekanismi on matalamoolimassaisten öljyjen haihtuminen paperista /15, s.157/. Painatusta kuivattaessa painovärin hartsia sulaa ja mukautuu paperin pinnan muotoihin.

Heatset offset painatuksen siistattavuudesta on tehty paljon tutkimuksia, joissa saadaan tekijästä ja rahoittajasta riippuen hieman erilaisia tuloksia, yleisesti ottaen kuitenkin voidaan sanoa, että heatset offset painatus on ainakin tuoreena helposti siistettävissä. Eräissä tutkimuksissa havaittiin, että painoväri siistautuu superkalantteroidusta (SC) paperista tuoreena paremmin kuin kevyesti päällystetystä paperista (LWC), koska LWC paperissa painoväri kiinnittyy päällysteen pigmentteihin eikä sitä saada helposti poistettua flotaation avulla. Toisaalta päällystetyssä paperissa ei ole kuituihin kiinnittynyttä jäännöspainoväriä, toisin kuin SC paperissa jossa



painoväri painetaan suoraan kuidun pintaan. Päälystämättömälle paperille painettu heatset offset painatus siistautuu vanhentuneena huonommin kuin päälystetylle paperille painettu painoväri, koska painoväri on tarttunut lujasti kuituun. Päälystetyn paperin siistattavuus jopa paranee painojäljen vanhentuessa, sillä päälystyspigmentiin tarttunut painoväri hapettuu vanhentuessaan parantaen painovärin irtoamista pigmentistä sekä parantaen sen poistamista flotaation avulla. /20/ Edellisestä tutkimuksesta poiketen on myös havaittu, että LWC-paperissa päälystyspigmentteihin kiinnittynyt painoväri poistuu kohtuullisen hyvin flotaation avulla, sillä flotaatioprosessissa LWC-paperin päälystyspigmentit poistuvat helpommin kuin SC-paperin täyteainepigmentit. Paperin päälyste sisältää pintaaktiivista ainetta, joka auttaa partikkelien flotatoitumista. /25/

### 5.2.3 Syväpaino

Syväpainomenetelmässä painoväri siirretään paperille kuparisylinterille kaiverrettujen pienten syvennysten avulla. Syvennysten halkaisijaa ja syvyyttä muuttamalla voidaan vaihdella painettujen väripisteiden kokoa ja paksuutta, ja siten painovärikerroksen paksuutta ja värin täyteläisyyttä. Kuvassa 8 on esitetty syväpainon kaaviokuva.

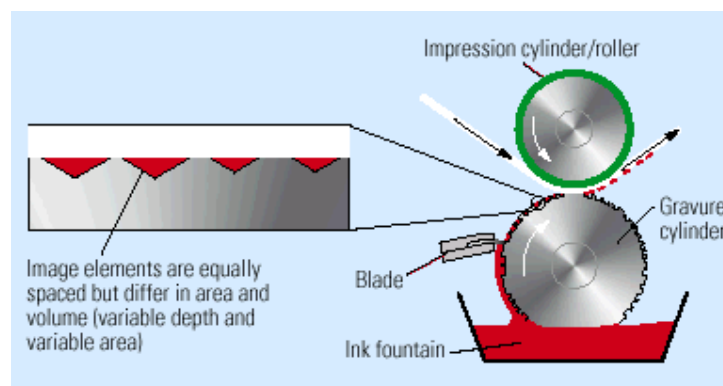


Figure 8. The principle of gravure printing /14, s.48/.

Syväpainossa käytetty painoväri koostuu väripigmentistä (5-10 %), sideaineesta (15-20 %), jonka tehtävänä on sitoa pigmenttipartikkelit paperiin ja antaa kiiltoa, ja liuottimesta (60-70 %), joka toimii kantajana sekä sideaineenliuottimena. Syväpainossa liuotin on yleensä tolueenia. /26/ Painovärin kuivumis- ja asettumismekanismi on liuottimen haihtuminen painoväristä. Syväpainomenetelmää käytetään nopeutensa ja hyvän painojäljen ansiosta aikakauslehdissä ja suuripainoksisissa luetteloissa. Koska painosylinterin valmistaminen on kallista, niin syväpainatusta käytetään vain suuriin painosmääriin. Tolueenipohjaisella syväpainovärillä painettu lehti siistautuu hyvin niin tuoreena kuin vanhempanakin, ainoa ongelma voi olla punainen painoväri joka saattaa massaan jäädessään värjätä sen. Kokeiluissa oleva vesipohjainen painoväri ei siistaudu yhtä hyvin kuin perinteinen syväpainoväri. Vesipohjaisen värin kehitystyö on laboratoriomittakaavaista, joten tekniikka ei ole vielä lähitulevaisuudessa tulossa käyttöön.

#### 5.2.4 Kohopaino

Kohopainossa käytetään metallisia kirjakkeita tai kuvalaattoja, jotka ovat kohollaan painotelan tai -levyn pinnassa. Ohut painovärikerros siirretään painoväriteloilta painopinnalle josta se siirretään välittömästi paperille. Painatuksessa käytetty painoväri koostuu pääosin mineraaliöljystä (75 %), painoväristä (20 %) ja piestä (5 %). Kuvassa 9 on esitetty kohopainon periaatekuva.

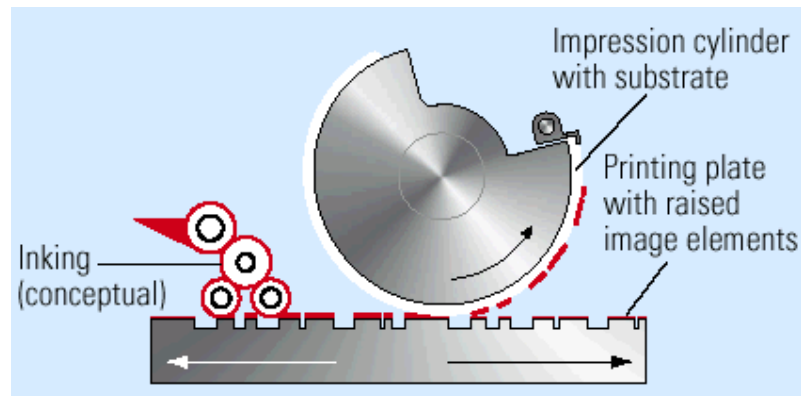


Figure 9. The principle of letterpress printing /14, s.46/

Viimeisten vuosikymmenien aikana kohopainatuksen käyttäminen on vähentynyt offset painamisen tullessa osittain sen tilalle. Kohopainettu painotuote on yleensä hyvin siistattavissa, sillä painoväriin komponentit ovat hydrofobisia ja painoväriin partikkelikoko pulperoinnin jälkeen on flotaatioon sopiva.

### 5.2.5 Fleksopaino

Flekso-painatus on kohopainatuksen sovellus, jossa painopinta valmistetaan joustavasta muovista. Kuvassa 10 on esitetty periaatekuva fleksopainatuksesta.

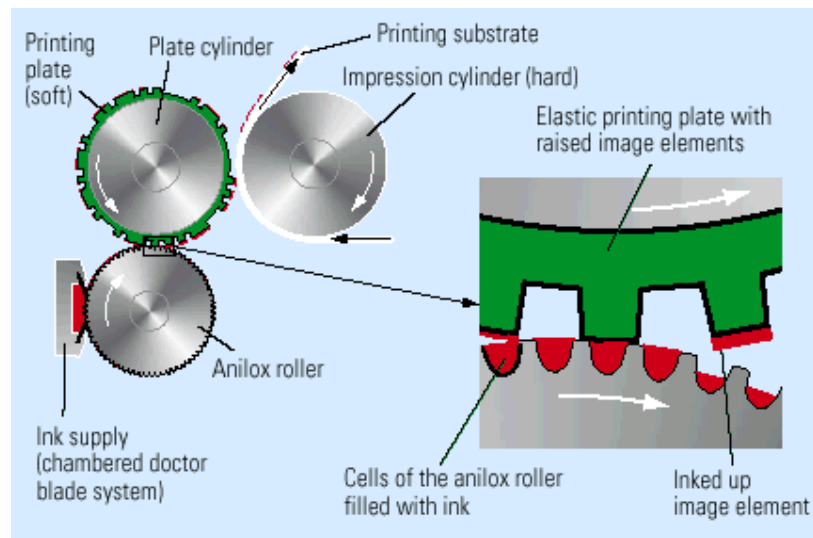


Figure 10. Flexographic printing unit /14, s.47/

Flekso-painatuksessa käytetään vesipohjaisia painovärejä, joiden ansiosta haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) määrä on vähäinen. Tämän vuoksi flekso-painatus on painotalolle houkutteleva painatustapa, tosin tällä hetkellä sitä käytetään lähinnä pakkauskartonkien painatuksessa. Flekso-painovärit sisältävät vesipohjaista akryyli- tai alkalilakkaa 60 %, väriainetta 18 %, vettä 14 %, alkoholia 4 % ja vahaa 4 % /27/.

Pienen partikkelikoon ja hydrofiilisen luonteen vuoksi flekso-painovärit ovat vaikeasti flotaatiolla poistettavissa, mutta pesusiistauksella ne saadaan poistettua massasta. Mustepartikkelit eivät hydrofiilisen luonteensa takia agglomeroidu perinteisillä kokoojakemikaaleilla. On havaittu että 5 % flekso-painettua sanomalehteä huonontaa massan vaaleutta noin 3 ISO-% /28/.

### 5.2.6 Silkkipaino

Silkkipainomenetelmässä, eli seripainossa, väri siirretään paperille halutuista kohdista väriä läpäisevän verkon tai kankaan läpi. Silkkipainoa käytetään pienille painoerille, lähinnä menetelmällä valmistetaan käyntikortteja, tarroja ja painatuksia vaatteisiin. Painoväriä silkkipainossa käytetään kyseiseen käyttökohteeseen sopivia sekoituksia, jotka voivat olla vesi- tai liuotinpohjaisia, tai ne voivat koostua liuotetuista muoveista. Kuvassa 11 on esitetty silkkipainon periaate.

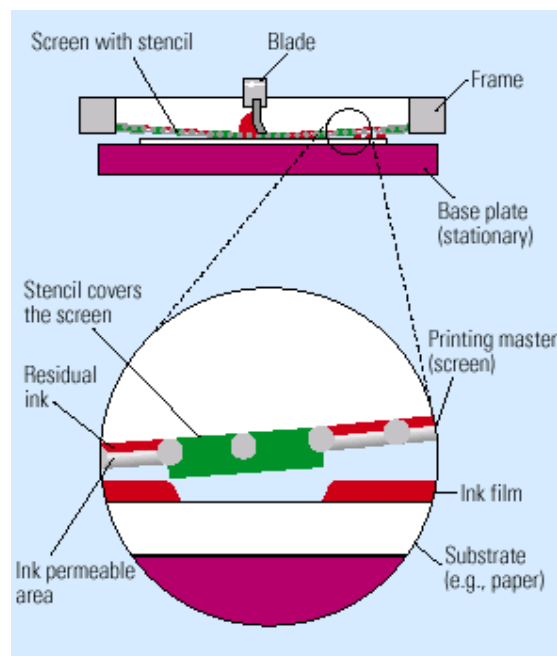


Figure 11. The principle of screen printing /14, s.56/.

### 5.2.7 Digitaalinen painatus

Digitaalisessa painatuksessa painettava informaatio siirretään suoraan tietokoneelta painokoneelle, tämä mahdollistaa painettavan materiaalin muuttamisen sivu sivulta. Tavallisesti digitaalisen painatuksen painomäärät ovat pieniä, ja tulostimia käytetäänkin pääosin toimistoissa ja kodeissa. Kaikista painotuotteista digitaalisesti painetaan noin 13 %. Yleisimmät digitaaliset painomenetelmät ovat

elektrofotografia ja mustesuihkutulostus, muita menetelmiä ovat mm. termosiirto ja elektrokoagulaatio. /29/

Tavallisimmat elektrofotografiaan perustuvat menetelmät ovat kopiokoneet ja lasertulostimet, mutta myös isompia painokoneita on olemassa. Elektrofotografisissa menetelmissä painoväri siirretään sähkökentän avulla painettavalle paperille johon se sulatetaan kiinni lämmön tai infrapunasäteilyn avulla. Kuvassa 12 on esitetty elektrofotografisen painatuksen periaate.

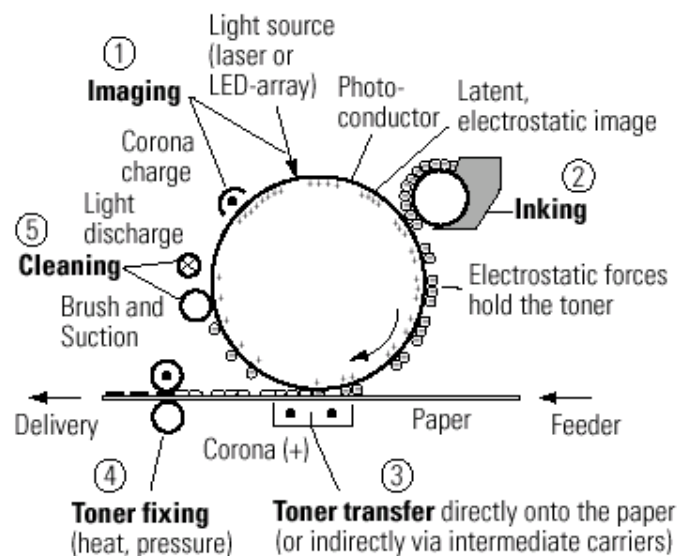


Figure 12. The basic structure of electrophotography /14, s.60/.

Elektrofotografisissa painomenetelmissä käytettävä painoväri koostuu 90-95 % hartsista, 3-5 % väriaineesta ja 1-3 % apuaineista /30/. Pulperoitessa digitaalisesti painettua paperia painoväripartikkelit irtoavat suurina ja pehmeinä levymäisinä partikkeleina, jotka ovat liian suuria poistettavaksi flotaatiolla, lisäksi ne eivät ole lajiteltavissa eivätkä dispergoitavissa.

Mustesuihku eli ink jet menetelmässä väriaine ohjataan pieninä pisaroina painettavalle paperille ilman erillisen painopinnan valmistamista. Kuvassa 13 on periaatekuva mustesuihkutulostimesta.

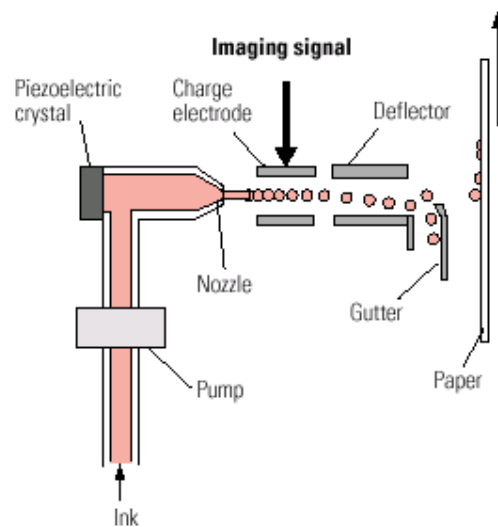


Figure 13. Functional principles for continuous ink jet /14, s.712/.

Mustesuihkutulostuksessa käytettävä painoväri tyypillisesti koostuu 80-83 % vedestä, 11-17 % glykolista, 2-4 % väriaineesta (azo väri) ja lisäaineista /31/. Painoväri kuivuu paperiin haihtumisen ja absorption avulla. Pulperoidessa mustesuihkutulostettua paperia painoväri irtoaa hyvin pieninä partikkeleina jotka on vaikea poistaa flotaation avulla.

### 5.3 Painettavan paperin ominaisuudet

Painettavan paperin ominaisuudet vaikuttavat pulperoinnissa irtoavien painoväripartikkelien kokoon. Huomattavia eroja painovärien partikkelikoossa on havaittavissa offset-, flekso- ja kohopainatuksessa pulperoitaaessa päällystettyä ja päällystämätöntä paperia. Taulukossa II on esitetty erilaisten painomenetelmien

partikkelikoko pulperoinnin jälkeen päällystetyllä ja päällystämättömällä paperilla. Flotaation optimipartikkelikoko on 10-250  $\mu\text{m}$ .

Table II. Ink particle size after repulping /32/

Printing method	Ink particle diameter, $\mu\text{m}$	
	Uncoated paper	Coated paper
Letterpress	2 - 30	10 - 100
Offset	2 - 30	50 - 100
Water-based flexo	0,3 - 1	0,7 - 2
Rotogravure	2 - 30	5 - 30
Laser print	40 - 400	40 - 400

Paperin päällysteellä on muutakin vaikutusta siistattavuuteen kuin siitä irtoavien painoväripartikkelien koko. Aikakauslehtipapereissa on havaittu, että päällystetystä paperista painoväri irtoaa paremmin kuin päällystämättömästä. Päällystetyn paperin painoväri irtoaa päällysteen mukana, kun päällystämättömässä paperissa se on voinut absorboitua kuituihin ja se voi olla siten vaikeammin siistattavissa. /10, s.288/ Eräessä heatset offset-painatus tutkimuksessa on havaittu, että superkalanteroidusta (SC) paperista saadaan flotaatiolla vaaleampaa massaa kuin kevyesti päällystetystä paperista (LWC), koska flotaatio poistaa huonosti päällysteessä kiinni olevaa painoväriä. Toisaalta päällystämättömän paperin kuituihin jää kiinni painoväriä joka vaikuttaa massan puhtauteen. /20/ Eräessä tutkimuksessa on havaittu TMP:stä tehdyn paperin siistautuvan huomattavasti paremmin kuin pelkästä siistausmassa tehdyn paperin, silloin kun sanomalehtipaperille on painettu paljon värikuvia /33/.

#### 5.4 Painotuotteen laji



Taulukossa III on esitetty erilaisten painotuotteiden kierrätettävyyden helppous sekä tuotteen vaihtoehtoinen hyödyntämistapa. Hyvyys kierrätysprosessissa on luokiteltu asteikolla 1-5, jossa 1 on huonoin ja 5 paras kierrätettävyys.

Table III. Different products and their impact on recycling /34/.

Product	Good to recycle	Alternatives
Self adhesive labels	1	Burn instead of recycle
Business forms	4-5	
Carbon paper	1	Burn
Cartons	5	
Catalogues	5	
Tinted paper	3	Burn or use in small quantities in the recycling process
Coloured paper	3	Burn or use in small quantities in the recycling process
Copy paper	4	
Corrugated boards	5	
Daily newspapers	5	
Envelopes – self adhesive	3	Burn or use in small quantities in the recycling process
Envelopes – water moistened	5	
Filter paper	1	Burn if contaminated
Food packaging	4-5	
Label paper	5	Use in new cartons or corrugated board
Laser-printed paper	4	
Magazines	5	
Paper packaging	5	
Photographic paper	1	Should be collected as special (hazardous) waste
Plastic laminated products	2	Burn
Postcards	5	
Printed promotional material	5	
Sack paper	5	Use in new cartons or corrugated board
Sticky notes	1	Burn instead of recycle
Thermal paper (used in some fax machines)	2	Burn
Waxed paper/cartons	3-4	
Wet strength paper	5	Use in new cartons or corrugated board
Window envelopes	3	Burn or use in small quantities in the recycling process

## 6 Painatuksen kehittyminen Suomessa viimeaikoina

### 6.1 Painotuotteiden kulutus

Viimeisen kymmenen vuoden aikana perinteisten sanomalehtien levikit ovat yleisesti ottaen laskeneet, esimerkiksi vuodesta 1990 vuoteen 2001 Helsingin Sanomien arkipainoksen levikki on laskenut 8,6 % ja Turun Sanomien arkipainoksen 17,2 %. Toisaalta samalla aikavälillä sanomalehdiksi luokitettujen iltapäivälehtien levikit ovat kasvaneet Ilta-Sanomien arkipainoksen 2,4 prosentista

Iltalehden 29,8 prosenttiin. /35/ Taulukossa IV on esitetty suurimpien aikakaus- ja sanomalehtien levikit vuodesta 1997 vuoteen 2001.

Table IV. Circulation of different news- and magazinepapers /35, 36/.

	Year				
	1997	1998	1999	2000	2001
Helsingin Sanomat, weekday	472056	472666	454707	446972	436009
Aamulehti, weekday	131444	132952	134047	133779	134340
Turun Sanomat, weekday	113284	113411	114739	114086	113076
Iltalehti, weekday	110597	118460	119907	126368	134777
Ilta-Sanomat, weekday	218185	219103	218010	214610	218829
Seura	265712	254504	267251	260590	257121
7 Päivää	204266	217307	223808	235273	255007
Apu	251736	254890	248247	255656	254762

Levikkien laskua on selitetty väestön vanhenemisella ja siten lehtien tilauksen lopettamisella, kiristyneellä mediakilpailulla ja tehokkaammalla toimistoautomaatiolla /37, 38/. Internet on vähentänyt yritysten tekemää painotuotetta, mm. vuosikertomuksia on siirtynyt internetiin samoin yritysten välisiä mainoksia ja esitteitä. Myöskin sähköpostiviestit ja tiedon jakelu levykkeillä ovat vähentäneet perinteisen offset-painatuksen määrää /39/. Aikakauslehtipuolellakin levikit ovat hieman laskeneet, mutta sen selvä havaitseminen on vaikeampaa, sillä yhden lehden levikin laskiessa toisen levikki kasvaa, lisäksi uusia painotuotteita tulee jatkuvasti markkinoille.

Viimeisen viiden vuoden aikana suomalaisten paperinkulutus on noussut viime vuoteen saakka, jolloin se kääntyi laskuun ollen asukasta kohden laskettuna 194 kiloa vuodessa. Samalla aikavälillä paperin keräysaste on noussut 61 prosentista 74 prosenttiin. /1/ Paperin keräysaste nousi vuodesta 2000 vuoteen 2001 seitsemän

prosenttia, mikä johtuu tehostuneesta keräystoiminnasta maaseudulla sekä kartonginkeräyksen lisääntymisestä. Tehostunut keräys näkyy keräyspaperin tuoreudessa ja sitä kautta sen siistavuudessa, myös kartonginkeräyksen tehostuminen näkyy nousevana kotikeräyspaperin puhtausasteena. /38/

## 6.2 Painatustekniikat

Painatustekniikoissa Suomessa ei viimeisten vuosien aikana ole tapahtunut suuria muutoksia, perinteiset painomenetelmät coldset ja heatset offset sekä syväpaino ovat yleisimmät. Fleksopainatustekniikka käytetään Suomessa lähinnä kartongeissa ja laminoiduissa papereissa, Euroopassa sitä käytetään tällä hetkellä sanomalehtien painatuksessa vain vähäisessä määrin Iso-Britanniassa ja Italiassa /40, 41/. Kohopainotekniikka on jäänyt vähitellen pois kun coldset offset on syrjäyttänyt sen. Yritys- ja kotitalouskäytössä elektrofotografiset painomenetelmät ovat yleistyneet mustesuihku- ja lasertulostimien hintojen laskiessa ja tulostustekniikan kehittyessä. Myös ammattimaiseen painatukseen on tullut digitaalista tekniikkaa, mutta sen osuus tällä hetkellä on vain jokusen prosentin koko painatuksen määrästä. Painetuissa tuotteissa värikuvien määrä on lisääntynyt, mikä näkyy varsinkin sanomalehdissä värillisten uutiskuvien ja mainosten lukumäärän kasvuna.

## 6.3 Painovärit

Painovärit ovat viimeisten vuosien aikana kehittyneet ympäristöystävällisempään suuntaan, aromaattiset öljyt ovat jääneet käytännössä kokonaan pois ja mineraaliöljyjäkin on osittain korvattu uusiutuvista luonnonvaroista tehdyillä kasvisöljyillä /40, 41, 42, 43, 44/. Väripainatuksessa coldset offset painoväreissä liuotinaineena käytetään yleensä osittain tai kokonaan kasvisöljyjä, lähinnä soijaöljyä, mutta myös mm. pellavaöljyä on käytössä /41, 42, 43, 44/. Kasvisöljyjen käyttöön värillisissä painoväreissä on siirrytty ympäristöystävällisyyden lisäksi

siksi että painoväriin pigmentit erottuvat selkeämmin ja kirkkaammin lähes värittömissä kasvisöljyissä. Myös mustassa painoväriä voi olla kasvisöljyä liuotinaineena, tosin sille ei ole tällä hetkellä Suomessa kysyntää, mutta asiakkaan niin halutessa voi mustan painoväriin koostumuksesta jopa 30 % olla kasvisöljyä /44/. Myös yleistyneet erilaiset ympäristömerkit asettavat vaatimuksia painoväriin koostumukselle, esimerkiksi arkki-offset painatuksessa Joutsenmerkin myöntämisen ehtona on, että painoväri saa sisältää korkeintaan 2 % uusiutumattomista luonnonvaroista tehtyä mineraaliöljyä /43/.

Offset coldset värien kosketuksen keston (set-off) on viime aikoina kiinnitetty huomiota ja siihen on saatukin parannusta. Painoväriin ominaisuuksien lisäksi myös painettavan paperin pintaominaisuuksilla on havaittu olevan vaikutusta painoväriin set-offiin /37/.

Syväpainoväreissä ei viimeisten vuosien aikana ole tapahtunut suuria muutoksia, jatkuvaa tuotekehitystä tehdään, mutta periaatteessa 30 vuotta sitten käytettyjä painovärejä voitaisiin käyttää vielä tänä päivänä. Viime vuosina syväpainovärejä on kehitetty modifioimalla niissä olevia hartseja, lähinnä on siirrytty käyttämään miltei yksinomaan mäntyöljyhartseja. /45/

Helsingin Sanomien Vantaan painotalossa on havaittu mustan painoväriin kulutuksen pysyneen viime vuosina jotakuinkin samalla tasolla, mutta värillisten painovärien kulutus on kasvanut vuodesta 1997 vuoteen 2001 liki 50 prosenttia. Kuvassa 14 on esitetty Helsingin Sanomien painovärien kulutus sekä lehden levikin muuttuminen vuodesta 1997 vuoteen 2001.

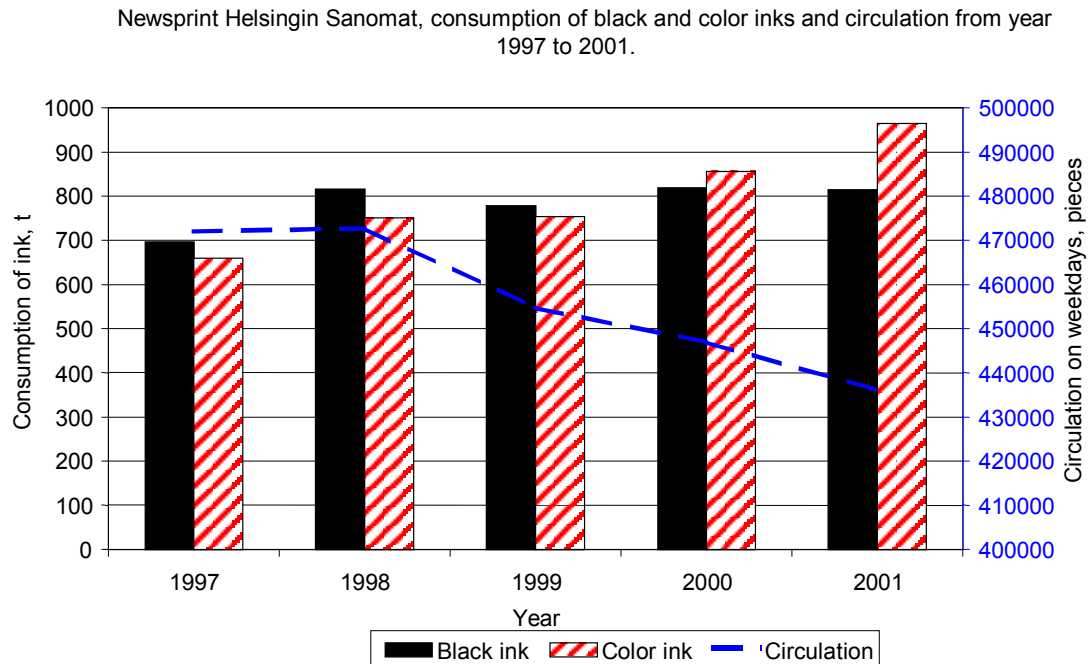


Figure 14. Consumption of black and color ink in Finland's most popular newspaper, on the other axel is the circulation on weekdays. /35, 46/

Verrattaessa Helsingin Sanomien painovärien kulutusta saman aikavälin levikin kehittymiseen, havaitaan lehdessä keskimäärin olevan painovärien määrän kasvaneen. Painovärien kulutuksen kasvu johtuu värikuvien määrän lisääntymisestä sanomalehdissä. Kulutus ei selity lehden sivumäärän kasvamisella, sillä lehdessä käytetty paperimäärä ei ole kasvanut samalla tavalla kuin painovärien kulutus /46/. Samansuuntainen trendi painovärien kulutuksessa ja värikuvien määrän lisääntymisessä on oletettavasti havaittavissa muissakin sanomalehdissä.

## 7 Tulevaisuuden näkymät siistauslaitoksen kannalta

### 7.1 Lainsäädäntö

Tulevaisuudessa erilaiset lainsäädännölliset muutokset tulevat vaikuttamaan siistauslaitoksille tulevaan raaka-aineeseen. Kesäkuussa 2001 voimaan tullut VOC-

direktiivi rajoittaa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä mm. painolaitoksissa. Tämä saattaa osaltaan vaikuttaa painovärien ja erilaisten painotapojenkin kehitykseen. Toisaalta nykyisiäkin painomenetelmiä voidaan muokata esimerkiksi parantamalla painokoneiden ilmastointia ja haihtuvien kemikaalien talteenottoa. Myös käytössä olevia painovärejä ja -papereita voidaan kehittää matalampipäästöiseen suuntaan ilman että säädösten takia täytyisi siirtyä kokonaan uudenlaiseen painatustekniikkaan.

Tuottajavastuun mukaan kotimaisten paperinvalmistajien ja paino- ja kirjoituspapereiden maahantuojien täytyy huolehtia käytetyn paperin keräyksestä ja uudelleen käytöstä /47/. Lisäksi valtioneuvoston päätös edellyttää, että paperi hyödynnetään ensisijaisesti raaka-aineena, ei energiana. Tämän valossa siistauslaitosten tulevaisuus näyttää turvatulta. Euroopassa on tehty tutkimuksia joiden mukaan paperin polttaminen ja hyödyntäminen energiana on havaittu olevan Saksassa kierrätystä ympäristöystävällisempää koska se vähentäisi uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Tulosten mukaan ympäristöä säästetään Saksassa eniten, jos kaksi kolmasosaa paperista poltetaan ja loput viedään kompostiin tai kaatopaikalle. Toisaalta Ranskassa vaaka kallistuisi selvästi kierrätyksen eduksi, koska maa tuottaa valtaosan energiastaan ydinvoimalla. Kun otetaan huomioon paperin polttamisen aiheuttama neitseellisen kuidun tarpeen ja sitä kautta puiden hakkuun kasvu niin keräyspaperin polttaminen ei ole järkevä vaihtoehto edes Saksassa. /48, 49/

## **7.2 Painotuotteiden kulutus**

Ihmisten lukutottumuksien ennustetaan pysyvän lähivuosina jotakuinkin samansuuntaisina kuin tällä hetkellä, elektronisten kirjojen ja lehtien lukemisen internetin kautta ei uskota syrjäyttävän perinteisiä painotuotteita, tai edes tulevan niiden rinnalle. Paperin kulutus Suomessa laski vuonna 2001 kahdeksan prosenttia edelliseen vuoteen nähden, mutta samalla paperin keräysaste kasvoi seitsemän

prosenttia, näiden tekijöiden odotetaan nostavan keräyspaperin tuoreutta ja puhtausastetta sen saapuessa siistauslaitoksille.

### 7.3 Painatustekniikat

Kuvassa 15 on esitetty eri painomenetelmien osuus painetusta materiaalista vuodesta 1970 vuoteen 2014, tulevaisuuden ennuste on tehty vuonna 1999. Osuudet pohjautuvat myytyjen painotuotteiden määrään.

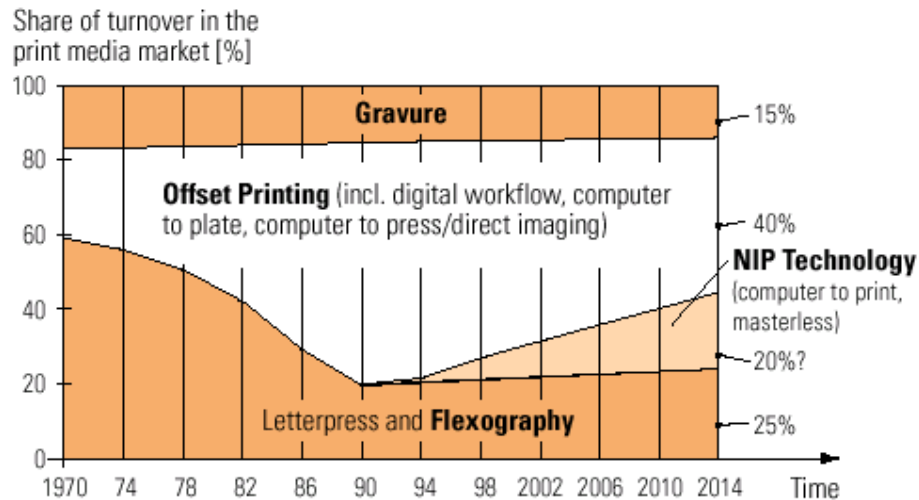


Figure 15. Proportion of the use of various printing technologies, based on the value of printed products sold. /14, s.979/

Digitaalinen painatus on yleistynyt viime vuosina, ja sen uskotaan jatkavan kasvamistaan myös lähitulevaisuudessa. Amerikassa ei uskota digitaalisen painatuksen syrjäyttävän perinteistä offset-painatusta vaan tulevan sen rinnalle erilaisten painotuotteiden valmistukseen /39/. Digitaaliset painokoneet ovat yleistyneet painotaloissa, mutta tällä hetkellä niiden kapasiteetti on vielä varsin pieni, jonka vuoksi ne ovat käyttökelpoisia ja edullisiakin esimerkiksi dokumenttituotteissa, käyttöohjeissa, esitteissä, muissa mainosmateriaaleissa ja pienpainostuotteissa. Koska digitaalisessa painatuksessa painotuotteen

kappalehinta ei laske painotuotteiden lukumäärän mukana, on se kustannuksiltaan kohtuullinen alle 5000 kappaleen painatuksissa. Kodeissa ja toimistoissa ennustetaan tulostamisen yhä lisääntyvän tietokoneiden ja erilaisten mustesuihkujä lasertulostimien yleistyessä.

Coldset offset tekniikka on kehittymässä tulostus levyille (computer to plate) ja tulostus suoraan rummulle (computer to press) suuntaan, nämä uudistukset vaikuttavat painotuotteen tasokkuuteen mutta eivät sen siistittävyyteen. Tulevaisuudessa coldset offset puolella kiinnitetään huomiota painoväriin ja painatuksen laatuun, lisäksi trendinä näyttäisi olevan värikuvien määrän lisääntyminen /37, 44/. Tällä hetkellä coldset menetelmällä ei ole sanomalehtien painatuksessa varteenotettavaa kilpailijaa, digitaalisen painatuksen kustannukset ja painokoneinvestoinnit ovat liian suuret jotta voitaisiin harkita suurilevikkisen sanomalehden siirtymistä digitaalisesti painettavaksi. Vantaalle ja muualle Eurooppaan tehtävistä suurista painokoneinvestoinnista voi päätellä, että perinteinen coldset offset painatus tulee säilymään tärkeänä painomenetelmänä sanomalehtien painatuksessa niin Suomessa kuin koko Euroopassakin. Italiassa ja Iso-Britanniassa jonkin verran käytetty fleksopainatus on tuskin lisääntymässä sanomalehtipuolella, ei ainakaan Suomessa. Pakkausten painatuksessa sitä kyllä käytetään huomattavissa määrin. /40/ Vedetön coldset offset tekniikka on tällä hetkellä laboratoriokokeiluasteella, mutta se ei ainakaan lähitulevaisuudessa ole todennäköinen vaihtoehto Suomessa, vaikka sen etuna onkin makulatuurin pieni määrä /37/.

Syväpainatuksen tulevaisuus Suomessa näyttää hyvin samanlaiselta kun tämänhetkinen tilanne. Mitään suuria muutoksia ei ole luvassa, eikä sellaisille nykyisen lainsäädännön valossa eikä painotalojen asiakkaiden vaatimusten vuoksi ole tarvettakaan.



#### **7.4 Painovärit**

Tällä hetkellä käytössä olevia painovärejä pyritään jatkuvasti parantamaan asiakkaiden toivomusten ja ympäristöystävällisyysnäkökohtien mukaisesti. Sanomalehdissä kasvisöljypohjaisten painovärien hyvä peittävyys ja sitä kautta mineraaliöljypohjaisia värejä pienempi kulutus tekevät niistä mielenkiintoisen vaihtoehdon, vaikka kasvisöljypohjaisten painovärien hinta on suurempi. Lisäksi lehden lukijakunta saattaa tulevaisuudessa toivoa mahdollisimman paljon uusiutuvista luonnonvaroista valmistettua painotuotetta.

Syväpainon painovärit säilynevät entisellään, koekäytössä on erilaisia painoväriratkaisuja, mutta näillä näkymin ja nykyisen lainsäädännön valossa syväpainoväreihin ei tule radikaaleja uudistuksia. Koekäytössä olevia hotmelt ja uv-kuivuvia painovärejä tuskin on tulossa yleisempään käyttöön /45/.

Tämänhetkisen painokonekannan vaihtumista uudempaan tekniikkaan saman painomenetelmän sisällä ei pitäisi siistauslaitoksilla havaita. Vanhemmalla ja uudemmalla painokoneella käytettävien värien ero on lähinnä niiden viskositeetissa, sillä sylinterien pyörimisnopeuden kasvaessa värin pitää pysyä suuremmissa nopeuksissa paikallaan ilman valumista. /41/

### **KOKEELLINEN OSA**

#### **8 Tutkimuksen tarkoitus ja toteutustapa**

Tutkimuksen tarkoituksena oli jäljittää Suomessa viime vuosien aikana havaittujen siistattavuusongelmien syyt. Sisäisissä ja ulkoisissa benchmarkkauksissa ei Keski-Euroopassa vastaavanlaista siistattavuuden heikentymistä ole havaittavissa, joten syytä huonontuneisiin vaaleustuloksiin ja lisääntyneisiin kemikaalienkulutuksiin lähdettiin jäljittämään analysoimalla suomalaisia julkaisuja ja vertaamalla niitä

kahteen saksalaiseen lehteen. Tutkimuksen kohteeksi valittiin mahdollisimman edustava otos Suomessa julkaistavia painotuotteita, pääpaino kohdistettiin sanomalehtien siistattavuuden analysointiin.

Painotuotteiden siistattavuutta tutkittiin useammalla eri menetelmällä sekä erilaisilla lehtikoostumuksilla. Siistattavuusanalyysit tehtiin tuoreena sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen. Saatuja tuloksia verrattiin sekä saman lehden eri tuoreusasteen välillä että eri painotuotteiden välillä. Lehtien vanhentaminen tehtiin normaaleissa toimiston olosuhteissa pääosin pimeässä kaapissa. Laboratoriokokeet suoritettiin Keräyskuitu Oy:n siistaamolla. Sanomalehdissä tutkimuksen kohteena olivat suuripainoksisimmat suomalaiset lehdet sekä kaksi saksalaista referenssinäytettä. Aikakauslehdissä analysoitiin kahden kotimaisen suurilevikkisen lehden siistattavuus. Helsingin Sanomista tutkittiin eri painopaikoissa ja osin eri painokoneilla valmistetut lehdet, sekä kahden eri painokoneen lehden väri- ja mustavalkopainatukset eroteltuna. Sanoma- ja aikakauslehtien seokseen valittiin tutkittaviksi molemmista jakeista suurilevikkisimmät lehdet siistauslaitoksen raaka-aineen suhteessa (64:36).

Sanomalehdet pulperoitettiin, ja niistä analysoitiin tuhkapitoisuus, ISO-vaaleus, k-arvo, ink elimination, ERIC-arvo, CIE  $L^*a^*b^*$  värikoordinaatit sekä väri- ja likapilkkujen määrä. Osa massasta hyperpestiin ja saadusta massasta määritettiin edellä mainitut analyysit, lisäksi laskettiin hyperpesun saanto. Kaikki näytteet analysoitiin tuoreena, ja suurimmalle osalle analyysit suoritettiin myös kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen.

Helsingin Sanomista eroteltiin kahdella Vantaan painokoneella painetuista lehdistä värikuvat mustavalko-painatuksista, ja niille tehtiin samat määritykset kuin edellisessä kappaleessa kuvattiin. Näytteet tutkittiin tuoreena sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen.

Aikakauslehdille tehtiin samat analyysit kuin sanomalehdillekin. Tutkimuksen kohteena olleet lehdet pulperoitettiin tuoreena sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen kuluttua.

Sanoma- ja aikakauslehtien seokselle tehtiin aiemmin mainitut tutkimukset, joiden lisäksi massa flotatoitiin. Flotaation saanto määritettiin, sekä sen akseptille tehtiin samat määrytykset kuin muillekin tutkittaville materiaaleille. Lisäksi flotaation rejektistä määritettiin tuhkapitoisuus, vaaleus ja värikoordinaatit.

## 9 Tutkittava materiaali

Laboratoriokokeisiin otettiin tutkittavaksi siistaamoille tulevan kotikeräyspaperijakeen pääasiallisimmat raaka-aineet. Koska sanomalehtipaperin osuus kerätystä paperista on 57 % ja aikakauslehtien 31 % /5, 6/, ja kirjallisuuden perusteella tiedetään, että aikakauslehdet siistautuvat sanomalehtiä paremmin, niin tutkimuksessa painotuttiin sanomalehtien siistattavuuteen. Tutkimuksessa oli mukana myös kaksi keskieuropalaista sanomalehtireferenssiä. Tutkittavat lehdet olivat:

- Helsingin Sanomat, Vantaan painotalo, 1. painokone, 28.8.2001
- Helsingin Sanomat, Vantaan painotalo, 7. painokone, 28.8.2001
- Helsingin Sanomat, Varkauden painotalo, 2. painokone, 28.8.2001
- Helsingin Sanomat, Forssan painotalo, 7. painokone, 28.8.2001
- Helsingin Sanomat, Nyt-liite, 21.9.2001
- Helsingin Sanomat, Kuukausliite, 1.10.2001
- Turun Sanomat, 24.8.2001
- Aamulehti, 1.9.2001
- Keltainen Pörssi, 22.3.2002
- Seura, 31.8.2001
- Apu, 31.8.2001
- Frankfurter Allgemeine, 7.9.2001
- Rheinische Post, 7.9.2001

Lisäksi tutkittiin Helsingin Sanomien kahden eri painokoneen mustalla painovärillä ja enimmäkseen värillisillä painoväreillä painettujen kohtien siistättävyyttä. Erillisenä tutkimuksena oli vielä siistauslaitosten raaka-aineen pääasiallisimman sanomalehden (Helsingin Sanomat, Vantaa 3. painokone, 24.9.2001) ja aikakauslehden (Seura, 21.9.2001) sekoituksen (64:36) analysointi ja flotaatio.

Tutkitut lehdet olivat hieman erilaisia pohjapaperiltaan ja painatukseltaan. Suomen sanomalehdissä oli paljon värikuvia, kun taas saksalainen Frankfurter Allgemeine oli miltei kokonaan mustavalkoinen. Saksalainen Rheinische Post sisälsi melkein yhtä paljon väripainatusta kuin suomalainenkin lehti. Kaikki sanomalehdet oli painettu coldset offset menetelmällä. Aikakauslehdistä Apu ja Seura oli painettu syväpainomenetelmällä superkalanteroidulle paperille kun taas Helsingin Sanomien Kuukausliite oli painettu päällystetylle paperille offset heatset menetelmällä.

### **9.1 Tutkittavan materiaalin painopaikka ja painoväri**

Helsingin Sanomien Vantaan painotalossa 1-koneella painetun lehden musta painoväri oli Akzo Nobelin valmistama ja värilliset painovärit Coates Lorilleuxin valmistamia. Koneella 7 painetun lehden musta ja värilliset painovärit olivat Coates Lorilleuxin tekemiä. Forssassa painetun Helsingin Sanomien mustan painovärin valmistaja oli Sun Chemical ja värillisten painovärien Sicpa. Varkauden Helsingin Sanomien musta painoväri oli Sicpan valmistamaa. /50/ Keltainen Pörssi oli painettu Helsingin Sanomien Lehtipainossa Varkaudessa ja Aamulehti oli painettu Aamulehden Lehtipainossa Tampereella. Helsingin Sanomien Nyt-liite oli tehty Helsingin Sanomien Forssan painossa ja Kuukausliite Hansaprintillä Helsingissä. Seura oli painettu Acta Print Oy:n painossa Espoossa ja Apu Helprint Quebecor Oy:n painossa Mikkelissä. Turun Sanomat oli tehty Turun Sanomien lehtipainossa Turussa. Rheinische Post oli painettu Rheinisch-Bergische Druckerei GmbH & Co. KG.

## 10 Laboratoriokokeiden suoritus ja analysointimenetelmät

Analysoitava paperi revittiin noin 2 \* 2 cm kokoisiksi palasiksi, palojen kuiva-aine määritettiin Mettler LP 16 pikakuivaimella. Paloja punnittiin pulpperointia varten 150 grammaa absoluuttisen kuivaa paperia vastaava määrä. Paperisilppu laitettiin Hobart N 50 laboriopulpperiin, jonne lisättiin myös kuitumäärään suhteutettuna 1 % natriumhydroksidia (NaOH), 2 % natriumsilikaattia (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), 1 % vetyperoksidia (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ja 0,2 % semisynteettistä kokoojakemikaalia (Raisapon EM35). Pulpperiin lisättiin tislattua vettä ja kovuus säädettiin kalsiumkloridilla (CaCl<sub>2</sub>) arvoon 15 °dH, eli 2,67 mmol/l, pulpperointisakeus oli 15 %. Pulpperointi suoritettiin 45 °C lämpötilassa nopeudella 2 ja sen kesto oli 20 minuuttia. Pulperoitu massa laimennettiin huoneenlämpöisellä vesijohtovedellä neljän prosentin sakeuteen ja sen annettiin imeytyä 10 minuutin ajan. Imeytysajan jälkeen massa laimennettiin vesijohtovedellä noin 1 % sakeuteen.

Laimennetun massan sakeus määritettiin menetelmän ISO 638:1978 mukaisesti ja siitä analysoitiin tuhkapitoisuus ISO 1762:2001 menetelmän mukaisesti 550 °C lämmössä 3 tunnin ajan. Massasta mitattu tuhkapitoisuus kertoo siinä olevan täyte- ja päällystysaineen määrän. Laimennetusta massasta valmistettiin bühner-suppilolla Schleincher & Schuell 589<sup>1</sup> suodatinpaperille 200 g/m<sup>2</sup> vaaleusarkki, joka kuivattiin alipainekuivaimella. Arkista mitattiin vaaleus ISO 2470:1999 menetelmän mukaisesti ja CIELAB-värikoordinaatit DIN 6174 mukaisesti, menetelmistä poiketen mittaukset suoritettiin laboratoriossa vallitsevissa olosuhteissa. Vaaleusmäärittäminen kertoo massan silmin havaittavan vaaleuden numeroarvona, tavallisen sanomalehtipaperin vaaleus on hieman alle 60 ISO-% ja aikakauslehtipaperin jonkin verran korkeampi. Värikoordinaatit kertovat massan tai paperin sävyn, kuvan 16 mukaisesti positiivinen a\*:n arvo kertoo näytteen olevan punertava, negatiivinen a\* kertoo sen olevan vihertävä, positiivinen b\* kertoo näytteen keltaisuudesta ja negatiivinen sinisyydestä.

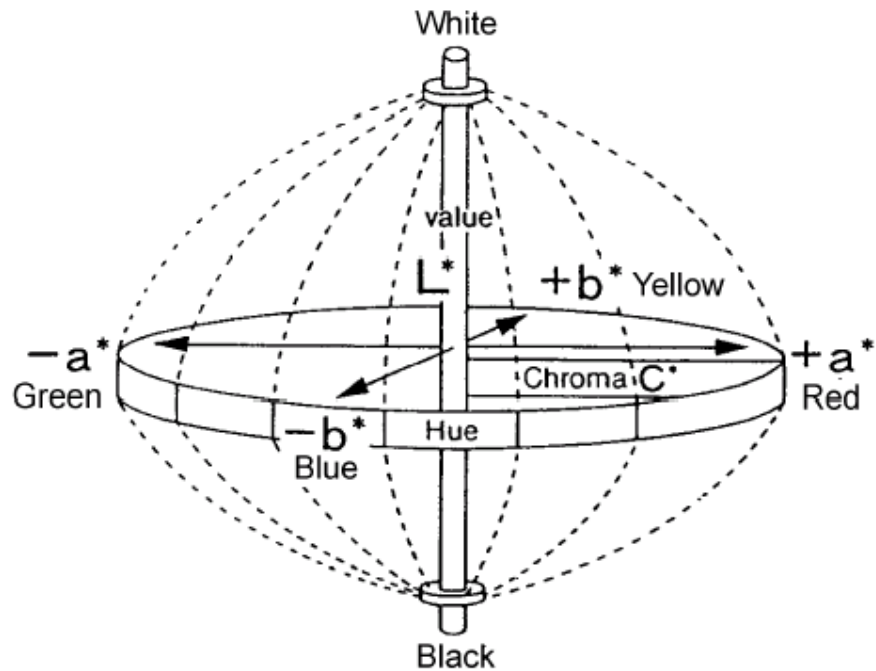


Figure 16. CIE  $L^*a^*b^*$  color space /51, s.172/

Massalietteestä valmistettiin bühner-suppilolla Schleincher & Schuell 589<sup>3</sup> suodatinpaperin päällä viisi arkkia joiden neliömassa oli 45 g/m<sup>2</sup>, arkit kuivattiin alipainekuivaimella. Arkeista mitattiin ERIC-arvo (Effective Residual Ink Concentration) Technidynen Color Touch 2-mittarilla (model ISO Spectrophotometer) T 567 pm-97 menetelmän mukaisesti ja  $k_{700\text{nm}}$ -arvo DIN 53145 ja DIN 54500 mukaisesti, menetelmistä poiketen mittaukset suoritettiin laboratoriossa vallitsevissa olosuhteissa. ERIC- ja  $k$ -arvot kuvaavat massassa olevan jäännöspainoväri määrää, mittaukset tehdään eri aallonpituudella, mutta ne korreloivat varsin hyvin toisiaan. ERIC-arvossa massan vaaleus ja kellastuminen eivät vaikuta tulokseen, joten eri aikoina ja eri massoista mitatut arvot ovat hyvin vertailukelpoisia. Toisaalta ERIC-arvo ei mittaa tehokkaasti värillisen painoväri määrää /52/. ERIC- ja  $k$ -arvot pulperoinnin jälkeen kuvaavat painoväri fragmentoitumista, arvot flotaation jälkeen kuvaavat massan laatua ja arvot hyperpesun jälkeen painoväri kiinnittymistä kuituihin. Ink elimination määritettiin INGEDE metodin 10 mukaisesti. Ink elimination kuvaa massasta poistetun

painoväriin määrää, pulpperoidusta massasta mitattuja k-arvoja verrataan hyperpestyn tai flotatoidun massan k-arvoihin ja niistä määritetään kaavan 1 mukaisesti ink elimination.

$$\text{Ink elimination} = \frac{k_{UP} - k_{DP}}{k_{UP} - k_0} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Massasta valmistettiin arkkimuotilla 80 g/m<sup>2</sup> laboratorioarkki, ja siitä mitattiin lika- ja painoväripilkkujen määrä PTS-Domas systeemillä mittausasetuksen ollessa file. Pilkkumittauksella analysoidaan optisia epäpuhtauksia, jotka huonontavat massan ja paperin laatua /53/. Pilkkumittaus ei suuren painovärimäärän vuoksi aina onnistunut, joten tuloksia ei ole useimmiten esitetty. Muutenkin lika- ja painoväripilkkujen analyysitulokset tuntuivat luotettavuudeltaan lähinnä suuntaa-antavilta eikä eksakteilta lukuarvoilta.

Osa massalietteestä hyperpestiin 50 ASDM (48 MESH) viiralla ja hyperpesun saanto määritettiin. Hyperpesu suoritettiin pesemällä massaa noin 30 °C vedellä kunnes suodosvesi oli kirkasta ja lähes kuidutonta. Hyperpesussa massa jää jäljelle vain pitkät kuidut, täyte- ja päällystysaineiden, muiden hienoaineiden ja irtonaisen painoväriin peseytyessä pois. Hyperpestyn massan analyysitulokset kertovat kyseisen paperin kuitujen potentiaalin, eli esimerkiksi optimaalisen puhtausasteen mihin siistauksella voidaan päästä. Pestystä massasta määritettiin ISO-vaaleus, värikoordinaatit, väripilkut, k-arvo, ERIC-arvo ja tuhkapitoisuus edellä mainittujen menetelmien mukaisesti.

Siistattavalle seokselle sanoma- ja aikakauslehteä tehtiin yllä mainitut tutkimukset ja niiden lisäksi se flotatoitiin Voith Sulzerin Delta25 laboratorioflotaatiokennolla. Flotaation näytemäärä oli 20,5 litraa ja ilmavirtaus ensimmäiset 6 minuuttia 4,7 dm<sup>3</sup>/min ja seuraavat 6 minuuttia 7,4 dm<sup>3</sup>/min kokonaisflotaatioajan ollessa näin 12 minuuttia. Flotaation lämpötila oli noin 25 °C ja sulpun kovuus 2,67 mmol/l. Flotaation saanto määritettiin ja akseptista mitattiin vaaleus, värikoordinaatit,

ERIC- ja k-arvo, tuhkapitoisuus ja väripilkut. Osa flotaation akseptista hyperpestiin ja pesun saanto määritettiin. Hyperpestystä näytteestä analysoitiin vaaleus, värikoordinaatit, ERIC- ja k-arvo, tuhkapitoisuus ja väripilkut. Flotaation rejektistä määritettiin tuhkapitoisuus, vaaleus ja värikoordinaatit.

## 11 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 11.1 Sanomalehtien siistattavuus

Kaikki analysoidut sanomalehdet oli painettu coldset offset painomenetelmällä. Sanomalehdissä käytetyn paperin koostumus vaihteli silmämääräisen tarkastelun ja tuhkapitoisuuden perusteella pääteltynä lähes pelkästään mekaanisesta massasta valmistetusta liki yksinomaan siistatusta massasta valmistettuun.

#### 11.1.1 Tuhkapitoisuus

Taulukossa 5 on esitetty ISO 1762:2001 menetelmän mukaisesti analysoitu sanomalehtien tuhkapitoisuus.

Table 5. Ash content of newspapers, analysed from fresh sample.

Sample	Ash content, %
Standard newspaper	2,16
Helsingin Sanomat, Vantaa	2,96
Helsingin Sanomat, Forssa	4,82
Helsingin Sanomat, Varkaus	2,20
Aamulehti	6,18
Turun Sanomat	11,01



Rheinische Post	2,37
Frankfurter Allgemeine	14,15
Helsingin Sanomat, Nyt	3,39
Keltainen Pörssi	2,55

Helsingin Sanomien, Aamulehden ja Rheinische Postin paperit sisälsivät vähän täyteaineita, ja visuaalisesti tarkasteltuna niissä oli jonkin verran tummia kuituja ja mustepartikkeleita. Näiden perusteella voi tulkita käytetyn paperin koostuneen suurimmaksi osaksi mekaanisesta massasta, mutta mukana oli myös jonkin verran siistausmassaa. Turun Sanomien paperi oli varsin pilkullista, ja sen tuhkapitoisuuskin oli suuri, joten todennäköisesti siinä oli paljon siistausmassaa. Frankfurter Allgemeine vaikutti olevan painettu kokonaan siistausmassasta tehdylle paperille.

### **11.1.2 ISO-vaaleus**

Seuraavassa kuvassa on esitetty painotuotteen marginaalin vaaleus ja pulpperoidun massan hyperpesty vaaleus tuoreena ja 3 ja 6 kuukauden vanhentamisen jälkeen. Lisäksi kuvassa on lehden tuhkapitoisuus.

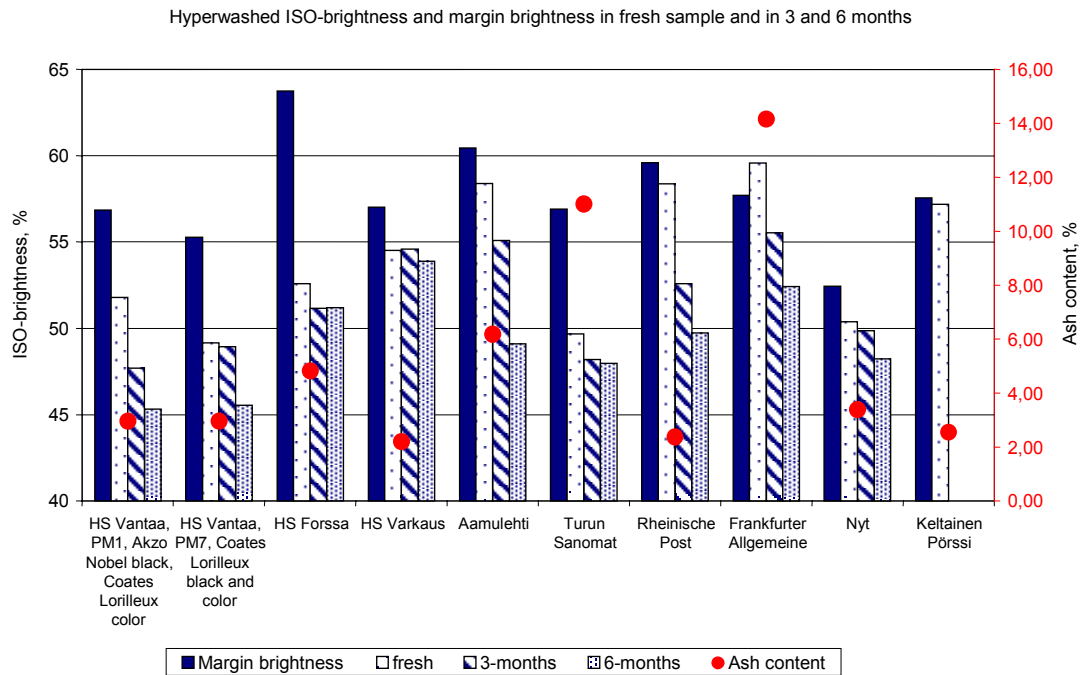


Figure 17. ISO-brightness of newspaper, measured from margin and from repulped and hyperwashed sample, fresh, 3 and 6 months. Ash content of newsprint.

Kuvasta 17 voidaan havaita että sanomalehtipaperin marginaalin vaaleus on välillä 55-64 %, yleisimmin jonkin verran alle 60 ISO-%, mikä onkin jotakuinkin standardi sanomalehtipaperin vaaleus (noin 59 ISO-%). Marginaalista mitattu vaaleus ei ole aivan sama asia kuin painatuksessa käytetyn paperin vaaleus, sillä lehteä painettaessa marginaalikin saattaa saada väriä itseensä. Marginaalin vaaleus antaa kuitenkin hyvän vertailukohtaan analyysihin paperin vaaleudesta. Tuoreena pulperoidun ja hyperpestyn lehden vaaleus on yleensä matalampi kuin marginaalin vaaleus, mikä johtuu toisaalta hienoaineen ja täyteainepartikkelien peseytymisestä pois sulpusta ja toisaalta painovärin tartumisesta kuituun. Hyperpesun vaaleus pitäisi olla reilusti yli 50 ISO-%. Alle 50 ISO-% tulokset ovat huonoja, sillä siistausmassan tavoitevaaleus on 60 ISO-% tuntumassa. Matalat siistauslaitoksen raaka-aineen vaaleudet edellyttäisivät siistatun massan valkaisua.

Osa tutkittavista näytteistä antoi tuoreena erinomaisen vaaleustuloksen, Varkaudessa Sicpan väreillä painettu Helsingin Sanomat, Keltainen Pörssi, Aamulehti, Rheinische Post ja Frankfurter Allgemeine siistautuivat hyvin tuoreena. Joillain lehdillä ja painoväreillä painatus tarttui lujasti kiinni kuituihin pian painatuksen jälkeen, eikä se tuoreenakaan pulperoitessa lähtenyt kunnolla pois kuidusta. Tällä tavalla käyttäytyi Helsingin Sanomien Vantaan Coates Lorilleuxin väreillä painettu lehti, samoin Forssassa Sun Chemicalin ja Sicpan väreillä painettu Helsingin Sanomat. Myös Turun Sanomien painoväri tarttui kiinni kuituihin ennen tuoreena tehtyä pulperointia. Sanomalehden keski-ikä siistauslaitokselle saapuessaan on alle 1,5 kuukautta, joten kokeissa tuoreen lehden analyysitulokset kuvaavat parhaiten siistauslaitoksilla vallitsevaa tilannetta.

Jotkut painovärit lähtivät tuoreena pois massasta, mutta olivat huonosti siistattavissa ennen kolmen kuukauden ikää, eikä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen tuloksissa tapahtunut enää suurta vaaleuden laskua. Tällä tavalla käyttäytyivät Vantaalla Akzo Nobelin ja Coates Lorilleuxin väreillä painettu Helsingin Sanomat sekä Rheinische Post. Toisaalta jotkut painovärit siistautuivat vielä kolmen kuukauden ikäisinä yhtä hyvin kuin tuoreena, tällaisia olivat Varkaudessa Sicpan väriellä painettu Helsingin Sanomat, Helsingin Sanomien Nytiliite sekä Vantaalla Coates Lorilleuxin väreillä painettu Helsingin Sanomat, tosin kahden jälkimmäisen vaaleustulokset ovat hyväksyttävän 50 ISO-% alapuolella.

Kuusi kuukautta vanha painatus oli useimmissa tapauksissa todella huonosti siistattavissa. Hyväksyttävän 50 ISO-% rajan ylittivät vain Forssassa ja Varkaudessa painetut Helsingin Sanomat sekä Frankfurter Allgemeine. Näin vanhaa sanomalehteä tulee siistauslaitoksille kohtuullisen vähäisiä määriä.

Todella hyvin vaaleusanalyyseissä koko vanhentamisprosessin läpi pärjäsi Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat, josta painoväri lähti hyvin pois sekä tuoreena että vanhennettunakin. Myös Saksalaiset referenssilehdet antoivat tuoreena hyviä siistattavuustuloksia, kuten myös Aamulehti ja Keltainen Pörssi.

### 11.1.3 $k_{700\text{nm}}$ -arvo

Kuvassa 18 on esitetty tuoreena pulperoidun sekä 3 ja 6 kuukautta vanhenne-  
tetun sanomalehden k-arvot. k-arvo kuvaa massassa olevan painovärin määrää,  
siistausmassaa sisältävän standardi sanomalehtipaperin k-arvo on alle  $2 \text{ m}^2/\text{kg}$ .

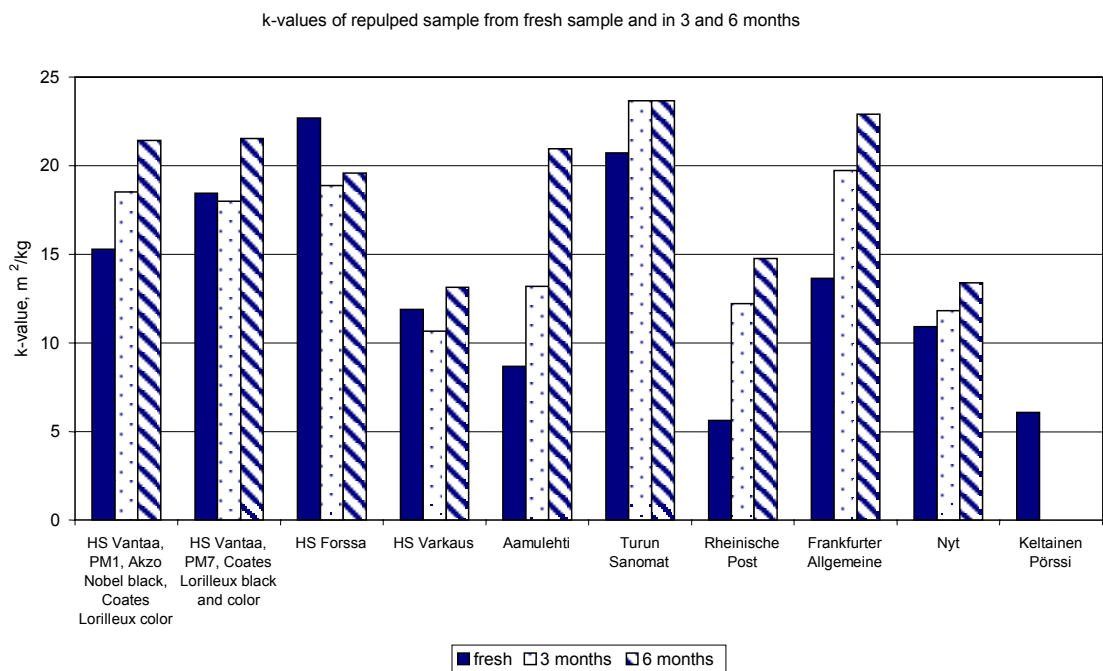


Figure 18. k-values of repulped newspapers.

Kuvasta 18 havaitaan tuoreen pulperoidun massan k-arvojen vaihtelevan  
Rheinische Postin reilusta  $5 \text{ m}^2/\text{kg}$  Turun Sanomien liki  $23 \text{ m}^2/\text{kg}$ . Suomalaista  
sanomalehdistä vain Keltainen Pörssi oli samoissa lukemissa kuin  
keskieurooppalainen kohtuullisen paljon neliväripainatusta sisältävä lehti.

Kuvasta havaitaan pulpperoidun paperin k-arvon yleisimmin pysyvän samana painotuotteen ikääntyessä, mutta joillakin lehdillä k-arvot nousevat ikääntymisen myötä. k-arvon kasvamiseen painotuotteen ikääntyessä vaikuttaa vanhentuneen painovärin hauraampi rakenne ja sitä kautta sen pilkkoontuminen tuoretta painatusta pienemmiksi partikkeleiksi.

Kuvassa 19 on hyperpestyn massan k-arvot tuoreesta ja 3 ja 6 kuukautta vanhennetuista näytteistä. Hyperpestyn massan k-arvot kuvaavat kuidussa edelleen olevan painovärin määrää.

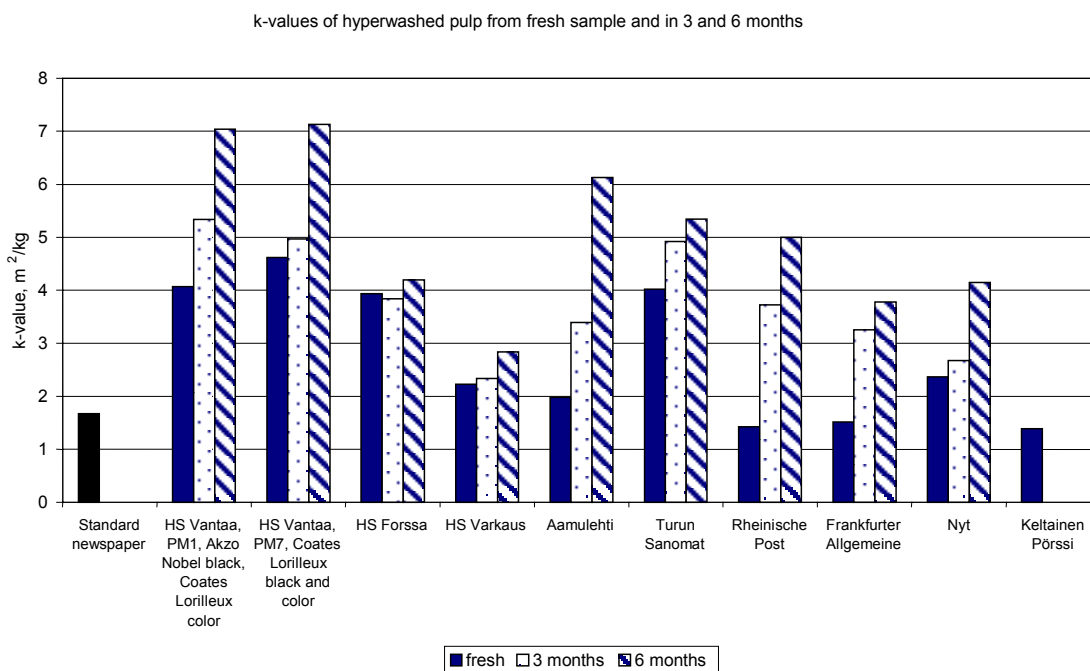


Figure 19. k-values of hyperwashed pulp.

Kuvan 19 mukaan verrattaessa tuoreen sanomalehden pulperoinnin ja hyperpesun jälkeisiä k-arvoja siistausmassaa sisältävään painamattomaan sanomalehtipaperiin havaitaan joidenkin sanomalehtien antavan jo tuoreena huomattavasti toivottua suurempia k-arvon lukemia. Molemmat keskieurooppalaiset referenssit olivat hyvin siistattavissa tuoreina, mutta osan suomalaisista lehdistä k-arvo oli jo pian

painamisen jälkeen liian korkea. Turun Sanomissa pohjapaperi sisälsi ilman painatustakin paljon värillisiä kuituja, joten pelkän pohjapaperin k-arvo oli oletettavasti korkea. Hyvään tulokseen tuoreena pääsivät Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat, Helsingin Sanomien Nyt-liite, Aamulehti, Keltainen Pörssi, Rheinische Post ja Frankfurter Allgemeine.

Kolme kuukautta vanhennetuista sanomalehdistä jotkut painovärit irtosivat erinomaisesti ilman merkkejä painatuksen tarttumisesta kuituun. Erinomaisen tuloksen koko koesarjan läpi antoi Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat. Forssassa painettu Helsingin Sanomat piti oman k-arvotasonsa läpi tutkimuksen, mutta se oli liian korkea. Saksalaisissa sanomalehdissä suurin painoväriin vanhentuminen tapahtui jo ennen kolmea kuukautta, samoin kotimaisessa Turun Sanomissa. Toisaalta Vantaalla 7. painokoneella tehdyssä Helsingin Sanomissa sekä Helsingin Sanomien Nyt-liitteessä suurin vanheneminen tapahtui kolmen kuukauden jälkeen, ennen kuuden kuukauden ikää.

#### **11.1.4 Ink elimination**

Kuvassa 20 on esitetty sanomalehtien ink elimination, joka on laskettu pulpperoidun massan ja siitä hyperpestyn massan k-arvoista. Ink elimination kertoo paljonko massassa pulperoinnin jälkeen olleesta painoväristä on saatu poistettua hyperpesun avulla.

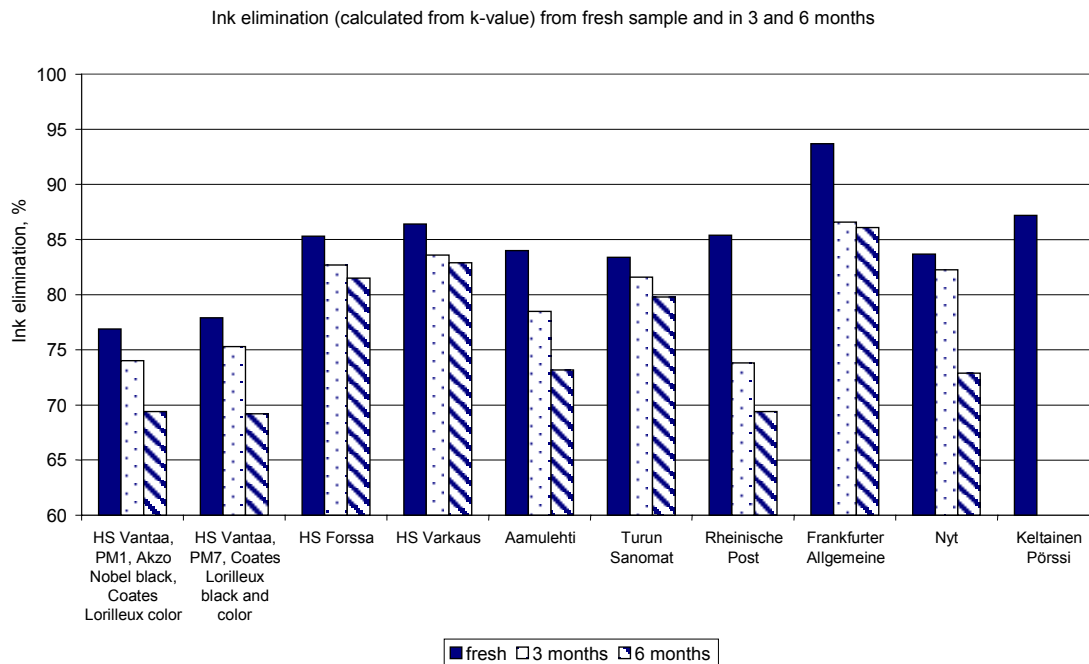


Figure 20. Ink elimination of newspapers, measured from k-values.

Kuvasta 20, kuten edellisistäkin kuvista, havaitaan että painoväri poistui tuoreesta lehdestä paremmin kuin vanhenneesta. Eri sanomalehtien ja eri painopaikkojen välillä oli suuria eroja, esimerkiksi saman päivän Helsingin Sanomista lähti painoväri parhaiten Varkaudessa painetusta. Verrattaessa suomalaisia sanomalehtiä keskieurooppalaisiin havaittiin Frankfurter Allgemeine siistautuvan parhaiten.

Ink elimination saattaa antaa väärän kuvan massassa olevan painovärin määrästä, sillä siinä ei ole huomioitu painotuotteessa olevan painovärin määrää. Esimerkiksi paljon painoväriä sisältävän lehden ink elimination lukema 85 % ei ole välttämättä tyydyttävä, kun taas vähän väriä sisältävän lehden 60 % on johtuen jo alun perin vähäisemmästä painovärin määrästä. Tämän vuoksi ink elimination lukemia tulisikin aina tarkastella rinnakkain ISO-vaaleustulosten kanssa.

### 11.1.5 ERIC-arvo

Kuvassa 21 on esitetty pulperoidun ja sen jälkeen hyperpestyn massan ERIC-arvot. ERIC-lukemat kuvaavat massassa olevan painovärin vaikutusta. Mittaustulokseen ei vaikuta näytteen vaaleus, valkaisu tai sen ikääntymisen aiheuttama kellastuminen. Tavallisen siistausmassaa sisältävän paperin ERIC-arvo on noin 100 ppm.

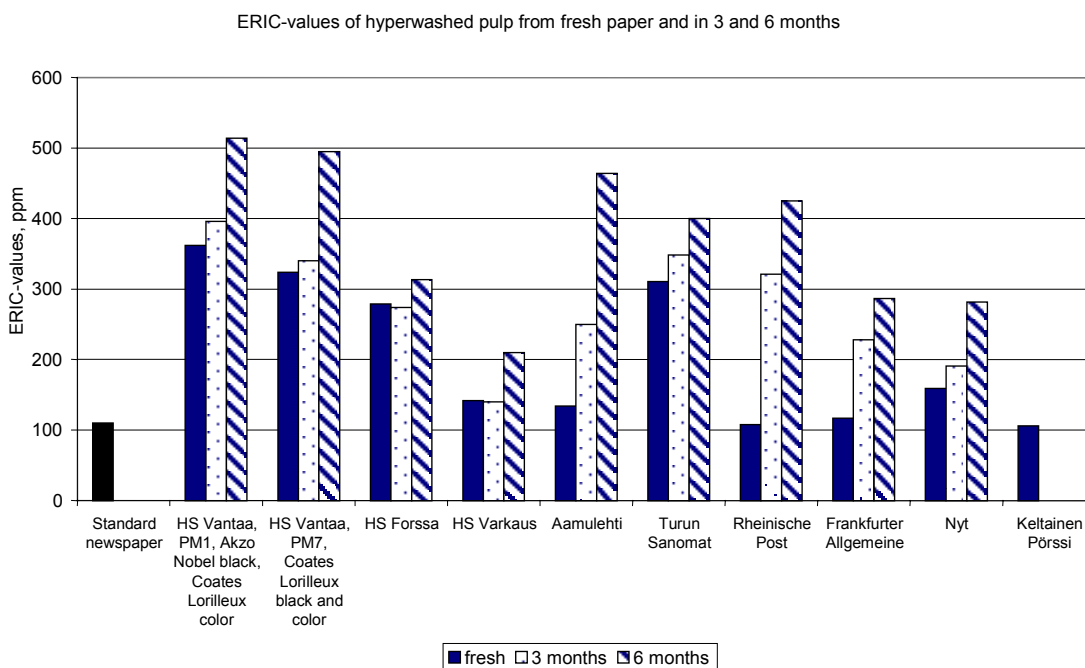


Figure 21. ERIC-values of repulped and hyperwashed newspapers.

ERIC-arvot korreloivat hyvin k-arvojen kanssa, kuva 21 tukee hyvin kuvan 19 perusteella tehtyjä johtopäätöksiä. Hyvän painovärinpoisto-tuloksen antoivat Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat, Aamulehti, Rheinische Post, Frankfurter Allgemeine ja Keltainen Pörssi, myös Helsingin Sanomien Nyt-liite siistautui kohtalaisesti.



### 11.1.6 CIE L\*a\*b\* värikoordinaatit a\* ja b\*

Kuvassa 22 on sanomalehtien CIE L\*a\*b\* mukaiset värikoordinaatit a\* ja b\*, osiossa laboratorionkokeiden suoritus ja analyysimenetelmät on kuvassa 16 esitetty CIE L\*a\*b\* väriavaruus.

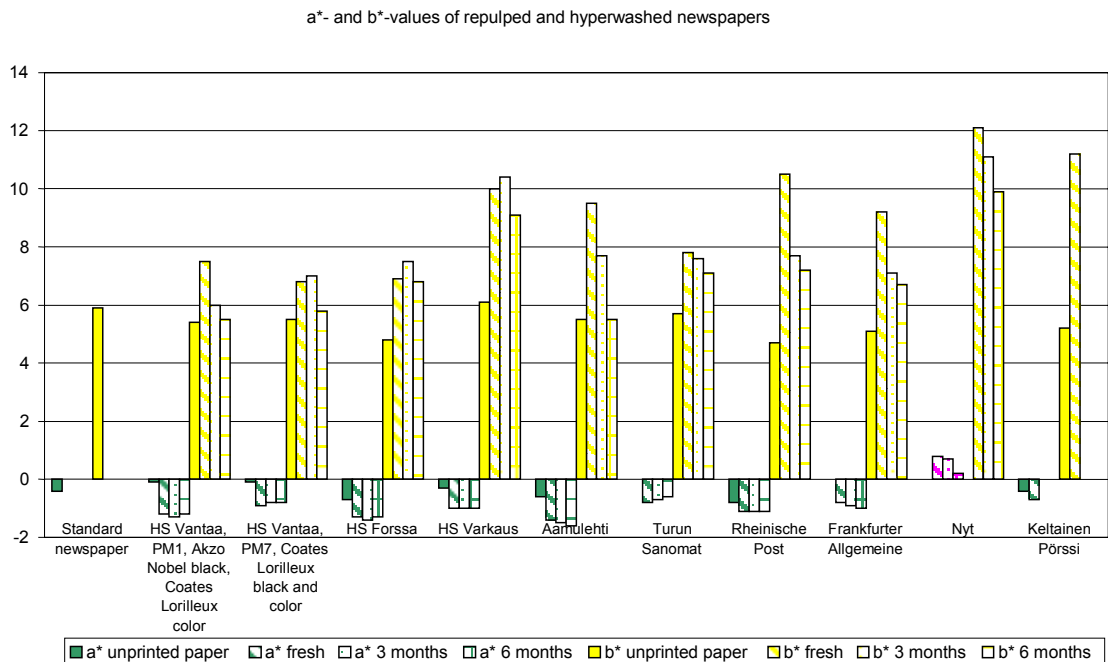


Figure 22. a\* and b\* values from margin of newspapers and from repulped and hyperwashed newspaper, fresh, 3 and 6 months.

Kuvan 22 mukaan kaikkien tutkimuksen kohteena olevien sanomalehtipaperien marginaalien a\* arvo oli välillä -0,8 - 0, eli paperi oli hieman vihertävää, ja b\* arvo 4,7 - 6,1, paperin ollessa kellertävää. Kuvassa palkit on esitetty saman värisinä kuin värikoordinaatitkin ovat. Paperin painatus laski a\* arvoa jonkin verran, painojäljen vanhentuessa a\* arvo ei juurikaan muuttunut. Helsingin Sanomien Nyt-liitteen oranssit sivut värjäisivät massan punertavaksi, vanhentuessaan Nyt-liitteenkin a\*-arvo pieneni. Paperin painatus kasvatti b\* arvoa, ja kaikissa tapauksissa kuuden kuukauden vanhentaminen sai sen pienemmään.

## **11.2 Helsingin Sanomien siistattavuus**

Kaikki tutkitut Helsingin Sanomat olivat samana päivänä (28.8.2001) eri painotaloissa ja -koneilla painettuja lehtiä. Niiden sisällöt ovat lähes identtisiä painopaikasta riippumatta, käytetty paperi vaihteli hieman eri painotalojen välillä, samoin käytetyt painovärit olivat eri painoväritoimittajan valmistamia. Lehtien painatuksessa on pyritty samaan painolaatuun, joten painovärin määrä saattoi vaihdella eri koneiden välillä.

Siistattavuustutkimuksessa oli mukana Vantaan painossa painokoneilla 1 ja 7 valmistetut lehdet sekä Forssan ja Varkauden painojen lehdet. Vantaalla painetuista lehdistä tehtiin myös tutkimus, jossa oli eroteltu värilliset ja vain mustalla painovärille tehdyt osuudet siten, että kaikki vähintään toiselta puolelta nelivärisesti painetut kohdat oli lajiteltu värilliseen painatukseen ja täysin mustalla painovärillä painetut kohdat mustaan painatukseen. Ylä- ja alamarginaalit oli jätetty pois tutkimuksesta.

### **11.2.1 ISO-vaaleus**

Kuvassa 23 on esitetty sanomalehden marginaalin vaaleudet, sekä tuoreena ja 3 ja 6 kuukauden vanhentamisen jälkeen pulperoidun ja hyperpestyn massan vaaleudet. Lisäksi siinä on esitetty lehtien tuhkapitoisuudet.

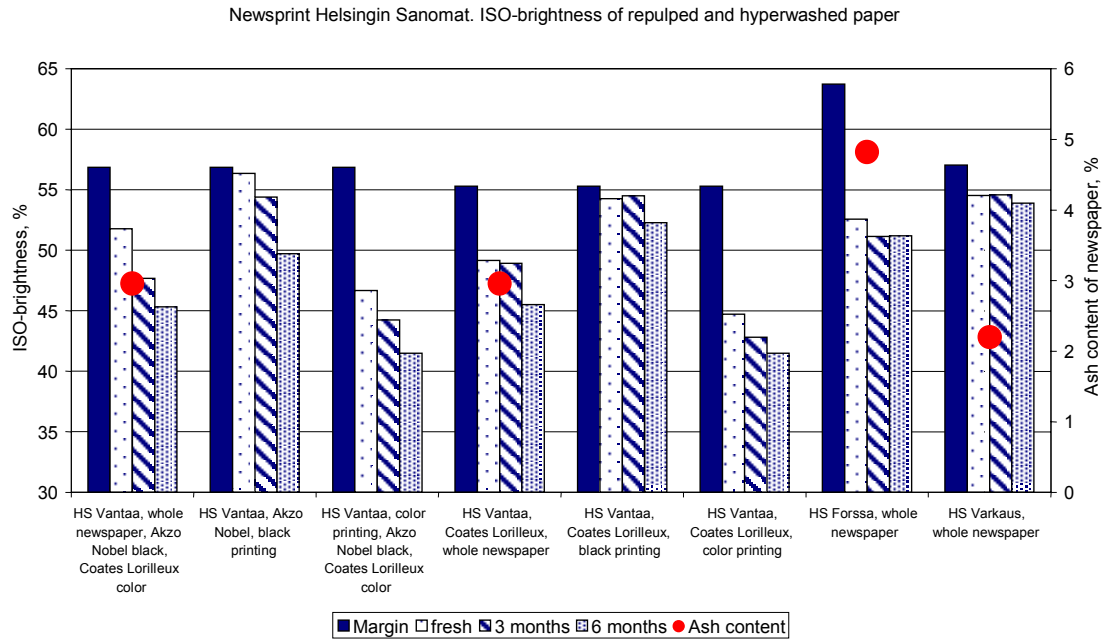


Figure 23. ISO-brightness from margin, and from hyperwashed pulps, from fresh sample and after 3 and 6 months. Ash content of newsprint.

Saman sanomalehden eri painolaitosten ja -koneiden painamien lehtien siistattavuuksien välillä oli suuria eroja, kuten kuvasta 23 voidaan havaita. Erot eivät niinkään johdu itse painokoneista vaan lähinnä niissä käytettyjen painovärien siistattavuusominaisuuksista.

Kuvan 23 mukaan Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat oli hyvin siistattavissa sekä tuoreena että kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen. Forssassa painetun lehden painoväri oli pohjapaperin vaaleuteen verrattuna huonosti siistattavissa jo tuoreena. Ilmeisesti painoväri oli tarttunut kiinni kuituihin pian painamisen jälkeen eikä lähtenyt niistä irti pulperoitessa. Vantaalla 1. koneella painettu Helsingin Sanomat siistautui tuoreena jotenkuten, mutta painoväri tarttui lujasti paperin kuituihin jo ennen kolmen kuukauden ikää. Vantaalla 7. koneella painetun lehden painoväri oli huonosti siistattavissa jo tuoreena, ja kuusi kuukautta vanhentamuksesta näytteestä se oli vielä vaikeammin poistettavissa.

Verrattaessa Vantaan painotalossa tehtyjen Helsingin Sanomien värillisen painatuksen vaaleustuloksia saman lehden pelkkään mustaan painatukseen, havaitaan että hyperpesun jälkeinen massan vaaleus oli eri suuruusluokkaa. Tuoreena siistatun sanomalehden tekstikohtien ja mustavalkoisten kuvien painoväri irtosi kuiduista hyvin kun taas värillisen painatuksen painoväri tarttui niihin kiinni antaen huonon vaaleustuloksen. Tämän perusteella voidaankin tulkita värillisten painovärien olevan pääsyy tämänhetkisiin siistattavuusongelmiin.

Värillisen painatuksen tarttumiseen kiinni kuituihin vaikuttaa sen korkea peittoaste, joka kuvakohdissa on 100 %, mutta myös painoväriin koostumuksella on siihen merkittävä vaikutus. Neliväripainatuksessa painojälki tehdään neljän erillisen painosylinterin avulla, jolloin jokaisen niistä pinnasta paperi saa joko lisää väriä tai ei-painavista sylinterin kohdista lisää kosteutta. Tämän kostutuksen vaikutusta painoväriin penetroitumiseen ja siten lisääntyneeseen tarttumiseen paperiin on arvailtu /19/, mutta tarttumisteorian mukaan neliväripainetulla sivulla mustalla värillä painettujen kohtien pitäisi olla lujemmin kiinni kuiduissa kuin tässä tutkimuksessa on havaittu.

Vantaan painokoneella 1 pelkällä Akzo Nobelin mustalla painovärillä painetut osuudet siistautuivat todella hyvin tuoreena. Kolmen kuukauden vanhentamisen jälkeen väri tarttui jo jonkin verran kuituihin kiinni ja kuuden kuukauden jälkeen kuiduissa oli niin paljon painoväriä, että vaaleus oli alle 50 ISO-% ja siten painoväripoistotulos oli ei-hyväksyttävä. Vantaan painokoneella 7 Coates Lorilleuxin mustalla painovärillä painetut osuudet siistautuivat hyvin sekä tuoreena että kolmen kuukauden vanhentamisen jälkeen, kuuden kuukauden kuluttua vaaleus oli laskenut jonkin verran. Verrattaessa näiden kahden painokoneen välisiä täysin identtisten painatusten vaaleuksia, havaitaan molempien mustien painovärien olevan tuoreena yhtä hyvin siistattavissa, mutta vanhennettuna Coates Lorilleuxin painoväriin olevan helpommin poistettavissa massasta.

Vantaan painotaloissa käytettiin tutkimusmateriaalin hankinta-ajankohtana molemmilla tutkittavilla painokoneilla samoja värillisiä osin kasvisöljypohjaisia (soija) Coates Lorilleuxin valmistamia painovärejä. Ainoastaan musta painoväri oli eri valmistajien, 1-koneella Akzo Nobelin ja 7-koneella Coates Lorilleuxin. Kuten kuvasta 23 havaitaan, siistatun neliväripainatuksen vaaleudet olivat sekä tuoreena että vanhennettuna aivan liian matalia. Pieniä eroja neliväripainetun painojäljen siistattavuudessa oli riippuen käytetystä mustasta painoväristä, mutta yleisesti ottaen tulokset olivat niin huonoja ettei eri värien eroja kannata analysoida.

Kaikki värillinen painoväri ei ollut huonosti siistettävissä, kuten Varkaudessa 2-koneella painettu Helsingin Sanomat osoitti. Varkauden lehti siistautui hyvin tuoreena, eikä edes kuuden kuukauden vanhentamien huonontanut vaaleutta merkittävästi. Kaikki tutkittavat lehdet olivat saman päivän Helsingin Sanomia ja niissä tavoitelaatu ja -densiteetti olivat samoja. Käytetyn painovärin määrä riippuu monista tekijöistä, mm. painoväristä, -koneesta ja -paperista, mutta sen voisi olettaa olevan eri painotalojen ja koneiden välillä suunnilleen samaa luokkaa.

### **11.2.2 $k_{700\text{nm}}$ -arvo**

Kuvassa 24 on esitetty pulpperoidun ja hyperpestyn sanomalehden k-arvot tuoreena sekä 3 ja 6 kuukautta vanhennettuna. k-arvo kuvaa massassa olevan painovärin pinta-alaa, siistausmassaa sisältävän standardi sanomalehtipaperin k-arvo on alle 2  $\text{m}^2/\text{kg}$ .

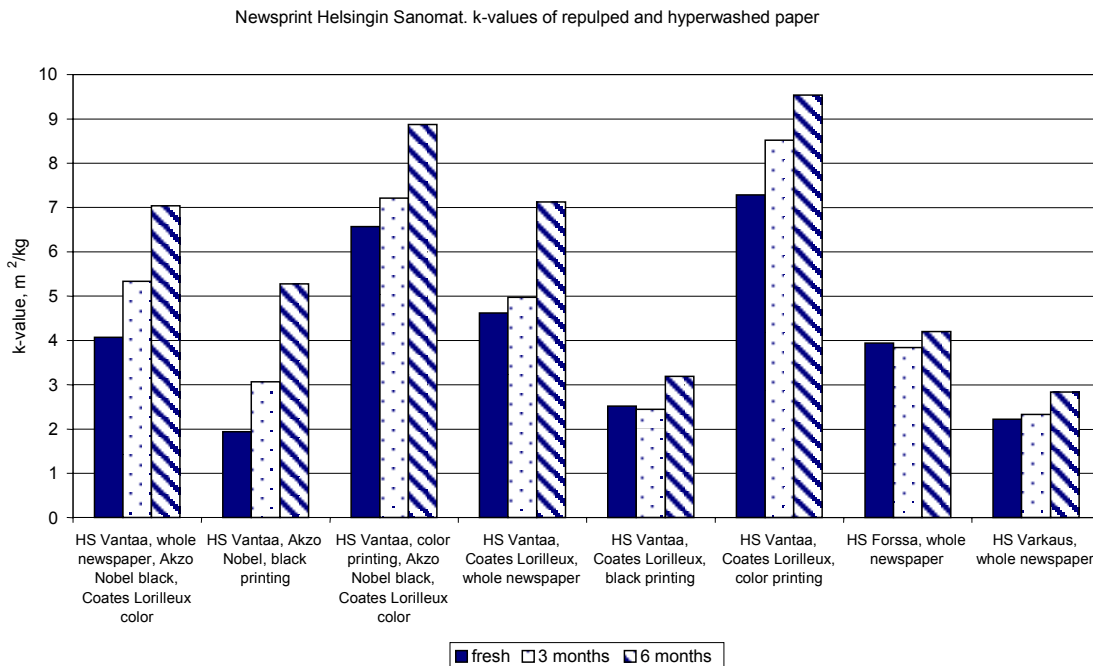


Figure 24. k-values of repulped and hyperwashed sample, fresh and after 3 and 6 months.

Kuvan 24 mukaisesti tavoitellun k-arvon  $2 \text{ m}^2/\text{kg}$  tuntumaan pääsi tuoreena Varkaudessa painettu Helsingin Sanomat sekä Vantaalla painettujen molempien lehtien mustan painatuksen osuudet. Kolmen kuukauden vanhentamisen jälkeen eroa alkoi siistattavuuteen tulla, ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen vain Vantaalla Coates Lorilleuxin mustalla painovärillä tehdyt osuudet ja Varkaudessa painettu lehti olivat hyväksyttävällä tasolla.

Tuoreen sanomalehden siistattavuus on tärkeämpää kuin vanhentunut, sillä sanomalehden keski-ikä siistaamolle saapuessaan 1,5 kuukautta, tai jopa vielä alhaisempi 1/5, 6/. Tuoreena pulperoitujen sanomalehtien k-arvot olivat useimmissa tapauksissa noin  $4 \text{ m}^2/\text{kg}$ , Varkaudessa painettu lehti osoitti, että huomattavasti parempaankin siistattavuuteen voisi päästä helpommin siistattavilla painoväreillä.

### 11.2.3 Ink elimination

Kuvassa 25 on esitetty sanomalehtien ink elimination, joka on laskettu pulperoidun massan ja siitä hyperpestyn massan k-arvoista. Ink elimination kertoo paljonko massassa pulperoinnin jälkeen olleesta painoväristä on saatu pestyä pois hyperpesun avulla.

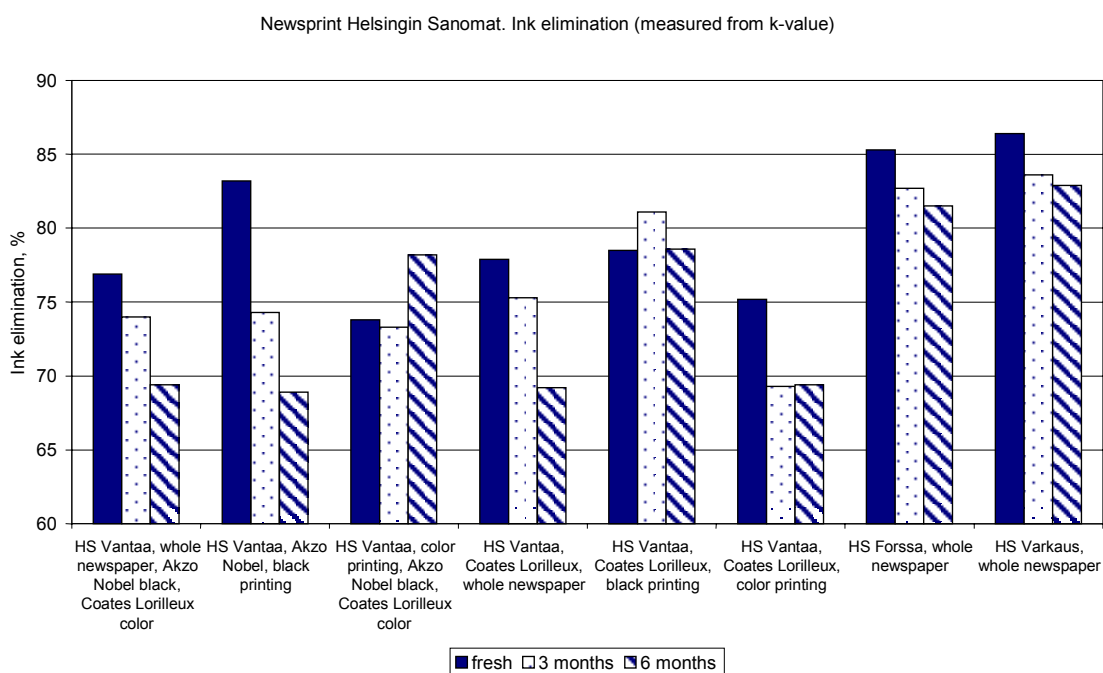


Figure 25. Ink Elimination from newsprint Helsingin Sanomat, measured from fresh sample and after 3 and 6 months.

Kuvan 25 mukaisesti parhaimmat ink elimination- eli painoväriinpoistolukemat olivat Varkaudessa painetulla Helsingin Sanomilla. Myös Forssassa painetun lehden ink elimination oli korkea sekä tuoreena että vanhentamisen jälkeen, mutta silti Forssan lehdestä saadut vaaleudet olivat matalia, kuten kuvasta 23 havaitaan. Ink elimination saattaa antaa hieman harhaanjohtavia tuloksia painoväriin poiston tehokkuudesta, sillä siihen ei vaikuta painoväriin kokonaismäärä, vaan se kuinka paljon väristä on saatu poistettua.

### 11.2.4 ERIC-arvo

Kuvassa 26 on esitetty pulperoidun ja sen jälkeen hyperpestyn massan ERIC-arvot. ERIC-lukemat kuvaavat massassa olevan painovärin vaikutusta. Mittaustulokseen ei vaikuta näytteen vaaleus, valkaisu tai sen ikääntymisestä johtuva kellastuminen. Tavallisen siistausmassaa sisältävän paperin ERIC-arvo on noin 100 ppm.

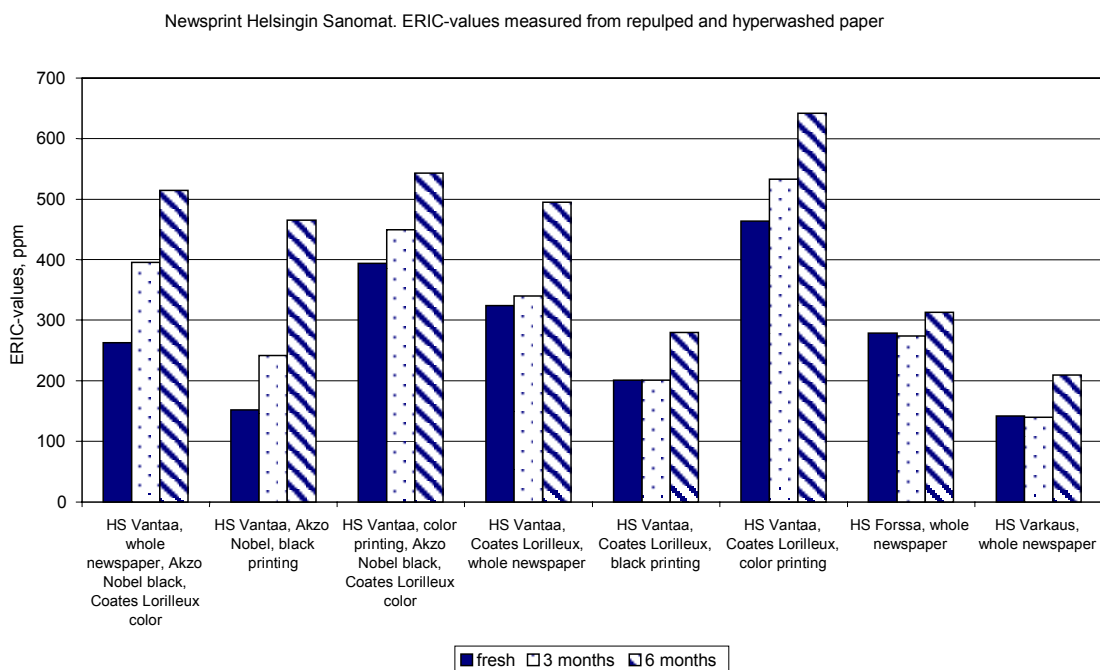


Figure 26. ERIC-values of repulped and hyperwashed newsprint.

Kuvassa 26 esitetyt ERIC-arvot korreloivat hyvin edellä esitettyjen k-arvojen kanssa. Pian painatuksen jälkeen pulperoiduista lehdistä hyvin siistautuivat Akzo Nobelin mustalla painetut osuudet samoin kuin Coates Lorilleuxin mustalla painovärillä painetut. Varkaudessa Sicpan painoväreillä tehty lehti siistautui



kokonaisuudessaan hyvin myös vanhentamisen jälkeen. Vantaalla painettujen lehtien värilliset painatukset antoivat selvästi korkeimmat ERIC-arvot, kertoen kyseisten painatusten olevan huonosti siistattavissa.

### 11.2.5 CIE L\*a\*b\* värikoordinaatit a\* ja b\*

Kuvassa 27 on sanomalehtien CIE L\*a\*b\* mukaiset värikoordinaatit a\* ja b\*, osiossa laboratoriokokeiden suoritus ja analyysimenetelmät on esitetty CIE L\*a\*b\* väriavaruus kuvassa 16.

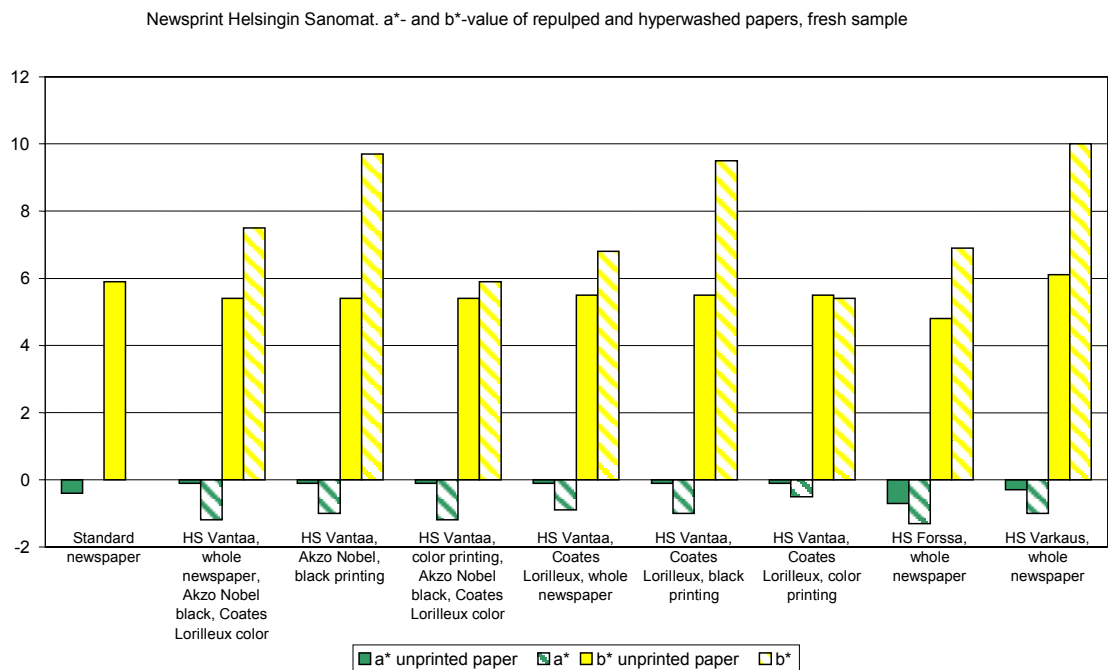


Figure 27. a\*- and b\*-value of repulped and hyperwashed paper, measured from fresh sample.

Kuvasta 27 havaitaan mustalla painovärillä tehdyn painatuksen nostaneen siistatun massan keltaisuutta, värillinen painatus ei juurikaan muuttanut massan b\* arvoa. Mustan painovärin aiheuttama massan kellertyminen voi johtua värissä olevan

mineraaliöljyn kellertävästä sävystä. Värillisen painatuksen b\*-arvon pysyminen pohjapaperin arvon tasolla johtunee käytetyistä lähes värittömästä kasvisöljyistä. Värillisissä painoväreissä käytetään yleensä kasvisöljyjä, koska lähes kirkkaassa öljyssä väripigmentit erottuvat parhaiten.

### 11.3 Aikakauslehtien siistattavuus

Tutkittavista aikakauslehdistä Apu ja Seura oli painettu syväpainossa superkalanteroidulle paperille (SC) ja Helsingin Sanomien Kuukausliite offset heatset painossa päällystetylle paperille (MFC). Kuvassa 28 on esitetty painotuotteiden marginaalien vaaleudet, jotka antavat kuvaa pohjapaperien vaaleudesta, sekä pulperoinnin jälkeen hyperpestyjen arkkien vaaleudet sekä tuoreena että kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen. Lisäksi kuvassa on esitetty paperin tuhkapitoisuus.

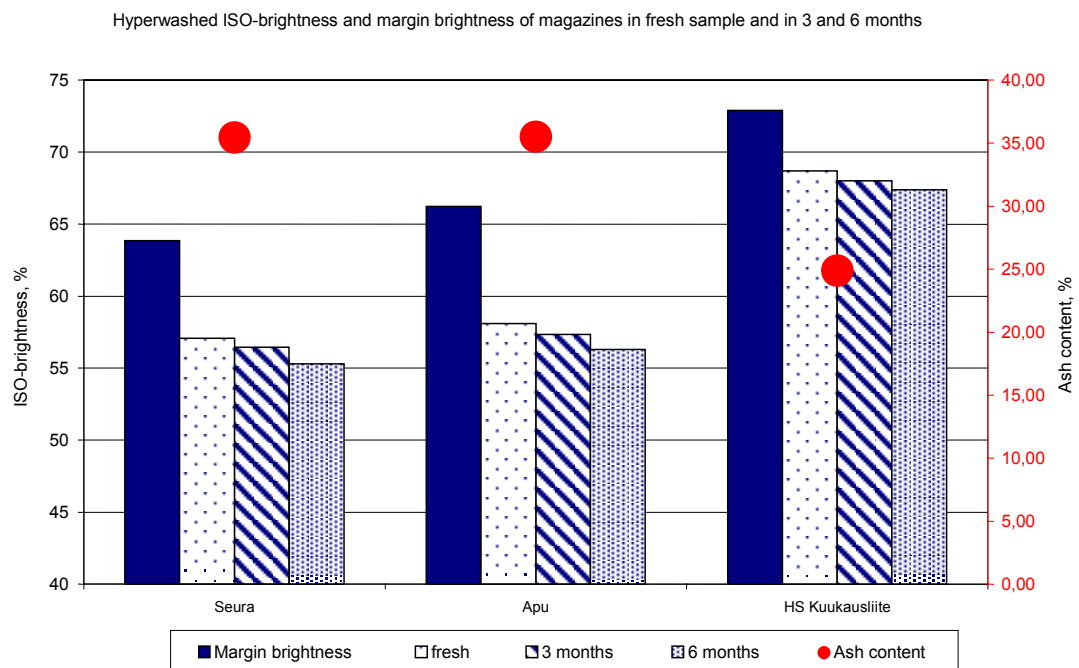


Figure 28. Ash content of magazinepapers and ISO-brightness from margin and from hyperwashed sample, fresh and after 3 and 6 months.

Kuvasta 28 havaitaan että aikakauslehtien painatuksen ikääntyminen ei juurikaan vaikuttanut sen irtoamiseen kuidusta. Pientä vaaleuden laskua oli nähtävissä mutta se ei ollut yhtä suurta kuin sanomalehdillä. Hyperpesussa kaikki täyte- ja päällystysaineet pestiin pois, mikä näkyi selvänä vaaleuden laskuna verrattaessa marginaalin vaaleuteen. Flotaatiossiistauksen ja hyperpesun jälkeisissä vaaleuslukemissa on aikakauslehdillä enemmän eroa kuin sanomalehdillä, sillä flotaatiossa osa täyte- ja päällystysaineista jää massaan parantaen sen vaaleutta.

### 11.3.1 $k_{700\text{nm}}$ -arvo

Kuvassa 29 on esitetty aikakauslehtien hyperpestyn massan k-arvot tuoreena sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen.

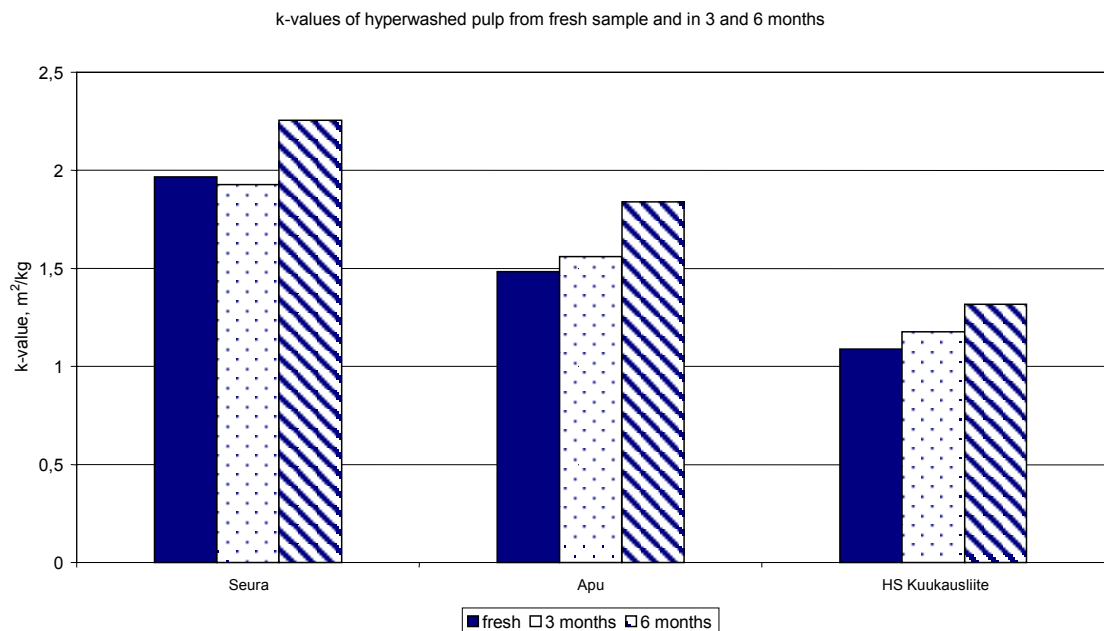


Figure 29. k-values of hyperwashed pulp from fresh sample and after 3 and 6 months, magazinepapers.

Kuvan 29 mukaisesti tuoreena pulperoidun ja hyperpestyn aikakauslehden k-arvo oli hyvällä tasolla alle 2 m<sup>2</sup>/kg. Painatuksen ikääntyminen vaikutti hieman sen siistattavuuteen, mutta kuusi kuukautta vanhan lehden k-arvot olivat likipitään tuoreen lehden tasolla. k-arvoista laskettu ink elimination oli aikakauslehdillä noin 95 %, eli senkin mukaan irtonainen painoväri oli saatu poistettua hyvin.

### 11.3.2 ERIC-arvo

Kuvassa 30 on esitetty aikakauslehtien ERIC-arvot. Hyvä siistatun massan ERIC-arvo on noin 100 ppm tai sen alle.

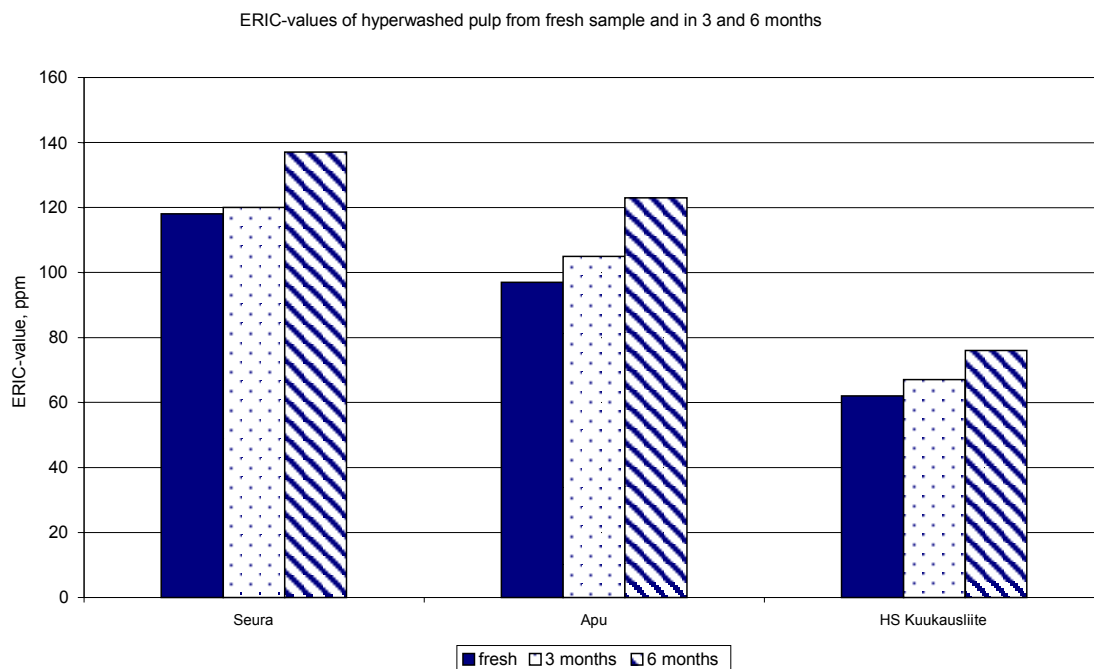


Figure 30. ERIC-values of repulped and hyperwashed magazinepapers, measured from fresh sample and after 3 and 6 months.

Kuvan 30 mukaisesti aikakauslehtien ERIC-arvot olivat hyvällä tasolla niin tuoreena kuin vanhennettuna. Parhaimmat tulokset antoi Helsingin Sanomien Kuukausliite, joka oli painettu heatset offset-menetelmällä päällystetylle paperille. Seura ja Apu oli painettu täytetylle paperille syväpainossa, myös niistä painoväri irtosi pulperoitessa hyvin.

### 11.3.3 CIE L\*a\*b\* värikoordinaatit a\* ja b\*

Kuvassa 31 on aikakauslehtien värikoordinaatit a\* ja b\*.

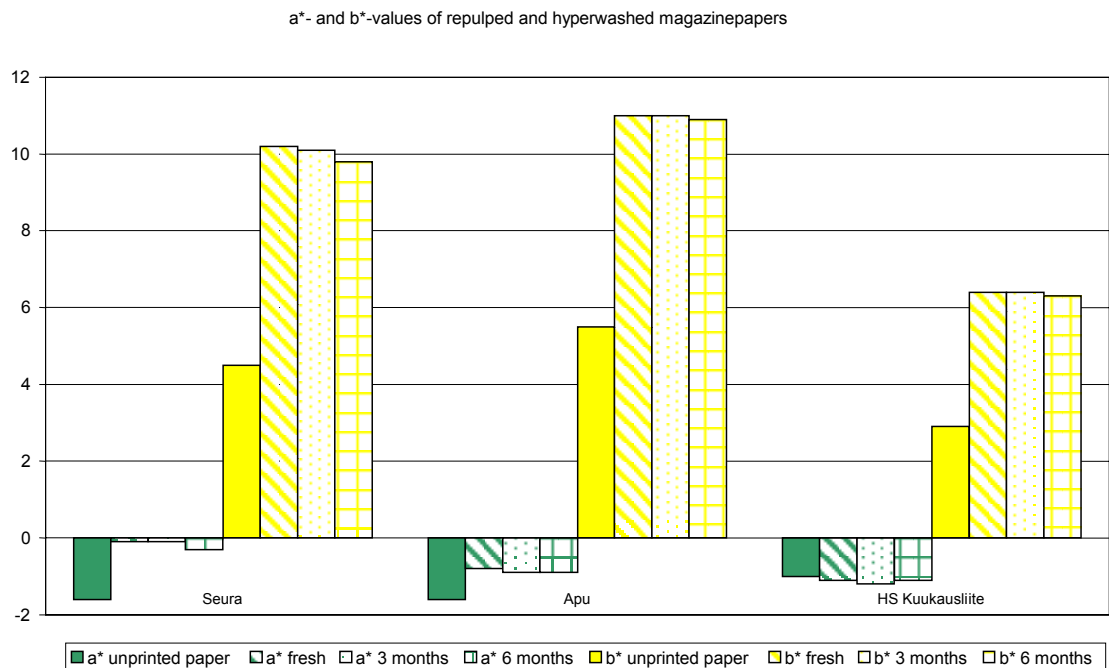


Figure 31. a\* and b\* values of repulped and hyperwashed magazines, analysed from fresh sample and after 3 and 6 months.

Kuvan 31 mukaan paperin painatus ja hyperpesussa täyte- ja päällystysaineiden peseminen pois massasta kasvattivat sen keltaisuutta. Paperin ja painatuksen

ikäntyminen eivät juurikaan vaikuttaneet b\*-arvoon. Myös massan a\*-arvot säilyivät alkuperäisellä tasolla lehden vanhentuuessa.

#### **11.4 Sanoma- ja aikakauslehtipaperin seoksen siistattavuus**

Sanoma- ja aikakauslehtien seosta siistaamoilla käytettävän raaka-aineen suhteessa (64:36) pulperoititiin ja flotatoitiin tuoreena sekä kolmen ja kuuden kuukauden vanhentamisen jälkeen. Käytetyt lehdet olivat Helsingin Sanomat, joka oli painettu Vantaan painossa 3. koneella 24.9.2001 ja Seura, joka oli painettu Acta Print Oy:n painossa Espoossa, Seuran ilmestymispäivä oli 21.9.2001. Helsingin Sanomat oli painettu standardi sanomalehtipaperille joka sisälsi jonkin verran siistausmassaa, painomenetelmä oli coldset offset, mustan painovärin valmistaja oli oletettavasti Akzo Nobel ja värillisen Coates Lorilleux. Seura oli painettu superkalanteroidulle (SC) paperille syväpainomenetelmällä.

##### **11.4.1 ISO-vaaleus ja k-arvo**

Kuvassa 32 on esitetty sanoma- ja aikakauslehden k-arvot ja vaaleudet laboratoriosiistausprosessin aikana.

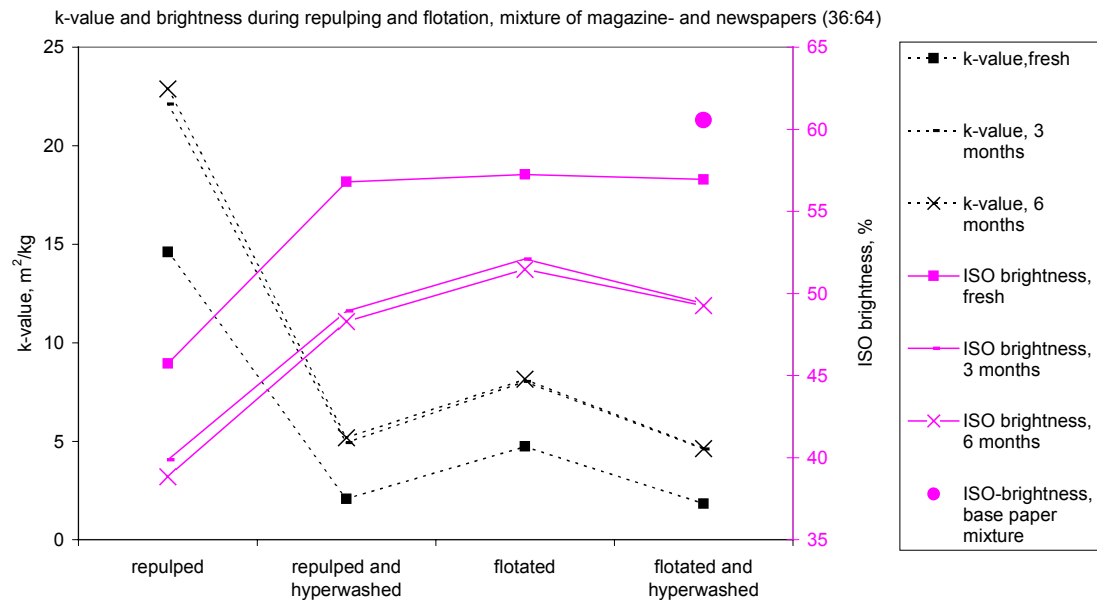


Figure 32. k-value and ISO-brightness of magazine- and newspapers, analysed during deinking process from fresh sample and after 3 and 6 months.

Siistattavuusanalyseissä käytettyjen aikakaus- ja sanomalehtien marginaalien keskimääräinen vaaleus oli 60,5 ISO-%. Tuoreena pulperoitujen lehtien vaaleus jatkokäsittelyjen jälkeen oli noin 57 ISO-%, vaaleuslukemat olivat saman suuruisia riippumatta siitä oliko massa hyperpesty vai flotatoitu. Vanhentamisen jälkeen massan vaaleudet jäivät selvästi huonommiksi kuin tuoreena siistatun. Hyperpestyjen massojen vaaleudet sekä kolmen että kuuden kuukauden kuluttua jäivät alle 50 ISO-%, laboratorioflotaatiokennolla siistatun massan vaaleus oli noin 52 ISO-%. Jo kolmen kuukauden ikääntyminen laski massan siistauspotentiaalia noin 5 ISO-%-yksikköä.

Tuoreena siistatun sanoma- ja aikakauslehden seoksen k-arvot olivat toivotulla matalalla tasolla, mutta jo kolmen kuukauden vanhojen lehtien k-arvot olivat kasvaneet jopa kaksinkertaisiksi. Varsinkin vanhennettujen lehtien kohdalla näkyi, että flotaation jälkeen massa oli vaaleampaa kuin hyperpesty, vaikka se sisälsi enemmän painoväriä. Korkeampi vaaleus johtui siitä, että hyperpesussa massasta

poistuvat myös vaaleat paperin täyteainepartikkelit, jotka taas jäävät suurelta osin flotaatiossa jäljelle.

Kolmen ja kuuden kuukauden ikäisillä lehdillä k-arvot samoin kuin ISO-vaaleudetkin olivat jotakuinkin saman suuruisia, näistä voidaan päätellä että suurin painatuksen vanheneminen tapahtui jo ennen kolmea kuukautta. Aikaisemmin esitettyjen aikakaus- ja sanomalehtien siistaustulosten perusteella voidaan olettaa että käytetyistä lehdistä sanomalehdellä oli suurempi vaikutus siistattavuuden huononemiseen.

#### 11.4.2 ERIC-arvo

Kuvassa 33 on esitetty sanoma- ja aikakauslehtien seoksen ERIC-arvot sekä keskimääräiset tuhkapitoisuudet.

